

Estudo e Análise das Patologias da Ponte de Porto Nacional – TO

Douglas Freitas Augusto dos Santos¹
Tauana Letícia Pereira Santana²
Maria Paula Pereira Honorato³
Sabrina Côrrea Coelho⁴
Luana Gomes Valares⁵
Pollyana Reis Alves Gama⁶

Resumo

A Pontes são estruturas de obra de arte construídas para transpor obstáculos de natureza hídrica, e quando de origem antrópica, como centros urbanos e vias de tráfego, são denominados viadutos. A viabilidade de execução de uma obra de arte desse porte deve ser baseada nos requisitos de funcionalidade, segurança, estética, economia e durabilidade que a mesma deve desempenhar durante sua vida útil, estando estes requisitos diretamente relacionados às medidas de conservação empregadas. O objetivo deste estudo é identificar as manifestações patológicas presentes na ponte sobre o Rio Tocantins, localizada no município de Porto Nacional – TO. Mediante inspeção visual, registros fotográficos e literatura técnica, verificou-se a presença de várias patologias, que comprometem o bom funcionamento da estrutura, sendo essa a razão pela qual a ponte foi parcialmente interdita.

Palavras-chave: Pontes; Manifestações patológicas; Inspeção.

1 Introdução

Pontes são estruturas em obra de arte cuja finalidade é a de auxiliar na transposição de obstáculos, sejam eles naturais, ou culturais quando se tratar de viadutos. Como regra geral Mendes (2003) define pontes como estruturas executadas para vencer obstáculos naturais, como vales profundos, cursos d'água e baías; ou obstáculos antrópicos, como centros urbanos e vias expressas, sendo que neste caso a ponte é denominada viaduto ou elevado. Essa obra de arte deve ser projetada levando-se em conta a viabilidade econômica e funcional, devendo oferecer resistência superior às tensões impostas, e prever métodos de conservação para garantir que a durabilidade projetada seja alcançada e suas características estéticas mantidas.

As pontes têm várias classificações vinculadas a certos critérios, sendo bastante variável entre as literaturas. Para Vitório (2002) as classificações mais comuns são quanto à finalidade, o material utilizado e o tipo estrutural adotado.

Uma obra de arte desse porte, para ser viável, deve garantir um bom desempenho durante sua vida útil, para isso, requisitos de funcionalidade, segurança, estética, economia e durabilidade devem ser atendidos. Sabe-se que a vida útil e a durabilidade dessas estruturas estão estritamente ligadas aos métodos de conservação empregados, sendo estes métodos baseados nas análises realizadas por meio de inspeções. No Brasil essas inspeções devem ser realizadas conforme a NBR 9452 (2016) que trata sobre Vistoria de Pontes e Viadutos de Concreto.

A ponte sobre o Rio Tocantins, localizada no trecho que liga o tráfego da TO-050, pelo trevo da TO-255 com a TO-070, até a BR-153, é o objeto de estudo do presente artigo (Figura 1). Conforme decreto do governo do Estado do Tocantins desde setembro de 2011 a mesma encontra-se interdita, devido ao comprometimento da sua estrutura, para veículos com peso superior a 30 toneladas, afetando na logística do município de Porto Nacional.

1 Professor da Engenharia Civil da Faculdade Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto – FAPAC/ITPAC PORTO, eng. prof.santos@gmail.com

2,3,4,5,6 Graduando em Engenharia Civil, Faculdade Presidente Antônio Carlos Porto – FAPAC/ITPAC PORTO.



Figura 1 – Localização do objeto de estudo.

Fonte: Google Earth (2017).

2 Principais Manifestações Patológicas

Quando uma edificação apresenta algum problema em sua integridade, podem surgir sinais externos, sintomas, indicando que algo não está correto. Algumas vezes esses sinais externos demoram a aparecer e outras podem ser imperceptíveis à maioria dos leigos (TUTIKIAN e PACHECO, 2013).

Quando o desempenho da estrutura está ameaçado ou comprometido é que ficam caracterizadas as “enfermidades” do concreto ou da estrutura, que podem ser congênitas (nascem com a estrutura) ou

adquiridas ao longo de sua vida, devida à ação direta de inúmeros agentes externos, incluindo seus usuários, ou ainda fenômenos físicos, entre os quais, choques, terremotos, incêndios, enchentes, explosões, recalques e variações de temperatura.

