Manifestações Patológicas em Obra de Arte Especial após Enchentes na Mata Sul de Pernambuco - Estudo de Caso da Ponte do Rosário

Pathological Manifestations in Special Engineering Structures after Floods in the Mata Sul of Pernambuco – Rosário bridge Case of Study

Mariana THEML¹, Angelo COSTA E SILVA², Camilla SANTOS³

¹ Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, marianatheml@gmail.com

² Universidade de Pernambuco, Recife-PE, Brasil, angelo@tecomat.com.br

³ Universidade de Pernambuco, Recife-PE, Brasil, camilla2015lais@gmail.com

Resumo: O município de Belém de Maria, localizado na Mata Sul do estado de Pernambuco, sofreu inúmeros danos com as enchentes, devido as fortes chuvas que ocorreram na região em maio de 2017. Durante o acontecimento, a Ponte do Rosário, com sua superestrutura construída em concreto armado, situado no município, ficou submersa pelo Rio Panelas. Após ocorrência desses eventos intensos de chuva é necessário que sejam realizadas vistorias afim de avaliar o impacto causado às pontes e propor soluções, caso sejam necessárias intervenções; de forma que se garanta a segurança dos usuários que retornarão a usá-las. Tendo isso em vista, o trabalho tem por objetivo investigar as manifestações patológicas identificadas na Ponte do Rosário após exposição à ação da água, devido às enchentes, e propor soluções de recuperação que sejam necessárias. Para isso, foram analisadas fotografias e dados que coletados a partir de inspeções *in loco*, que uma vez identificadas os danos, foram propostas soluções de recuperação. Foram identificadas diversas manifestações patológicas na estrutura, entretanto, mesmo com a recuperação da ponte, eventos como o ocorrido em 2017, podem vir a danificar a estrutura, recomendando assim um estudo de viabilidade econômica para reconstrução da mesma com a elevação de sua cota, definida por um estudo hidrológico realizado. Espera-se com o desenvolvimento deste trabalho, contribuir com a preservação das pontes e, consequentemente, com a segurança de seus usuários.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas. Pontes. Concreto. Enchentes.

Abstract: Belém de Maria's Municipality, located in the Mata Sul region of the state of Pernambuco, suffered severe damage due to the torrential rain that caused a significant flood in May of 2017. Because of 2017's flood, the Rosário bridge, which is made of reinforced concrete, was entirely covered by the Panelas River. After those heavy rain episodes, inspections aiming to evaluate the impact caused to the bridge are required to find if any problems arose and if interventions are needed; Hence, ensuring the safety of the passengers that will make use of the bridge. Therefore, this paper aims to investigate the pathological manifestations identified in the Rosário Bridge after exposure to the water due to the flood and proposes the recovery options required. Several pathological manifestations were identified in the structure, however, even with the bridge's recovery, other events, such as what happened in 2017, may damage the structure. Because of that, an economic feasibility study for its reconstruction with the elevation of its quota is recommended, as defined by a hydrological study. Due to the study conducted in this paper, it is expected that it is possible to contribute to the preservation of the bridges and, consequently, the safety of its users.

Keywords: Pathological Manifestations. Bridges. Concrete. Floods.

1. Introdução

Ponte é a obra destinada à transposição de obstáculos dando continuidade a uma via de comunicação qualquer; os obstáculos podem ser: rios, braços de mar, vales profundos, entre outros (MARCHETTI, 2008). Tratam-se de obras de artes especiais que tem importância fundamental para estrutura que compõe as cidades.

As pontes na maioria dos casos ficam sob ação da variação da cota da água, que em períodos de chuvas fortes e/ou frequentes podem inclusive superar sua altura, impossibilitando o deslocamento através dela e ainda expondo os elementos estruturais à uma situação atípica, devendo ser vistoriada antes da retomada da sua utilização para análise de possíveis novos danos ou agravamento de danos já existentes.

Na Construção Civil, patologia se refere ao estudo de “doenças” que acometem o funcionamento adequado de uma construção (VASCONCELOS, 2018). Esse estudo é feito através da identificação e compreensão das manifestações patológicas, o que seria, na área de saúde, o estudo dos “sintomas”.

É comum que as pessoas se atentem apenas para o estado de conservação da parte de cima da ponte, onde transitam. Por isso, é importante que sejam realizadas inspeções com o objetivo de verificar o estado de utilização, conservando a funcionalidade e segurança dentro dos padrões (VASCONCELOS, 2018). A realização de manutenções adequadas e periódicas, fazendo parte de um processo de gestão mais amplo, permite garantir maior vida útil e desempenhos estrutural e funcional satisfatórios (VITÓRIO, 2006 apud BASTOS; MIRANDA, 2017).

