Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2018

Abril de 2018

ANÁLISE DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE UMA IMPORTANTE OBRA DE ARTE SITUADA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS/MA

M. FERREIRA DA SILVA SANTOS
Graduando do curso de Engenharia Civil
Faculdade de Ciências e Tecnologia do Maranhão
Maranhão; Brasil
mikhaelmk@hotmail.com

C. VIDRIH FERREIRA
Professor Doutor em Engenharia Civil
Faculdade de Ciências e Tecnologia do Maranhão
Maranhão; Brasil
vidrih@vidrih.com.br

L. FERNANDO SEIXAS CURY DA COSTA
Professor Especialista em Estruturas
Faculdade de Ciências e Tecnologia do Maranhão
Maranhão; Brasil
luizfernando_phb@hotmail.com

J. DOUGLAS DA CRUZ SILVA
Graduando do curso de Engenharia Civil
Faculdade de Ciências e Tecnologia do Maranhão
Maranhão; Brasil
jacksondouglasncr@hotmail.com

RESUMO

A existência de inúmeras pontes com estado precário de conservação incentiva a produção de trabalhos sobre este assunto. As manifestações patológicas em pontes ou viadutos, além de proporcionar desconforto, insegurança e riscos aos usuários, aumenta os custos de manutenção. A ponte de concreto Nereu Bittencourt sobre o rio Itapecuru, situado no município de Caxias, estado do Maranhão, interliga os bairros centro e trizidela, constituindo-se uma importante obra de arte, no sentido socioeconômico, o que justifica uma intensa utilização da mesma. Diversas reportagens já foram produzidas a respeito dos problemas e risco de desabamento da mesma, principalmente devido a idade aproximada de 40 anos, sem nenhum plano de manutenção. Diante dessa realidade, buscou-se nesse estudo, avaliar o estado de conservação dessa ponte e apresentar soluções quanto à profilaxia e restauração. Os métodos para alcance dos objetivos foram baseados em revisão bibliográfica, e os processos de inspeção das manifestações patológicas baseadas na norma DNIT 010/2004 e no Método do Grau de Deterioração Estrutural (GDE/UnB). Além das manifestações patológicas, analisou-se, superficialmente, o aspecto estrutural da ponte, quanto ao trem-tipo utilizado para dimensionamento na época de sua construção, pois houve alterações significantes nos dias atuais. Os resultados mostrou que a obra de arte em estudo necessita de intervenção para reparos e inspeções mais específicas, além de prescindir de um cuidadoso plano de manutenção.
Palavras-chave: Manifestações patológicas. Obras de arte. Durabilidade das estruturas.

ABSTRACT

The existence of numerous bridges with precarious state of conservation encourages the production of works on this subject. Pathological manifestations in bridges or viaducts, in addition to providing discomfort, insecurity and risks to users, increase maintenance costs. The Nereu Bittencourt concrete bridge over the Itepecuru river, located in the municipality of Caxias, state of Maranhão, interconnects the central and trizidela neighborhoods, constituting an important work of art, in the socioeconomic sense, which justifies an intense use of it. Several reports have already been produced regarding the problems and risk of collapse, mainly due to the approximate age of 40 years, with no maintenance plan. In view of this reality, this study seeks to evaluate the conservation status of the Nereu Bittencourt bridge and present solutions for prophylaxis and restoration. The methods for achieving the objectives are based on a literature review and the processes for inspection of pathological manifestations based on DNIT 010/2004 and on the Degree of Structural Deterioration Method (GDE / UnB). In addition to the pathological manifestations, the structural aspect of the bridge was analyzed, not profoundly, regarding the type-train used for sizing at the time of its construction, since there were significant changes in the present day. The results show that the work of art under study needs more specific repairs and inspections, apart from a maintenance plan.
Keywords: Pathological manifestations. Works of art. Durability of structures.

1. INTRODUÇÃO

A industria da construção civil avançou juntamente com a evolução das cidades. Nisso, seu principal objetivo é a elaboração de projetos que viabilizem a execução de diversas obras, de acordo com as demandas sociais. Em paralelo com essa relação, houve sempre a necessidade de buscar novos materiais e técnicas construtivas, como é o caso do concreto armado, bastante difundido em diversos países como matéria prima das estruturas (CASTRO, 1999).