A maior parte das manifestações patológicas estão relacionadas a falhas de projeto, seguido, de forma decrescente, por falhas na execução, qualidade de materiais, uso inadequado e planejamento deficiente, como pode ser visto na Figura 2, a qual mostra a porcentagem da distribuição das falhas de acordo com sua origem (VERÇOZA, 1991).

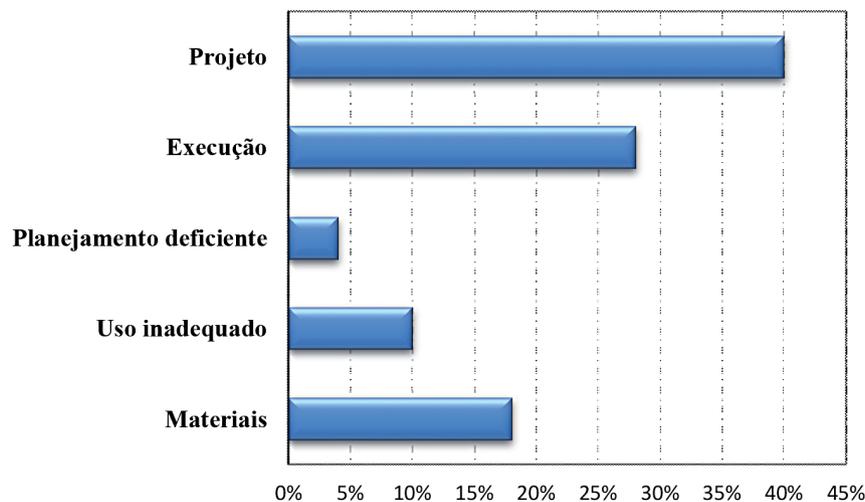


Figura 2 – Distribuição das etapas que possuem maior número de ocorrência em manifestações patológicas.

Fonte: Adaptado de VERÇOZA (1991).

Em caso de ocorrência de uma manifestação patológica é importante investiga-la cuidadosamente para que suas possíveis causas sejam determinadas e uma medida eficiente para saná-lo seja tomada (ANDRADE e SILVA, 2005).

Os fenômenos patológicos, de modo geral, habitualmente apresentam manifestação externa característica, a partir da qual se pode deduzir a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos (HELENE, 1992).

A estrutura para analisar e solucionar problemas patológicos dividida em três partes divide: Levantamento de subsídios, Diagnóstico e Definição da conduta. O levantamento de subsídios consiste em acumular e organizar dados necessários para o entendimento dos fenômenos presentes nos problemas patológicos, por meio de vistoria do local, o estudo da anamnese (histórico do problema) e a realização de exames complementares realizados quando a observação visual não é suficiente. O diagnóstico está relacionado com o entendimento dos fenômenos, buscando identificar as ligações de causas e efeitos que caracterizam uma manifestação patológica e assim determinar a sua possível origem. Por fim, a definição da conduta envolve as alternativas de intervenção e tratamento que devem ser tomados com o objetivo de resolver o problema (CARMO, 2002).

MENDES (2003) afirma que as articulações são pontos de pequena rigidez, com isso recebe esforços dinâmicos que podem acarretar flechas e deformações significativas. Logo, deve ser executada em conformidade com os detalhes do projeto, que devem proporcionar perfeita interpretação. Além disso, é essencial a manutenção e recuperação das articulações ao longo da sua vida útil, pois chuvas ácidas acarretam na corrosão das armaduras, diminuindo o cobrimento.

VITÓRIO (2006) conceitua a conservação das estruturas como a junção de ações relevantes para que as características resistentes, funcionais e estéticas, para as quais foram projetadas, sejam mantidas. As inspeções e vistorias compõem a primeira fase dessas ações, com abrangência de procedimentos técnicos realizados com base em planejamento prévio, que disponibiliza todos os dados da obra para um dado momento. O exame local da obra, a análise do projeto original ou modificado e o relatório final são as etapas que constituem o processo de vistoria das pontes e viadutos, sendo que no Brasil este procedimento é realizado conforme a NBR 9452 (2016).