Sabendo da importância da vistoria, principalmente após um evento de chuvas intensas, o artigo apresentará um estudo de caso da Ponte do Rosário, localizada no município de Belém de Maria, inspeção esta, feita após as enchentes causadas pelas chuvas que ocorreram na região da Mata Sul de Pernambuco, tendo como objetivo apresentar a identificação de manifestações patológicas, diagnóstico e sugerir soluções de recuperação, servindo para consulta sobre o tema para o caso estudado e/ou semelhantes.

2. Definições e características estruturais de pontes

Segundo Cavalcante (2019), uma ponte é composta por elementos estruturais divididos em superestrutura, formada pelas peças estruturais que têm a função de vencer o vão livre; infraestrutura, constituída por encontros, pilares e elementos de fundação; e a mesoestrutura, composta pelos aparelhos de apoio e estes fazem a ligação entre a superestrutura e a Infraestrutura. Sendo assim, a totalidade dos elementos estruturais em conjunto, tem como finalidade manter a estabilidade da ponte, como esquematizado na Figura 1.

Figura 1 – Elementos Estruturais de uma Ponte

Fonte: Cavalcante(2019)

3. Ações das águas pluviais e fluviais em pontes

Os elementos estruturais que estão submersos estão sujeitos às ações hidrostáticas, hidrodinâmicas, erosão, ação de flutuabilidade, ação de detritos (referente a sólidos presente nas águas de inundação, que podem danificar a estrutura) e qualidade da água (no caso de conter salinidade ou algum tipo de

contaminação). Sendo inúmeras consequências relativa ao surgimento de manifestações patológicas, diante das ações provenientes das enchentes e inundações (ZEVENBERGEN, 2007 *apud* JONOV *et al*, 2013). Segundo a NBR 7187 (ABNT, 2003), empuxo d'água e a subpressão devem ser considerados nas situações mais desfavoráveis para a verificação dos estados limites, sendo enfocado o estudo dos níveis máximo e mínimo dos cursos d'água e do lençol freático. Diante disso, toda estrutura deve ser projetada, quando for o caso, para resistir ao empuxo d'água proveniente do lençol freático, da água livre ou da água acumulada de chuva (SARTORTI, 2008).

Segundo Vitório (2002), os estudos hidrológicos realizados na etapa de concepção de projeto, são aqueles responsáveis por obtenção de um bom desempenho da obra ao longo da vida útil da estrutura, e se não considerados, podem vir a ter custos exorbitantes em sua manutenção em decorrência de fenômenos que não haviam sido considerados e premeditados. Este estudo é responsável por informações fundamentais, como níveis máximo e mínimo das águas e precipitação anual.

4. Origem das manifestações patológicas em pontes

O surgimento de um problema patológico em dada estrutura indica a existência de uma ou mais falhas durante a execução de uma das etapas da construção, além do sistema de controle de qualidade próprio dessas atividades. Salvo os casos correspondentes à ocorrência de catástrofes naturais, em que a violência das solicitações, aliada ao caráter marcadamente imprevisível das mesmas, será o fator preponderante, as manifestações patológicas têm surgimento a partir de erros durante a realização de uma ou mais dessas atividades inerentes ao processo a que se denomina de construção civil (RIPPER E SOUZA, 1998).

Segundo Helene (1992), o processo construtivo e uso podem ser divididos em cinco etapas: planejamento, projeto, fabricação de materiais, execução e uso (envolve a operação e manutenção das obras civis). Um diagnóstico adequado do problema deve indicar em que etapa do processo construtivo teve origem. Conforme é mostrado na Figura 2, uma elevada porcentagem das manifestações patológicas tem origem nas etapas de projeto e execução.

Figura 2– Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis em 1992.

Fonte: adaptada de HELENE(1992).

No entanto, na Figura 3, de acordo com Piancastelli (2012), as principais causas das manifestações patológicas, estão relacionadas, em sua maioria, à etapa de execução. Sendo também analisados os danos originados a partir de fortuitas e manutenções inadequadamente executadas.

Figura 3– Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras civis em 2012.

Fonte: adaptada de Piancastelli(2012).

5. Estudo de caso

5.1 Características da região

A Ponte do Rosário está localizada no município de Belém de Maria, que se encontra na Mata Sul do estado de Pernambuco. A obra de arte especial atravessa o Rio Panelas, interligando os municípios de Belém de Maria e Lagoa dos Gatos, como pode-se observar pela Figura 5.