Não obstante, todas as estruturas, idependente do material utilizado, são solicitadas por carregamentos e submetidas às agressividades do meio ambiente que estão inseridas (LIEBENBERG, 1992). Diante desse panorama, o estudo da durabilidade das edificações de concreto se tornou alvo de diversos pesquisadores, intensificando ainda mais à medida que a ciência avançava.

As pontes e viadutos são elementos imprescindíveis para o escoamento de pessoas e produtos nas cidades brasileiras. São responsáveis por fazerem ligações em pontos críticos, que tenham algum tipo de obstáculo, e garantir a continuídade da estrada (OLIVEIRA, 1999).

Essas estruturas, consideradas como Obras de Arte Especiais - OAEs, fazem parte da infraestrutura de um país, servindo de suporte para rodovias, ferrovias, hidrovias, passagem de pedestres (passarelas), entre outras (KHAN, 2010).

Como é sabido que ocorre em todas as estruturas, os materiais das OAEs se degradam ao passar do tempo, processo natural de envelhecimento, culminando em alterações nas suas características e propriedades, que reflete diretamente no seu desempenho. O desempenho, conforme Verly (2015), decresce em função do tempo, podendo ficar abaixo do mínimo exigido, necessitando de intervenções (recuperação, reforço ou reabilitação). Logo, quando as ações corretivas não são realizadas, a estrutura chegará a uma situação crítica que exigirá a interdição ou limitação das cargas consideradas.

De acordo com Laner (2001), as OAEs construídas em cidades é diferente das executadas em rodovias. A começar pela geometria construtiva, pois no espaço urbano a densidade populacional implica um espaço estreito e limitado. Nesse sentido, os projetos de OAEs em cidades levam em consideração aspectos particulares:

- Desenhos que impossibilitam a correta manutenção;
- Arquitetura que exige um sistema construtivo complexo e mais suscetível a falhas;
- Dificuldade de se utilizar estruturas pré-moladas, devido a limitação de área nas cidades;
- Deslocamentos não desejáveis;
- Emissão intensa de gases devido o tráfego intenso, representando um meio agressivo às estruturas, podendo provocar carbonataçao e corrosão, por exemplo;
- Sua localização geográfica que gera ocupações irregulares, como os moradores de rua, que prejudica o salopamento pela retirada de aterros para sua ocupação (DYER, 2015).