Segundo SARTORTI (2008) cinco tipos de inspeções de pontes rodoviárias são apresentados no Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias – DNIT, sendo:

Inspeção cadastral: é realizada posteriormente à execução da ponte para levantamento dos dados de

projeto e execução por meio de fotos e identificação e; quando realizadas alterações sensíveis na obra como alargamento, reforço, acréscimo de comprimento e mudança no sistema estrutural;

Inspeção rotineira: realizada a cada dois anos com a finalidade de identificar anomalias no comportamento estrutural ou alterações à inspeção cadastral ou a rotineira anterior.

Inspeção especial: realizada a cada cinco anos, no máximo, em pontes de grande porte e nas que apresentam problemas. Pode ser solicitada por uma inspeção rotineira. Nesse tipo de inspeção, o inspetor deve ser metuculoso e adquirir um amplo acervo fotográfico.

Inspeção extraordinária: inspeção não programada realizada quando a estrutura se encontra muito danificada por ação antrópica ou pelo meio ambiente.

Inspeção intermediária: realizada com a finalidade de verificar a ocorrência de possíveis danos, como um recalque de fundação, uma erosão incipiente, um encontro parcialmente descalçado ou o estado de um determinado elemento estrutural.

3 Metodologia

A Ponte sobre o Rio Tocantins, atual Lago Luiz Eduardo Magalhães teve sua construção iniciada no ano de 1976 e foi inaugurada no ano de 1979 (Figura 3). A superestrutura do objeto em estudo têm largura de 13,4 m e é constituída por oito vigas isostáticas de 40 m de comprimento apoiadas em balanços de 28,9 m de comprimento dos nove pilares intermediários que compõem a mesoestrutura, esses que são espaçados 97,8 m nos oito trechos intermediários e 58,8 m nas duas extremidades (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Esta ponte após a inauguração apresentou alguns problemas estruturais, passando por uma reforma no ano de 1986. Em sua fundação foram executados tubulões coroados com bloco de concreto nos quais se apoiam os pilares, de seção vazada, engastados nas vigas de apoio isostático, sendo esta obra de arte classificada estruturalmente como ponte em vigas Gerber. Desde a reforma até o presente momento, apenas pequenos reparos na pista de rolamento e nos passeios puderam ser identificados.

Conforme jornal local, **O Paralelo 13** (2015), depois de decorridos cinco anos da inauguração da ponte, pode-se perceber a formação de flechas excessivas nas extremidades do balanço que geraram defeitos de alinhamento. Esses defeitos foram corrigidos através de preenchimentos de concreto com espessura de até 30 cm, que posteriormente foram substituídos

por argila expandida afim de que se compensasse o acréscimo de peso que esses geraram. Além disso, os guarda corpos, que antes eram de concreto, foram substituídos por grades metálicas.

Em 2003 foi emitido um diagnóstico estrutural pelo Laboratório de Sistemas Estruturais (LSE), que recomendou a redução do tráfego e a instauração de um programa de inspeção e monitoramento. Após sete anos houve uma nova investigação que constatou um aumento expressivo das patologias presentes na infra, meso e superestrutura, no entanto somente em 2011 o tráfego foi oficialmente interditado para veículos com peso bruto total (PBT) ou peso bruto total combinado (PBCT) maiores que 30 toneladas. Em 2015 foi realizada uma nova inspeção visual, resultando na recomendação de um conjunto de medidas preventivas, como controle de peso e de velocidade dos veículos, manutenção do pavimento e dos passeios, substituição das juntas de dilatação e a limpeza das vigas caixão (O PARALELO 13, 2015).

4 Estudo de Caso

Das medidas preventivas recomendadas pela LSE em 2015 constatou-se a partir de inspeção visual, somente reparos mal executados na pista de rolamento e a recolocação das placas de concreto nos passeios ainda em andamento, conforme Figura 4. Além disso a Superintendência de Operação e Conservação Rodoviária tem atuado no controle de peso, no entanto não há nenhum dispositivo ou sinalização que auxiliam na limitação da velocidade dos veículos.

