Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS: UM ESTUDO DE CASO NA PONTE SOBRE O RIO TOCANTINS NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL-TOCANTINS

G. DA SILVA GUILHERME
Acadêmico do curso de Engenharia Civil
Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos
Tocantins; Brasil
geovannyguilherme@gmail.com

O. DIAS DA SILVA GUILHERME
Professora, mestre em Geografia
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Tocantins; Brasil
ordalia.dias@ifto.edu.br

D. DE SOUZA MENDES
Acadêmico do curso de Engenharia Civil
Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos
Tocantins; Brasil
davidmendes2008@hotmail.com

A. CERQUEIRA DE JESUS
Professor mestre em Geotecnia
Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos
Tocantins; Brasil
acerqueira@gmail.com.br

RESUMO

A ponte sobre o rio Tocantins em Porto Nacional – TO foi inaugurada na década de 1970 e sua vida útil foi regredindo além do projetado. A falta de manutenção foi o fator prepoderante para essa regressão, o que levou o comprometimento da circulação de veículos pesados sobre ela. Nesse sentido, o presente artigo visa realizar um estudo de caso na ponte sobre o rio Tocantins em Porto Nacional – TO para avaliar as principais manifestações patológicas presentes na mesma. Os procedimentos metodológicos para determinação do grau de deterioração consistiram nas inspeções e ensaios realizados na estrutura, referenciado no método de Castro (1994) em que sugere a divisão da estrutura de concreto armado em famílias de elementos típicos como: fundações, pilares, vigas e lajes e em seguida avalia o grau de deterioração de cada família. Os resultados obtidos através dos ensaios e vistorias indicam que a estrutura encontra-se em um estágio de degradação médio a alto ocasionados por conta de mecanismos das reações álcali-agregado e carbonatação que insere processos patológicos de fissuramento e oxidação do aço que corroboram para a perda da capacidade resistente do concreto.

Palavras-chave: Concreto armado, patologias, grau de deterioração, ponte sobre o rio Tocantins.

ABSTRACT

The bridge over the Tocantins River in Porto Nacional - TO was inaugurated in the 1970s and his life was regressing beyond projected. The lack of maintenance was the prepoderante factor for this decline, which led the Commitment, the movement of heavy vehicles on it. In this sense, this article aims to conduct a case study on the bridge over the Tocantins River in Porto Nacional - TO to assess the main pathological manifestations present in it. The methodological procedures for determining the degree of deterioration consisted of the inspections and tests performed in the structures, referencing the methods Castro (1994) that suggests the division of the armed structure families of typical elements such as foundations, columns, beams and slabs and then evaluates the degree of deterioration of each family. The results obtained from the tests and surveys indicate that the structure is in an average degradation stage to high caused by mechanisms account of the alkali-aggregate reaction and carbonation inserting pathological processes of cracking and oxidation of the steel corroborate the loss the bearing capacity of the concrete.

Keywords: reinforced concrete, pathologies, degree of deterioration, bridge over the river Tocantins.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

Pontes, viadutos, passagens inferiores, túneis também chamados de Obras de Artes Especiais (OAE's) são de grande importância para o desenvolvimento das diferentes regiões do país, por unir cidades e reduzir distâncias.

Pesquisadores e profissionais técnicos da área de patologia e engenharia afirmam que no Brasil ainda não existe uma cultura de fazer manutenção nas OAE's, o que contribui para que essas tenham sua vida útil reduzida.

De acordo com Lemos (2005), o que acontece na realidade da maioria dos casos é o abandono quase que total dessas estruturas. Isso faz com que atinjam um elevado grau de deterioração e só a partir daí que se pensam na recuperação dessas estruturas o que ocasiona um custo elevado se comparado as manutenções preventivas e pequenos reparos.

Nesse contexto, o presente artigo traz como objetivo principal avaliar o nível de deterioração da Ponte sobre o Rio Tocantins em Porto Nacional – TO, construída na década de 1970 e passível do procedimento da falta de manutenção.

A pergunta norteadora dessa investigação foi: Qual o nível de deterioração da estrutura de concreto armado da ponte sobre o Rio Tocantins? Hipoteticamente a prévia afirmação de que o crescimento sócio-econômico atual do estado do Tocantins e devido a necessidade de escoar os grãos produzidos na região houve um grande aumento do fluxo de veículos de cargas e passeios que trafegam sobre a ponte do rio Tocantins. E esse tráfego havia contribuído para o acelerado processo de degradação da referida ponte.