Figura 5 – Vista da Ponte do Rosário.

Fonte: Adaptado do Google Earth (2019).

A partir dos dados fornecidos pela Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, no ano de 2017, observam-se os impactos causados pelas grandes chuvas, trazendo como consequência os eventos de extrema cheias, no período entre os dias 25 e 29 de maio de 2017. Nesse intervalo de tempo, os rios situados no município de Belém de Maria, atingiram valores de cota máxima consideravelmente altos, havendo uma elevação acima da cota de inundação, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 –Cotas de elevação do nível de rioslocalizados no município de Belém de Maria.

ESTAÇÃO	RIO	COTA MÁX. ATINGIDA (CM)	COTA DE ALERTA (CM)	COTA DE INUNDAÇÃO (CM)	ACIMA DA COTA DE INUNDAÇÃO (CM)
Belém de Maria	Panelas	583,2	300	400	183,2
Batateira	Una	699	450	550	149

Fonte: Adaptado da APAC(2017).

Através de dados coletados na Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC, Tabela 2, que apresenta o acúmulo de chuva no município de Belém de Maria para os meses de maio, em um intervalo de 10 anos, é possível observar que o evento semelhante de 2017 já havia ocorrido em 2011, ambos gerando inundações e trazendo consequências para a região.

Tabela 2 –Monitoramento pluviométrico do mês de maio do Posto de Belém de Maria no intervalo de 10 anos.

ANO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CHUVAS (MM)	52,8	482,8	104,0	115,9	170,7	61,3	157,9	445,8	186,1	97,6	236,6

Fonte: Adaptado da APAC (2020).

5.2 Características da estrutura

A obra de arte especial estudada, de acordo com os dados coletados pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco (CREA-PE), é uma ponte com extensão de 30 metros e com o total de 5,10 metros em sua seção transversal, composta por uma pista de rolamento de 3,10 metros e cada passeio lateral com 0,90 metros.

A ponte do rosário tem uma laje de concreto armado, colocada na década de 90, após uma enchente que destruiu o tabuleiro que anteriormente era de madeira. A estrutura é disposta de maneira que suas extremidades se encontram apoiadas por cabeceiras de pedra argamassada e o tabuleiro central possui

Manifestações Patológicas em Obra de Arte Especial após Enchentes na Mata Sul de Pernambuco – Estudo de Caso da Ponte do Rosário

dois pilares em pedra argamassada, com 1,8 metros de altura por 4 metros de largura, com fundação direta em rocha (CREA-PE).

No evento ocorrido em 2017, a ponte do rosário ficou completamente submersa pelo Rio Panelas e sujeita as ações da água na estrutura, demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Ponte do Rosário Submersa pelo Rio Panelas.

Fonte: Adaptada do G1(2017).

5.3 Metodologia

O estudo de caso foi feito a partir da consolidação de um referencial bibliográfico, proporcionando a construção de informações que compatibilizam com objetivo do trabalho desenvolvido de investigar as manifestações patológicas e propor soluções para os danos indetificados na ponte.

Com base nos dados fornecidos pelo relatório técnico do projeto de apoio aos municípios em Estado de Emergência da Mata Sul do estado de Pernambuco, realizado pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco (CREA-PE), resultante da inspeção visual executada no ano de 2017, após ter sido atingida pela enchente que ocorreu na região, levando em consideração a recomendações normativa do DNIT 010/2004-PRO (2004), foi realizada a compração dos resultados apresentados pelo órgão regional com os aspectos e conceitos levantados a partir da pesquisa literária e normativa realizada. Assim chegando à uma avaliação e proposta de recuperação dos danos indetificados na Ponte do Rosário.

5.4 Resultados

A inspeção visual possibilita observar o estado que a estrutura se encontra e fazer um reconhecimento das manifestações patológicas presentes na mesma. Sendo assim, analisa-se cada área que compõe a estrutura completa da ponte, individualmente. A partir do Quadro 1 exibir-se, pontualmente, as manifestações patológicas identificadas em cada região da Ponte do Rosário, apresentando recomendações para recuperação de cada uma das manifestações patológicas citadas.