Neste estudo foram identificados os componentes estruturais da ponte e suas respectivas manifestações patológicas, que ocasionou alterações das características resistentes, funcionais e estéticas levando a redução da vida útil estrutural.

4.1 Sistema de Drenagem

Segundo o DNIT (2004) o sistema de drenagem tem como função eliminar rapidamente as águas pluviais do pavimento, evitando acidentes de tráfegos

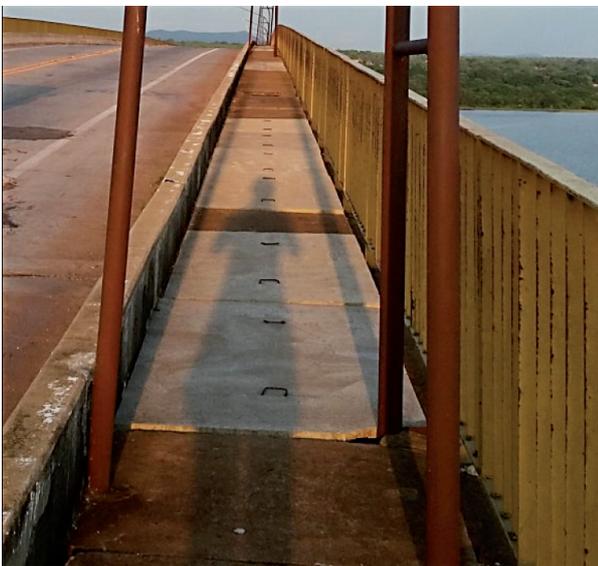


a)



b)

Figura 3 – a) Vista panorâmica da ponte em 1979; b) vista frontal da ponte atual.



a)



b)

Figura 4 – a) Recolocação das placas de concreto nos passeios; b) reparos na pista de rolamento.



Figura 5 – Manchas de infiltração provenientes do mau funcionamento do sistema de drenagem.

e acúmulo de águas. Por ser tratar de uma ponte dentro de perímetro urbano deve ser observado a existência de vazamentos, entupimentos e manchas no concreto.

Na Figura 5 pode-se observar a existência de infiltração, que são identificadas através de manchas escuras na parte inferior do tabuleiro e balanço do pilar, provavelmente advinda do entupimento das tubulações de drenagens, que consequentemente pode ter gerado o surgimento de eflorescência no concreto.

Na Figura 6 observa-se que no passeio há cortes na parte estrutural da ponte, cuja finalidade é a drenagem da água pluvial. Supostamente essas intervenções não foram previstas em projeto, ocasionando a redução da capacidade resistente do elemento estrutural.

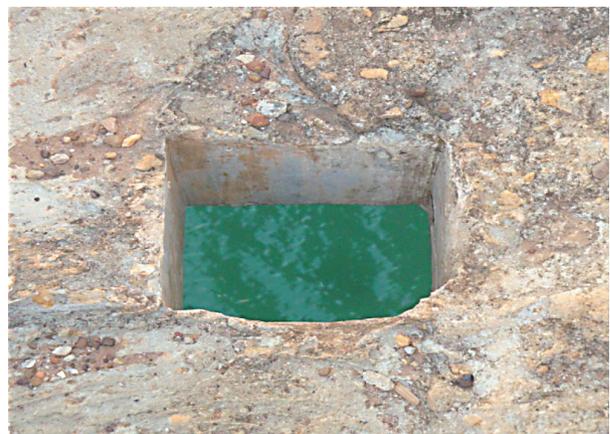


Figura 6 – Cortes no passeio para drenagem pluvial.

4.2 Junta de Dilatação

DNIT (2004) afirma que as juntas de dilatação possuem papel importante na composição da estrutura por atenuar os efeitos da temperatura e da retração, permitindo a divisão do tabuleiro em trechos isostáticos. As mesmas possuem vida útil reduzida, sendo relevante a realização de manutenções constantes.

Para AHRENS (2015), as juntas possuem o papel de garantir a movimentação total projetada na ponte sem que haja danos aos elementos estruturais, garantindo uma capa de rodagem contínua e impermeável de modo que escoamento da água sobre o tabuleiro seja rápido e seguro.