Esse estudo justifica-se pela necessidade de um diagnóstico real da ponte sobre o rio Tocantins com a finalidade de apresentação de dados científicos a quem interessar, para captação de recursos para recuperação dessa estrutura. Bem como, o material de investigação será disponibilizado aos demais profissionais da área para possíveis aplicações do método em outras estruturas armadas em diversos lugares do país.

Assim, os procedimentos metodológicos consistiram na deliberação de uma discussão teórica e conceitual com base nas inspeções e ensaios na estrutura, referenciado no método de Castro (1994). Esse método propõe a divisão da estrutura armada em famílias de elementos típicos como: fundações, pilares, vigas e lajes e em seguida avalia o grau de deterioração de cada família.

Os resultados encontrados indicam que a estrutura encontra-se no estado limite de deterioração o que repercute na segurança estrutural da ponte.

2. METODOLOGIA

De acordo com Mendes (2003), as pontes são estruturas de obra de arte destinadas a vencer obstáculos naturais como curso d'água, vales profundos, baías ou obstáculos criados pelo homem como, por exemplo, um centro urbano ou uma via expressa. De um modo geral, quando o obstáculo é um centro urbano ou uma via expressa, a ponte recebe o nome de viaduto ou elevado.

A Norma 010/2004 do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT, 2004) (Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento), define ponte como estrutura, inclusive apoios, construída sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros. Ficam incluídos nesta definição viadutos, passagens superiores e passagens inferiores.

De acordo com o DNIT (2010), as causas físicas de patologias em pontes de concreto armado são: trincas e fissuras do concreto na fase plástica, trincas e fissuras do concreto endurecido, fissura do concreto na utilização da estrutura e fissuras do concreto causadas pelas cargas móveis.

Mehta *et. al.* (1994), infere que as ações químicas se manifestam a partir de efeitos físicos nocivos, como alta porosidade do concreto, diminuição da resistência, fissuração e destacamento que facilitará a entrada dos agentes agressivos no interior do concreto. Ressalta ainda, que é necessário ter uma atenção especial dadas ao ataque por sulfatos, reação álcalis-agregado, carbonatação e corrosão das armaduras, uma vez que esses fenômenos são responsáveis pela deterioração de grande parte das estruturas.

A metodologia aplicada para realização desse estudo de caso foi fundamentada no método de Castro (1994), em que sugere a divisão da estrutura em famílias de elementos típicos como: fundações, pilares, vigas e lajes e em seguida avalia o grau de deterioração de cada família.
O método está representado através de um fluxograma na Figura 1.