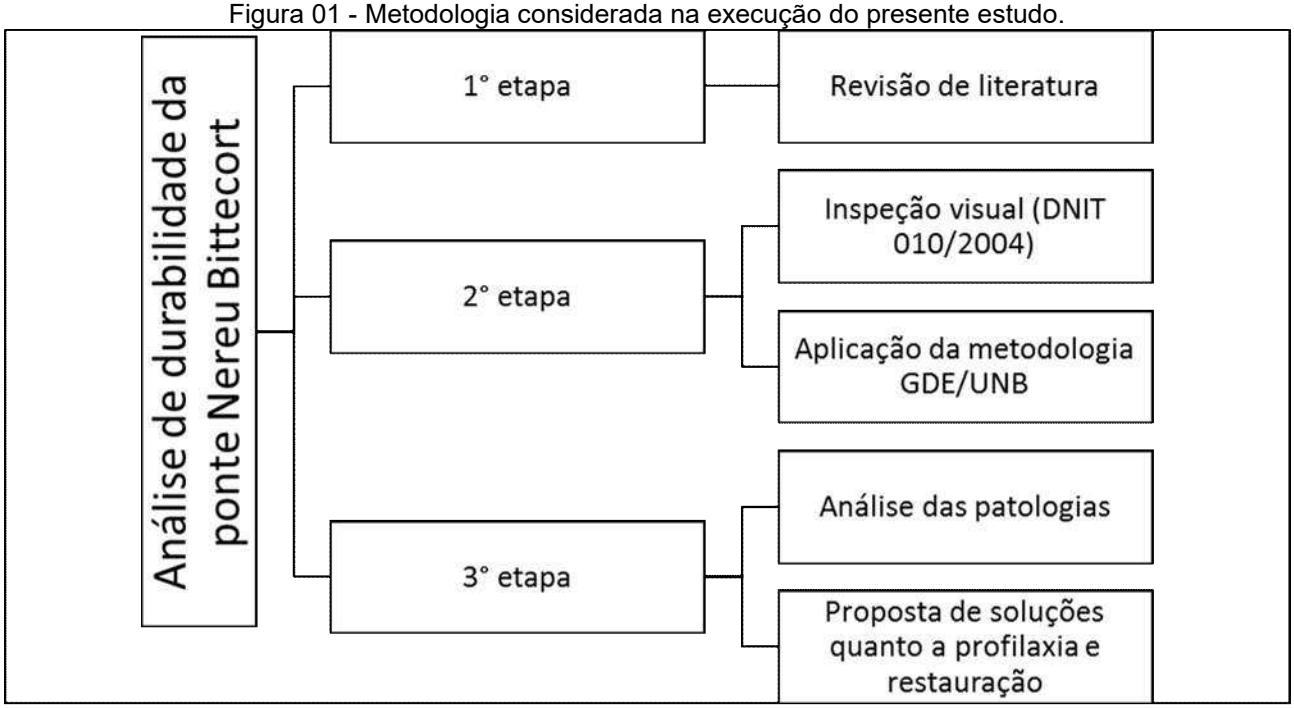
As OAEs são verdadeiros equipamentos urbanos indispensáveis para a sociedade, pois definem o escoamento de pessoas e produtos nas cidades. A falta de uma ponte ou viaduto pode trazer resultados extremamente negativos, como por exemplo, conforme Ryall (2010), o caso da Ponte dos Remédios na cidade de São Paulo, no ano de 1997, que assumiu grande repercussão na mídia, devido sua interdição de duas semanas que gerou impactos significativos no trânsito, ocorrendo atrasos, imprevistos, engarrafamentos, entre outros problemas.

A ponte de concreto Nereu Bittencourt sobre o rio Itapecuru, situado no município de Caxias, estado do Maranhão, interliga os bairros centro e trizidela, constituindo-se uma importante obra de arte, no sentido socioeconômico, o que justifica uma intensa utilização da mesma. Diversas reportagens já foram produzidas a respeito dos problemas e risco de desabamento da mesma, principalmente devido a idade aproximada de 40 anos sem nenhum plano de manutenção. Diante dessa realidade, buscou-se nesse estudo, avaliar o estado de conservação dessa ponte e apresentar soluções quanto à profilaxia e restauração, utilizando o método de inspeção proposto pela norma DNIT 010/2004 e a avaliação do Método do Grau de Deterioração Estrutural (GDE/UnB).

2. METODOLOGIA

A Figura 01 ilustra a metodologia definida para elaboração desse estudo, conforme os objetivos citados na sessão anterior.

Figura 01 - Metodologia considerada na execução do presente estudo.



2.1 Metodologia de inspeção visual (DNIT 010/2004)

Baseada na norma DNIT 010 (2004), inspeção em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – procedimento, a vistoria foi conduzida de forma sistemática de modo a garantir que todo elemento fosse inspecionado, utilizando adequadas fichas de inspeção. Foi realizada documentação fotográfica de maneira completa, com vista superior, lateral, detalhe de apoios, articulações, juntas, dentre outros.

Foram inspecionados os seguintes itens:

- Geometria da ponte;
- Acessos;
- Cursos d'água;
- Encontro e apoios;
- Aparelho de apoio;
- Superestrutura (se tratando de uma ponte em vigas e em lajes maciças);
- Pista de rolamento;
- Juntas de dilatação;
- Barreiras e guarda-corpos;
- Instalações gerais de utilizada pública.