Na Figura 7, pode-se constatar que as juntas da ponte em estudo encontram-se desgastadas, ineficazes e com acúmulo de detritos, provenientes da falta de manutenção.

4.3 Pavimentação

GIOVANETTI (2014) afirma que a integridade, declividade e drenagem da pista de rolamento devem ser verificadas a fim de que a mesma possa proporcionar um tráfego seguro e leve, sem que haja o acúmulo de água na sua superfície.

Na Figura 8, podemos observar que a pista de rolamento do objeto em estudo encontra-se em péssimo estado de conservação, apresentando desgaste e trincas em todo o seu comprimento, desnível das placas de concreto, além de possuir reparos mal executados, o que ocasiona desconforto ao tráfego dos usuários.

4.4 Dispositivos de Segurança e Passeio

DNIT (2004) afirma que as barreiras devem ser padronizadas do tipo New Jersey ou similares, não devem possuir anomalias no seu alinhamento, no qual o estado do concreto, da armadura e seu cobrimento estejam em perfeito estado de conservação, de modo que exerça a sua função de proteção perfeitamente.

Na ponte em estudo, os dispositivos de segurança e o passeio encontram-se em péssimo estado de conservação, sendo visível a corrosão das grades metálicas que compõem os guarda-corpos; segregação e deslocamento do concreto dos guarda-rodas, no qual em muitos pontos há a exposição de sua armadura, o que pode acarretar sérios problemas de corrosão das mesmas e; deslocamento e deterioração das placas de concreto dos passeios, conforme demonstrado na Figura 9.



a)



b)

Figura 7 – Juntas de dilatação em péssimo estado de conservação.



Figura 8 – Irregularidades na pista de rolamento.



a)



b)

Figura 9 – a) Ausência das placas de concreto no passeio e corrosão dos guarda-corpos; b) exposição das armaduras presente no guarda-rodas.

4.5 Vigas

Segundo VITÓRIO (2002) o tabuleiro é constituído por vigas longitudinais que são as denominadas vigas principais ou longarinas, que tem a função de suportar as cargas provenientes da superestrutura e transferi-las para a mesoestrutura; e por vigas transversais conhecidas como transversinas, que têm a função de contraventamento e auxiliam na distribuição das cargas do tabuleiro para as longarinas.

Na Figura 10 notam-se manchas no concreto advindas de possíveis infiltrações ocasionadas pelo acúmulo de água no tabuleiro com formação de eflorescências e marcas características de corrosão nas armaduras.

Na Figura 11 pode-se observar cortes nas vigas tipo caixa ocasionando o acúmulo de detritos e água da chuva.

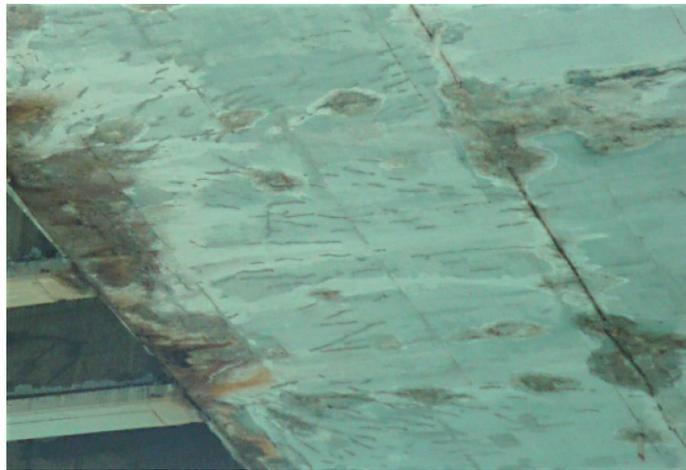
4.6 Aparelhos de Apoio

Segundo DEBS e TAKEYA (2007) o aparelho de apoio é o elemento de ligação disposto entre a mesoestrutura e a superestrutura, de modo a transmitir as reações de apoio e permitir que certos movimentos da superestrutura sejam realizados. De acordo com o DNIT (2004) todos os aparelhos de apoio devem ser inspecionados de modo que sejam verificados o seu estado e funcionamento.