Quadro 1 – Análise das manifestações patológicas identificadas na estrutura da ponte. (continua)

FIGURAS	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	LOCALIZAÇÃO	RECUPERAÇÃO RECOMENDADA
<ul style="list-style-type: none"> - Desgaste severo do concreto - Agregado graúdo aparente - Armadura aparente 	Pista de Rolamento	<ul style="list-style-type: none"> - Limpeza da área danificada - Recuperação completa da pista de rolamento - Recapeamento da pista de rolamento

Quadro 1 – Análise das manifestações patológicas identificadas na estrutura da ponte. (conclusão)

FIGURAS	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	LOCALIZAÇÃO	RECUPERAÇÃO RECOMENDADA
<ul style="list-style-type: none"> - Lixiviação - Manchas de Umidade - Deslocamento do concreto - Agregado graúdo aparente - Armadura aparente - Corrosão da Armadura 	Longarinas e Vigas	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar e solucionar a origem da manifestação patológica - Limpeza da área danificada - Analise da perda de área do aço, para definir necessidade ou não de reforço da estrutura - Recuperação do concreto
<ul style="list-style-type: none"> - Lixiviação - Manchas de Umidade - Disgregação - Armadura Aparente 	Área sob o passeio	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar e solucionar a origem da manifestação patológica - Limpeza da área danificada - Analisar se houve grandes perdas da área do aço, para determinar se será necessário um reforço na estrutura - Recuperação do concreto
<ul style="list-style-type: none"> - Deslocamento do concreto - Guarda-corpo danificado 	Tabuleiro	<ul style="list-style-type: none"> - Recuperação do concreto - Instalação de novo guarda-corpo
<ul style="list-style-type: none"> - Ausência do aparelho de apoio - Manchas de umidade - Deslocamento do concreto - Armadura aparente 	Encontro da superestrutura com a Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar e solucionar a origem da manifestação patológica - Colocação dos aparelhos de apoio - Limpeza da área danificada - Recuperação do concreto
<ul style="list-style-type: none"> - Ausência do aparelho de apoio - Manchas de umidade - Lixiviação - Fissuras - Deslocamento do concreto - Armadura aparente 	Encontro da superestrutura com a Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar e solucionar a origem da manifestação patológica - Colocação dos aparelhos de apoio - Limpeza da área danificada - Recuperação do concreto
<ul style="list-style-type: none"> - Deslocamento do concreto ao redor do dreno - Agregado graúdo aparente - Armadura aparente - Corrosão da armadura 	Drenos no tabuleiro	<ul style="list-style-type: none"> - Recuperação do concreto - Identificar e solucionar as falhas na instalação dos tubos de drenagem

Fonte: Autora (2020) com imagens do CREA-PE (2017)

Na pista de rolamento, desgaste severo na superfície do concreto, sendo evidente a perda de material, exposição de agregado graúdo e armaduras. Ainda no tabuleiro, é possível identificar manchas de umidade e lixiviação na parte inferior do mesmo. Fica evidente o deslocamento do concreto em grande parte da superestrutura, no qual as viga e longarinas apresentam sua armadura exposta e oxidada. Essa região se encontra em um estado de alta degradação, havendo a ruptura de parte da estrutura que se encontra sob o passeio.

Na região em volta dos tubos para drenagem, presente no tabuleiro, é possível identificar a oxidação da armadura, que se encontra exposta. Também nota-se o deslocamento do concreto ao redor do dreno e seu agregado graúdo aparente. Fator provocado, possivelmente, por uma má execução na instalações dos tubos de drenagem.

A partir da inspeção visual realizada pelo CREA-PE, foi possível detectar a baixa qualidade e alta porosidade do concreto, tendo um impacto direto na resistência e vida útil da estrutura.

Observando a região de contato entre as superestrutura e infraestrutura, não foi possível identificar aparelhos de apoio. Também houve a instalação de um braço que está servindo de apoio para uma tubulação no qual, de acordo com o relatório de inspeção realizado pelo CREA-PE, não foram concebidos no projeto, gerando assim uma sobrecarga nas vigas.

Além das irregularidades e manifestações patológicas detectadas na estrutura, também pode-se concluir que, diante do acontecimento em 2017, no qual a ponte ficou completamente submersa após chuvas intensas na mata sul, a cota no qual a ponte foi projetada não condiz com o nível máximo que o rio pode atingir durante períodos de fortes chuvas.

Dessa forma, foram apresentadas ações para recuperação de cada uma das manifestações patológicas identificadas, como apresentado no Quadro 1, tendo em vista também a indispensabilidade de uma manutenção periódica, para preservação do desempenho da estrutura, trazendo segurança para os transeuntes e minimizando custos decorrentes de incidentes ocasionados ou agravados devido a ausência de uma manutenção preventiva.