2.2 Metodologia GDE/UnB

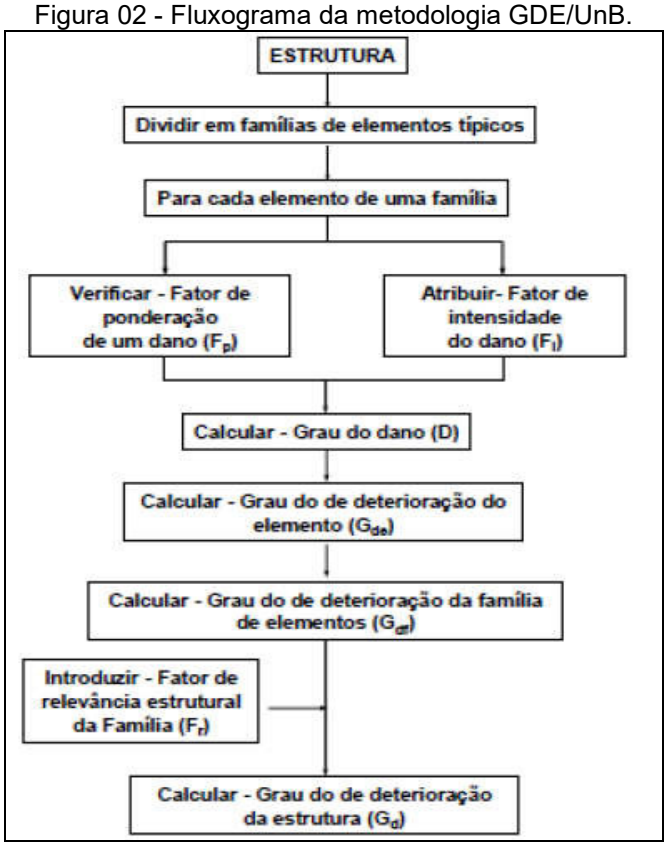
Segundo Rosa *et al*. (2014), a metodologia GDE/UnB baseia-se nos dados coletados durante as inspeções em campo. A grande vantagem desse método é que minimiza a subjetividade da avaliação da durabilidade da estrutura, pois se baseia em etapas bem definidas com utilização de fatores.

A metodologia GDE/UnB foi desenvolvida por Castro (1994), sendo aplicada para quantificar o grau de deterioração das estruturas de concreto, especificamente edificações.

A partir de sua publicação, em 1994, foram realizados diversos estudos para melhorá-la, sem perder suas raízes. Esses estudos culminaram em remodelagem da metodologia, como Lopes (1998), Boldo (2002) e Fonseca (2007) e mais recentemente Euqueres (2011).

A Figura 02 ilustra o fluxograma proposto por Castro (1994) que realça a metodologia e sistemática para aplicação do aludido método.

Figura 02 - Fluxograma da metodologia GDE/UnB.



Fonte: Castro, 1994 (adaptado).

As equações utilizadas na metodologia supracitadas foram extraídas de Fonseca (2007), baseadas em Castro (1994).

2.2.1 Fator de ponderação do dano (Fp)

Visa quantificar a imporância relativa de uma determinada manifestação patológica, no que tange a segurança, funcionalidade e estética dos elementos de uma família. Nesse sentido, em função da família de elementos, foi estabelecido um grau na escala de 1 a 5. Assim, uma determinada manifestação patológica pode ter fatores diferente de acordo com a família que se encontra.

2.2.2 Fator de intensidade do dano (Fi)

Esse fator relaciona a gravidade e evolução da manifestação patológica em um determinado elemento, variando entre 0 e 4. Desta maneira:

- Elementos sem lesões (Fi = 0);
- Elementos com lesões leves (Fi = 1);
- Elementos com lesões toleráveis (Fi = 2);
- Elementos com lesões graves (Fi = 3);
- Elementos em estado crítico (Fi = 4).