Na Figura 13 pode-se verificar fissuras e deslocamentos nas extremidades dos apoios isostáticos, sendo que os aparelhos de apoio utilizados já não desempenham a função para qual foram instalados. O esquema da Figura 12 ilustra um apoio isostático com o uso do neoprene e como as fissuras se manifestam.



a)



b)

Figura 10 – a) Patologias presentes nas vigas; b) detalhe das marcas de eflorescência.



a)



b)

Figura 11 – Cortes nas vigas.

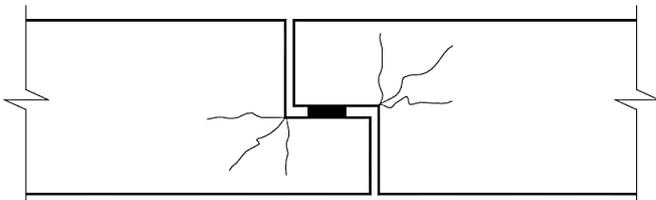


Figura 12 – Fissuras em dentes de Articulação.
Fonte: DNIT (2004).

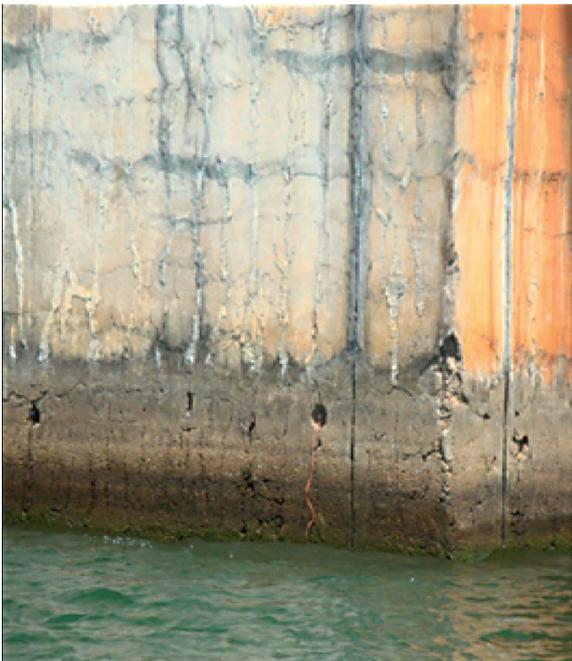


a)



b)

Figura 13 – Deslocamento e fissuras nos encontros das vigas isostáticas.



a)



b)

Figura 14 – a) Patologias presentes nos pilares; b) detalhe das marcas de infiltração.



a)



b)

Figura 115 – a) Fissuras e deformação nas juntas de dilatação dos pilares; b) detalhe das fissuras e deformações das juntas de dilatação dos pilares.

4.7 Pilares

Segundo FREITAS (1978) pilares são elementos de suportes situados em posição intermediária na ponte, não estão sujeitos a empuxos de terra e têm por função constituir uma subdivisão do comprimento da ponte, sem interromper totalmente seus obstáculos. De acordo com o DNIT (2004) os pilares devem ser examinados com a finalidade de verificar possíveis existências de sinais de degradação do concreto e corrosão das armaduras.

Os elementos estruturais da mesoestrutura do objeto em estudo são compostos por pilares vazados, sendo estes constituídos por quatro pilares posicionados nas extremidades e a seção vedada com painéis de concreto armado. Os principais danos observados nos pilares na vistoria realizada foram o aparecimento de fissuras, armaduras expostas, eflorescência, degradação do concreto, conforme mostrado na Figura 14.

Na Figura 15 pode ser observado fissuras e desalinhamentos das juntas de dilatação, o que possivelmente pode indicar que a estrutura da ponte está sofrendo deformações excessivas.

6 Considerações Finais

A ponte sobre o Rio Tocantins, atual Lago Luiz Eduardo Magalhães, localizada no município de Porto Nacional – TO foi analisada mediante inspeção visual, onde com o auxílio de registros fotográficos e literaturas técnicas, foi possível a identificação de várias manifestações patológicas.