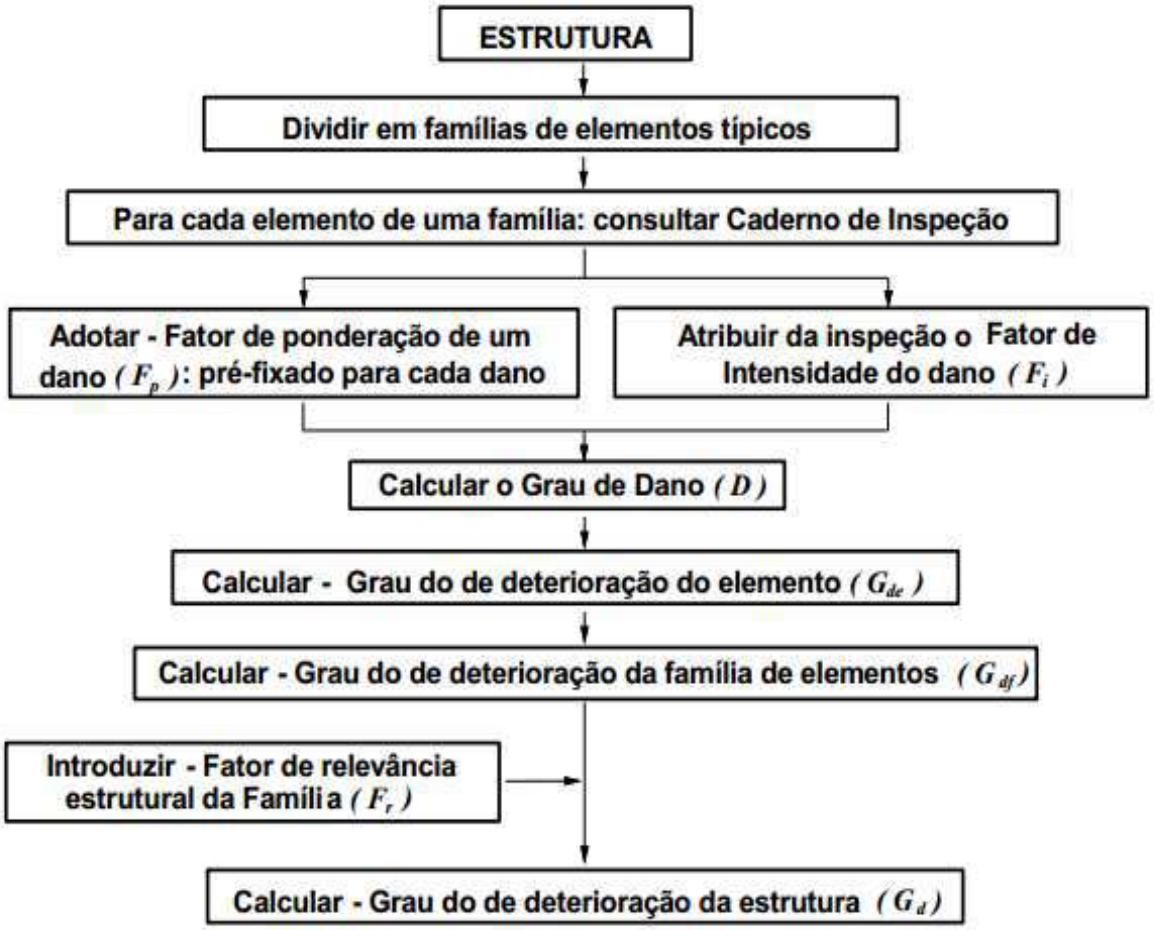

Figura 1 - Fluxograma para avaliação quantitativa da estrutura.
Fonte: CASTRO, (1994) (adaptado por GUILHERME, G.S.; MENDES, D.S.).

Utilizando desses parâmetros contido no fluxograma da Figura 1, cada família de elementos apresentam elementos com as possíveis manifestações de danos e os seus respectivos valores de Fator de Ponderação (Fp) representado na tabela 1.

Tabela 1- Família de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp)

DANOS	FAMILIA DE ELEMENTOS *(FP)*			
	PILAR	VIGAS	LAJES	RESERV. INFERIOR
Desvio da geometria	8	-	-	
Recalque	10	-	-	
Infiltração na base	6	-	-	
Segregação	6	4	5	5
Eflorescência	5	5	3	7
Esfoliação	8	8	8	10
Desagregação	7	7	7	7
Sinais de esmagamento	10	-	-	-
Cobrimento deficiente	6	6	6	7
Manchas de corrosão	7	7	7	9
Fissuras	10	10	10	10
Carbonatação	7	7	7	7
Presença de Cloretos	10	10	10	10
Manchas	5	5	5	-
Flechas	-	10	10	-
Infiltração	-	6	6	-
Vazamentos	-	-	-	10
Permeabilidade	-	-	-	8

Fonte: (Castro 1994)

Assim, na prática para aplicação do método e obtenção do grau de deterioração da ponte sobre o rio Tocantins foi necessário a divisão do tabuleiro e dos pilares em trechos de acordo com a figura 2