2.2.3 Grau de um dano (D)

Em função do Fator de Ponderação do dano (Fp) e o Fator de Intensidade do dano (Fi), as equações (1) e (2) ilustram

$$D = 0{,}8\ Fl\ Fp \qquad para \qquad Fl \leq 2{,}0 \tag{1}$$

$$D = (12\ Fl - 28)Fp \qquad para \qquad Fl > 2{,}0 \tag{2}$$

2.2.4 Grau de deterioração de um elemento (Gde)

Esse indicador refere-se a um elemento individualmente, de acordo com a equação (3). A partir das informações obtidas para cada elemento, é possível determinar as ações necessárias.

$$Gde = Dmáx \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^{n} D(i) - Dmáx}{\sum_{i=1}^{n} D(i)}\right] \tag{3}$$

Onde:
Gde – Grau de deterioração de um elemento;
D(i) – Grau de dano de ordem i;
Dmáx – Maior Grau de Dano;
n – número de danos encontrados em um elemento.

2.2.5 Grau de deterioração de uma familia (Gdf)

Esse parâmetro reune o conjunto de elementos que tenham as mesmas características, sendo calculado conforme a equação (4).

$$Gdf = Gdemáx \left[\sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^{n} Gde(i) - Gdemáx}{\sum_{i=1}^{n} Gde(i)}}\right] \tag{4}$$

Onde:
Gdf – Grau de deterioração de uma família;
Gdemáx – maior valor de Gde.

2.2.6 Grau de deterioração global (Gd)

Esse parâmetro é calculado a partir da média ponderada dos graus de deterioração das diversas famílias de elementos, com a implicação do Fator de Relevância Estrutural (Fr), como medida de majorar a importância de cada elemento ou famílias de elemento. A equação (5) ilustra o processo de cálculo.

$$Gd = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} Fr(i)\ Gdr(i)}{\sum_{i=1}^{n} Fr(i)}\right] \tag{5}$$

Para determinar as propostas de intervenções, com a finalidade de mitigar as patologias encontradas e recuperar a estrutura em estudo, utilizou-se o Grau de Deterioração do Elemento (Gde), de maneira isolada para facilitar.

O próximo item realça como foi realizado as propostas de intervenção e classificado a estrutura, ratificando o uso do grau de deterioração do elemento (Gde).

Salienta-se que embora haja o Grau de Deterioração de uma Família (Gdf) e o Grau de Deterioração Global, a pesquisa focou no Grau de Deterioração do Elemento (Gde).

2.3 Propostas de intervenção

A partir do calculo da deterioração de um elemento (Gde), tem-se a classificação do nível de deterioração do elemento e ações recomendas, conforme metodologia GDE/UnB. A Tabela 01 ilustra essa classificação.

Tabela 01 - Classificação do nivel de deterioração do elemento e ações recomendadas

Nível de deterioração	Gde	Ações recomendas
Baixo	0 – 15	Manutenção preventiva
Médio	15 – 50	Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos)
Alto	50 – 80	Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).
Sofrível	80 – 100	Planejar intervenção em curto prazo (máximo 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especializada imediata e medidas emergenciais (alívio de cargas, escoramento, etc.). Planejar intervenção imediata

Fonte: Fonseca, 2007 (adaptado).

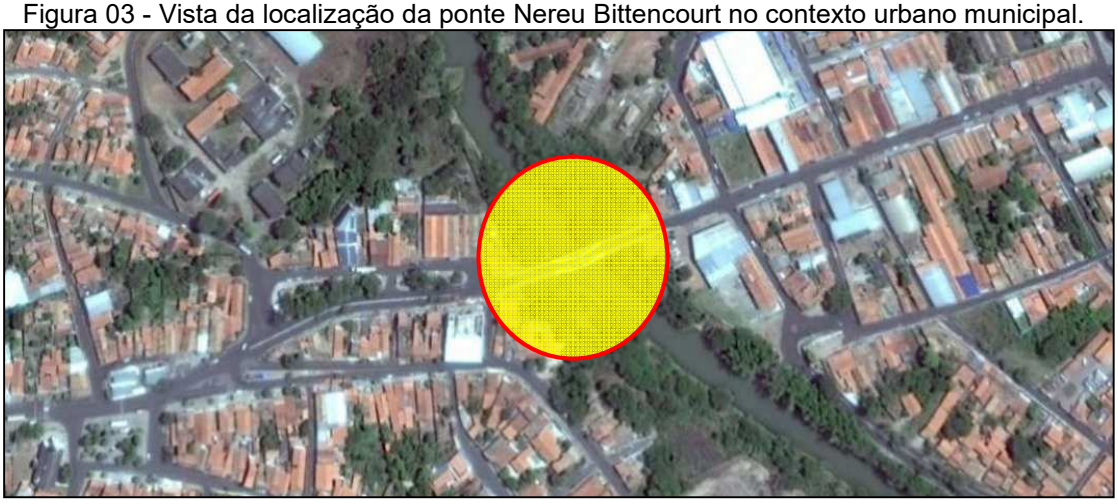
A partir dessa abordagem, é possível determinar as ações mitigadoras das manifestações patológicas, no sentido de recuperar a estrutura em estudo.