Na superestrutura há falhas no sistema de drenagem, nas juntas de dilatação, no pavimento asfáltico, nos dispositivos de segurança e passeio, nas vigas e em suas articulações. A mesoestrutura composta pelos pilares apresenta fissuração, armaduras expostas, infiltração, juntas de dilatação deterioradas e entre outras patologias.

A infraestrutura, que compreende aos tubulões e blocos de coroamento, não foi analisada por inspeção visual. Porém, após a construção da usina de lajeado os blocos que ficavam aparentes passaram a ficar submersos e houve um aumento significativo do nível do lago.

Conforme verificado, pode-se notar que é preocupante o grau de deteriorização da ponte, no qual provavelmente muitas das patologias foram ocasionadas pela falta de manutenção e conservação, sendo outro fator significativo a alteração de certas características

inicialmente consideradas em projeto, como os elementos hidrológicos. Porém, a ponte em estudo após cinco anos de sua inauguração já apresentava problemas de deformação excessiva não atendendo aos requisitos de funcionalidade e durabilidade para o qual foi projetada, o que leva a supor que erros de construção e/ou projeto também ocasionaram o estado atual da ponte.

7 Referências

- AHRENS, W. A Recuperação de Pavimento de OAE em Concreto de Cimento Portland. 44º Reunião Anual de Pavimentação – RAPv / 18º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária – ENACOR. Foz do Iguaçu/PR, 18-21 ago. 2015. p. 1-12.
- ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. Patologia das Estruturas. In: ISAIA, Geraldo Cechella. (Ed) Concreto: In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, v. 1, Cap. 32, 674p.
- CARMO, P. O. Patologia das Construções. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2002, 15p.
- CARVALHO *et al.* Análise das Manifestações Patológicas Identificadas na Ponte Sobre o Rio Tocantins, Porto Nacional-TO. IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS – CBPE, Rio de Janeiro/RJ. 18-20 maio. 2016. 10p.
- DEBS, M. K. EL; TAKEYA, T. Introdução às Pontes de Concreto: Texto Provisório de Apoio à Disciplina SET-412. 2007. Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004. 253 p.
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. NORMA DNIT 010/2004 – PRO: Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento. Rio de Janeiro: DNIT, 2004. 18 p.
- FREITAS, M. Pontes: Introdução Geral – Definições. [s.l]: EPUSP – PEF/401, 1978. p. 4-8.
- GIOVANNETTI, A. C. V. P. Avaliação do estado de conservação de pontes – estudo de caso. 2014. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- HELENE, P. Manutenção para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. Pini, 2ª ed. São Paulo, 1992, 215p.
- Lideranças aprovam iniciativa do governador Marcelo Miranda de construir uma nova ponte em Porto Nacional. Jornal O Paralelo 13, 23 de dez. 2015. Disponível em: <http://www.oparalelo13.com.br/index.php/component/k2/item/1954lideran%C3%A7asaprova_miniciativadogovernadormarcelomirandadeconstruir>. Acesso em: 08 de nov. 2016.
- MENDES, L. C. Pontes. Niterói: EdUFF, 2003. p. 35-111.
- OLIVEIRA, M. C. B. *et al.* Identificação e Caracterização de Reação Álcali – Agregado em Ponte de Concreto. ANAIS do VI Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, São Paulo/SP, 2006. p. 1386-1400.
- SATORTI, A. L. Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas – SP. 180 f. Dissertação de Mestrado em Estruturas, Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura, Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP: [s.n], 2008.
- SEINFRA/TO. Portaria nº 799 de 20 de setembro de 2011. SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO TOCANTINS. In: Diário Oficial nº 3.472, Estado do Tocantins, República Federativa do Brasil. Palmas/TO, 2011. p. 51.
- VERÇOZA, E. J. Patologias das edificações. Porto Alegre: Sagra, 1991, 9p.
- VITÓRIO, J. A. P. Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão. Recife: CREA-PE, 2002.
- VITÓRIO, J. A. P. Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto. ANAIS do 48º Congresso Brasileiro do Concreto, Recife/PE, 2006. p. 1-16.
- TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na Construção Civil. Boletim Técnico Alcopat – Brasil, 2013, 17p.