6. Considerações Finais

A Ponte do Rosário apresentou em sua estrutura várias manifestações patológicas, como deslocamento do concreto, armadura e agregado graúdo aparente, corrosão, fissuras, lixiviação, entre outras, sendo esses danos originados de um conjunto de falhas em diversas etapas, incluindo desde seu planejamento até sua manutenção, e que podem ter sido bastante agravados com os eventos de fortes chuvas ocorridos em Belém de Maria em 2017.

Com a identificação e compreensão das manifestações patológicas encontradas na ponte foram feitas recomendações de recuperação para cada manifestação identificada. Porém, uma recuperação completa de toda a estrutura seria o mais adequado a ser realizado, e incluindo alguns elementos de proteção, por exemplo; e não apenas a recuperação pontual dos danos identificados e associados às manifestações patológicas. Com isso, a ponte teria a vida útil aumentada e ofereceria mais segurança e proteção aos usuários.

Por um outro ponto de vista, compreende-se que as enchentes e o acúmulo de água na região acarreta em danos ocasionados pela ação da água (ações hidrostáticas, hidrodinâmicas, erosão, flutuabilidade, ação de detritos e qualidade da água). Logo, mesmo que a ponte seja recuperada, outros eventos como este, ocorrido em 2017, podem vir a danificar a estrutura. Logo, uma alternativa seria a realização de um estudo de viabilidade econômica para o cenário de reconstrução da ponte com a elevação de sua cota. Em um novo projeto seria possível também atualizar o seu layout, de forma a atender melhor as necessidades de seus usuários e inserção de elementos que promova um aumento da sua durabilidade e vida útil.

O que foi desenvolvido e apresentado aqui servirá de consulta para ações que visem a recuperação da Ponte do Rosário, uma vez que se identificou, discutiu e foram realizadas sugestões de recuperação; provocou-se também o interesse de simulação de um cenário de reconstrução da ponte. A devida atenção deve ser dada essas estruturas, pois além de ser fundamental para mobilidade da população, escoamento

de mercadorias, entre outras, estando diretamente ligada a economia e outras áreas importantes de região, principalmente nos casos em que a ponte é a única via de acesso à uma localidade.

Referências Bibliográficas

- Amorim, A.A (2010) *Durabilidade das estruturas de concreto armado aparentes*. Monografia (Especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil.
- Agência Pernambucana de Águas e Climas - APAC. (2017). *Boletim do Clima – Síntese Climática*. Vol. 05, Recife-PE, Brazil.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2003). *Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido* – Procedimento NBR-7187. Rio de Janeiro, Brasil.
- BASTOS, H. C. N.; MIRANDA M. Z. (2017). *Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais*. CONSTRUINDO, Ed. Esp. de Patologia, v. 9, p. 93 – 101. Belo Horizonte, Brasil.
- CAVALVANTE, G. H. F. (2019). *Pontes de concreto armado: análise e dimensionamento*. São Paulo: Blucher, Brasil.
- CREA-PE – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco (2017). *Projeto de apoio técnico do crea-pe aos municípios da mata sul em Estado de emergência* – relatório técnico nº pms/002. Pernambuco, Brasil.
- DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2010). *Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários*. Rio de Janeiro, Brasil.
- HELENE, P. R. L. (1992) *Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de concreto*. 2 ed. São Paulo: Pini
- MARCHETTI, O. (2008). *Pontes de Concreto Armado*. São Paulo: Blucher, Brasil.
- PARISI JONOV, C. M.; NASCIMENTO, N. O.; PAULO E SILVA, A. (2013). *Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação*. Ambiente construído, Porto Alegre, Brasil, v. 13, n. 3, p. 75-94.
- PIANCASTELLI, E. M. (2012). *AECweb - Patologias do concreto*. Em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/patologias-do-concreto/6160>. Acesso: setembro de 2020
- RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. (1998). *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. 1ª Ed, 5ª tiragem. São Paulo: Pini, Brasil.
- SARTORTI, A. L. (2008). *Identificação de patologias em pontes de vias Urbanas e rurais no município de campinas – SP*. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura, Brasil.
- Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2014) . *Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa*. Brasília, Brasil.
- VITÓRIO, J. A. P. (2002). *Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão*. Livro editado pelo CREA-PE, Recife, Brasil.
- VASCONCELOS, F. O. (2018) *Análise de manifestações patológicas em pontes de concreto armado – estudo de caso*. 2018. 69 f. Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, Brasil.