3. RESULTADOS

3.1 Vistorias (inspeção visual)

A ponte Nereu Bittencourt sobre o Rio Itapecuru, situado no município de Caxias – MA, liga duas importantes vias de grande fluxo de tráfego: Avenida Nereu Bittencourt e Avenida Nossa Senhora de Nazaré. A aludida OAE permite a continuidade entre os bairros Centro e Trizidela, sendo um importante elemento no contexto sócio econômico municipal. A Figura 03 ilustra a posição da ponte no contexto urbano da cidade.

Figura 03 - Vista da localização da ponte Nereu Bittencourt no contexto urbano municipal.



Fonte: Google Earth, 2017.

A população caxiense inúmeras vezes já reclamou dos problemas patológicos existentes, inclusive já houve diversas reportagens e artigos publicados em jornais do município. A Figura 04 ilustra duas reportagens já publicadas, uma em 2010 e outra em 2014, ratificando que é um problema não muito recente.

Figura 04 - Publicações de Jornais no ano de (a) 2014 e (b) 2010.

(a)



Ponte sobre Rio Itapecuru, em Caxias, está em estado precário

Construção, que liga as avenidas Nereu Bittencourt e Nossa Senhora de Nazaré, entre o centro da cidade e o bairro Trezidela, apresenta uma série de problemas estruturais, incluindo rachaduras e desgaste na mureta de proteção

(b)



4 Cidades - estado@mirante.com.br O Estado do Maranhão - São Luís, 5 de janeiro de 2010 - terça-feira

Ponte da Nereu Bittencourt pode desabar se não for recuperada

Construção de cimento de mais de 30 anos, que liga o centro de Caxias ao Bairro Trezidela, na periferia, está em condição precária, pois há anos não tem manutenção; Secretaria de Infraestrutura do município não se pronunciou sobre o assunto

"O que não pode é ficar desse jeito com a cabeceira da ponte cedendo. Ela poderá desabar"

Conforme vistorias realizadas na pista de rolamento da ponte, a mesma apresenta sinais evidentes de desgaste superficial com exposição da armadura, estando em contato direto com as intempéries cuja despassivação da armadura, já ocorreu. A pista de rolamento também apresenta sinais evidentes de corrosão. A Figura 05 ilustra essas manifestações patológicas.

Figura 05 – (a) desgaste surficial da pista de rolamento. (b) detalhe para o processo de corrosão.

(a)



(b)



Constatou-se, quando vistoriada as juntas de dilatação, a não existência de material de preenchimento das juntas (Figura 06) e quando havia este material, apresentava-se perda total de sua função (Figura 07).

Figura 06 - Falta de material em junta de dilatação.



Figura 07 - Perda total da função da junta.



As lajes apresentavam sinais evidentes de eflorescência (em toda sua extensão), infiltração de água e manchas, conforme ilustrado nas Figuras 08 e 09.

Figura 08 - Sinais de eflorescência.



Figura 09 - Presença de mancha e umidade.



Nas vistorias realizadas nas vigas e transversinas, constatou-se carbonatação do concreto, cobrimento deficiente, corrosão das armaduras, eflorescência e manchas. A Figura 10 ilustra todas as manifestações patológicas supracitadas.

Figura 10 - Manifestações patológicas em transversinas, com destaque para armadura exposta.



Quanto aos pilares, as manifestações patológicas encontradas foram carbonatação do concreto com exposição da armadura, corrosão das armaduras, manchas e fissuras, conforme Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Manifestação patológica no pilar.



Figura 12 - Vista de fissura existente no pilar.



3.2 Aplicação da Metodologia UDE/UnB e definição de ações mitigadoras

Para determinar os Gde's montou-se uma planilha para cada elemento estrutural analisado, cujos valores escolhidos para Fp e Fi foram atribuídos com base no Manual de Aplicações da Metodologia GDE/UnB publicada por Clímaco et al. (2015). Nessa bibliografia encontra-se uma padronização das ponderações utilizadas no método.

A Tabela 02 ilustra o Grau de Deterioração de um Elemento (Gde), referente ao caso mais crítico de cada família de elementos analisado, pois não foi possível explicitar os Gde's isoladamente, escolhendo, assim, o pior caso, o Grau de Deterioração de uma Família (Gdf) e o Grau de Deterioração Global (Gd). É importante ressaltar que também foram escolhidas as principais manifestações patológicas, havendo outras que não foram apresentadas nesse artigo.

Tabela 02 - Grau de Deterioração dos principais elementos vistoriados.

Nome do elemento	Manifestação patológica	Fp	Fi	D	Gde máx.	Gdf	Gd
Pilar (mais crítico)	Carbonatação do concreto	3	2	4,8	33,00	40,02	47,80
	Corrosão de armaduras	5	2	8,0			
	Manchas	3	3	24,0			
	Fissuras (retração plástica)	2	1	1,6			
Transversina (mais crítica)	Carbonatação do concreto	3	2	4,8	35,15	36,02	
	Cobrimento insuficiente	3	2	4,8			
	Corrosão das armaduras	5	2	8,0			
	Eflorescência	2	2	3,2			
	Machas	3	3	24,0			
Laje (mais crítica)	Eflorescência	2	3	16	35,15	35,15	
	Infiltração de água	3	2	4,8			
	Manchas	3	3	24			
Junta de dilatação (mais crítica)	Desgaste do material de preenchimento da junta	5	2	8	8	9,4	
Pista de rolamento (mais crítica)	Desgaste superficial	5	2	8	12	23,5	
	Desgaste de sinalização	5	2	8			

Conforme ilutrado, tem-se que os pilare, transversinas e a laje possuem nível de deterioração médio, sendo necessário definir intervenção em um prazo máximo de 2 anos, juntamente com uma nova vistoria. Embora a junta de dilatação e a pista de rolamenta tenha classificação como aceitável, deve-se realizar manutenção para recuperar a estrutura, no sentido de apresentar um desempenho mínimo exigido.

Quanto às famílias de elementos (Gdf), o caso mais críticos está nos pilares, o que merece atenção especial pois seu Fator de Relevância Estrutural (Fr) equivale a 5 (cinco). Nesse sentido, as intervenções devem ser consideradas imeditadas nos pilares, principalmente devido a presença de corroção nas armaduras e a existência de trincas. A família com menor criticidade é das juntas de dilatação, pois a questão está concentrada apenas no elemento da junta, sendo reflexo da falta de manutenção.

O Grau de Deterioração Global (Gd) demonstra que apresenta um nível médio, necessitando que haja uma inspeção profunda e planejar a intervenção para ser executada em no máximo 2 (dois) anos. Embora a análise global indique uma prioridade média, a ponte necessecita de intervenções imediatas nos elementos estruturais mais importantes, tais como pilares e vigas.

A Tabela 03 ilustra as intervenções propostas nesse trabalho, com base no Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos (2010), publicado pelo DNIT, no sentido de recuperar a estrutura.

Tabela 03 - Interveções para recuperar a estrutura.

Manifestação Patológica	Intervenção
Carbonatação do concreto	Remoção do concreto deteriorado e limpeza minuciosa. Posteriormente aplica-se grout de cimento portland.
Corrosão de armaduras	Remoção da corrosão, utilizando lixas mecânicas ou jato de areia. Deve-se também remover a camada de concreto contaminada. Posteriormente deve-se envolver a armadura exposta com argamassa de alto teor de cimento. Verificar a necessidade do uso de armadura suplementar.
Manchas	Remoção das machas através de jatos de ar ou areia, verificando inicialmente a porosidade do concreto.
Fissuras (retração plástica)	Deve-se realizar uma nova vistoria para saber com exatidão a causa da fissura. Só assim, pode-se realizar a intervenção.
Cobrimento insuficiente	Aplicação nos locais de cobrimento insuficiente revestimento polimérico inibidor de corrosão.
Desgaste do material de preenchimento da junta	Retirada total dos materiais existentes nas juntas de dilatação e aplicação de um novo material de preenchimento das juntas.
Desgaste superficial na pista de rolamento	Recapeamente da pista de rolamento.
Eflorescência	Limpeza com hidróxido de cálcio, pois este se combina com o carbono. No caso de situações severas, reconmenda inicialmente utilizar ácidos leves antes da aplicação do hidróxido de cálcio.
Infiltração	Impermeabilizar adequadamente os locais mais críticos, utilizando disposições construtivas adequadas, conforme pode ser encontrada em literaturas especializada.
Desgaste da Sinalização	Manutenção corretiva, no sentido de aplicar as sinalizaçãoes em conformidade com as normas e materiais adequados.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados expostos, pode-se notar que a ponte Nereu Bittencourt apresenta-se em um estado avançado de deterioração, principalmente devido a inexistência de manutenção preventiva, ocorrendo apenas o “mascaramento” das manifestações patológicas existentes. Nesse sentido, o grau de deterioração da estrutura encontra-se acima do permitido, necessitando de uma recuperação para aumentar sua vida útil e garantir segurança aos usuários.

Espera-se que inspeções mais minuciosas sejam realizadas na aludida ponte, devido sua importância social e econômica para o município de Caxias, Maranhão. Aconselha-se que os órgãos responsáveis programem um plano de manutenção preventiva, não somente na ponte aqui considerada, mas em todas existentes.

Neste prisma, como os problemas patológicos são evolutivos e se agravam com o tempo, a interveção deve ser planejada e executada no menor tempo possível, com prazo máximo, conforme determinado, de 2 (dois) anos.

6. REFERÊNCIAS

BOLDO, P. **Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília, 2002. 295 p.

CASTRO E. M. C. **Patologia dos edifícios em estruturas metálicas**. Ouro Preto. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, UFOP, Ouro Preto, 1999.

CLÍMACO, J. C. T et al. **Manual de aplicação da metodologia GDE/UnB a obras de arte especiais**. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

DNIT 010 – PRO. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – procedimento**. Rio de Janeiro, 2004a.

DYER, T. **A durabilidade do concreto**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2015. 515 p.

EUQUERES, P. **Metodologia de inspeção em estruturas de pontes de concreto armado**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. 168 p.

FONSECA, R. P. **A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília, 2007. 213 p.

KHAN, M. A. **Bridge and highway: Structure, rehabilitation and repair**. 1th ed. Oxford:

LANER, F. J. **Manifestações patológicas nos viadutos, pontes e passarelas do município de Porto Alegre**. Dissertação (mestrado em engenharia civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alégre, 2001. 157p.

LIEBENBERG, A. C. **Concrete Bridges: design and construction**. 1ª ed. New York: Longman Scientific & Technical, 1992.

LOPES, B. A. R. **Sistema de manutenção predial para grandes estoques de edifícios: estudo para inclusão do componente "Estrutura de Concreto"**. Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília, 1998. 150 p. McGraw-Hill Professional, 2010. 632 p.

OLIVEIRA, G. G. **Importância da Manutenção Preventiva nas Pontes e Viadutos do Rio Grande do Sul: caracterização da tipologia das estruturas e levantamento de manifestações patológicas**. Dissertação (mestrado em engenharia civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. 131p.

ROSA, F. B. et al. (2014) **Comparação das metodologias de inspeção em obras de arte: metodologia GDE/UnB e DNIT**. Anais do 56° Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON. Natal.

RYALL, M. J. **Bridge management**. 2 ed. Oxford: Elsevier, 2010. 560 p.

VERLY, R. C. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais**. Dissertação (mestrado em engenharia civil). Universidade Federal de Brasília, Brasília, 2015. 198p