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

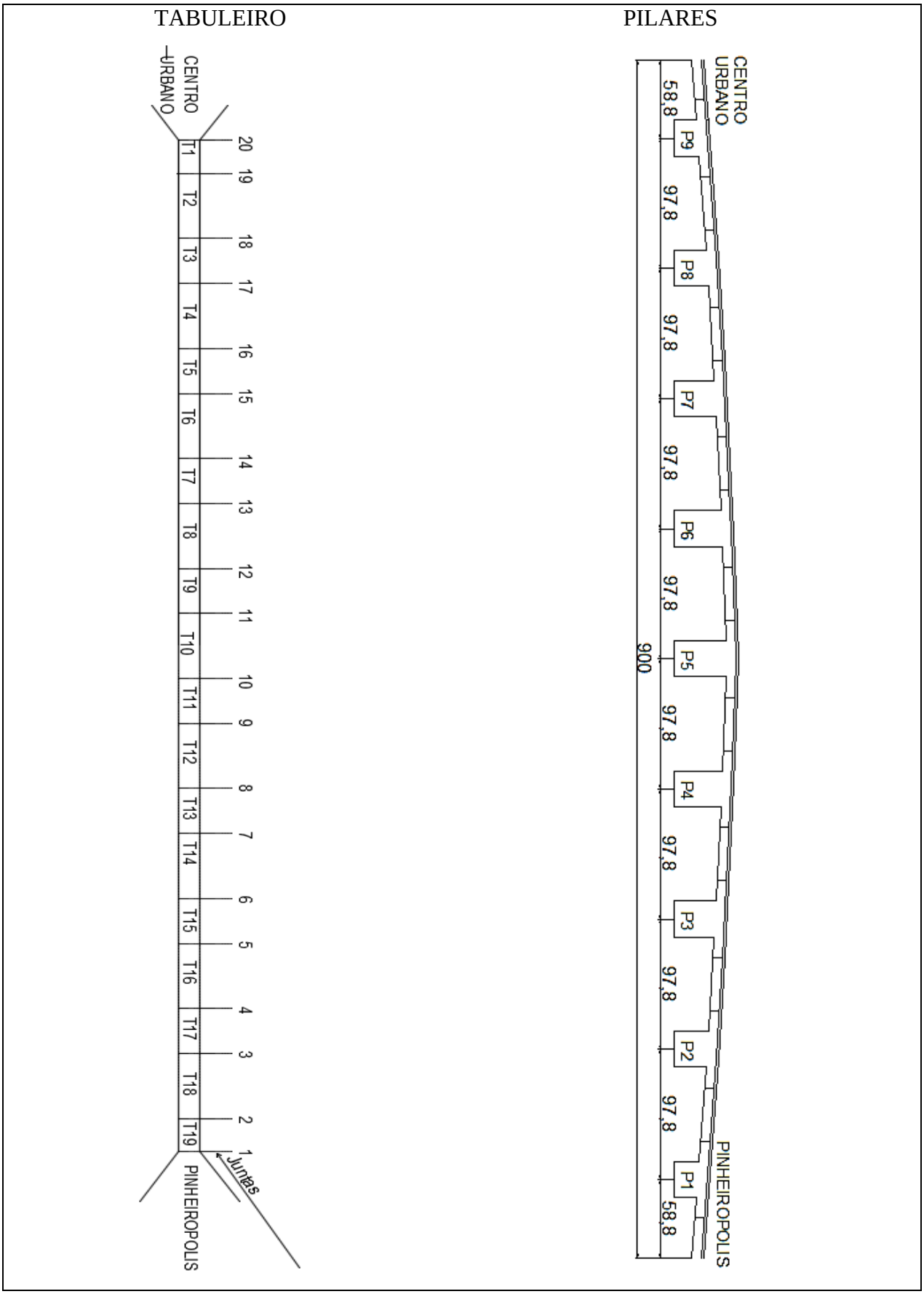

Figura 2 - Divisão do tabuleiro e dos pilares em trechos
Fonte: GUILHERME. G. S. (2015).

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

O Fator de Intensidade do dano é atribuído, a partir de vistorias, de acordo com a gravidade da manifestação em um elemento, classificando os danos em: sem lesões (Fi = 0), lesões leves (Fi = 1), lesões toleráveis (Fi = 2), lesões graves (Fi= 3) e estado crítico (Fi = 4) (KLEIN et al, 1991). Assim representado no tabela 2.

Tabela 2 - Classificação dos danos e fatores de intensidade

TIPO DE DANOS	FATOR DE INTENSIDADE DO DANO- TIPOS DE MANIFESTAÇÃO
Eflorescência	1- Início de manifestação; 2-Manchas de pequenas dimensões; 3-Manchas acentuadas em grandes extensões.
Desagregação	2- início da manifestação; 3- manifestação leve; 4- por perda acentuada da seção e esfarelamento do concreto.
Cobrimento	1-menores que os previstos em normas sem, permitir a localização da armadura; 2- menor que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armaduras expostas em pequenas extensões. 3- deficientes com armaduras expostas em extensões significativas.
Manchas de corrosão/corrosão da armadura	2-manifestaçoes leves; 3-grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4- corrosão acentuada da armadura principal, com perda relevantes de seção.
Recalques	2-indicios, pelas características de trincas na alvenaria; 3- recalque estabilizado com fissura em peças estruturais; 4- recalque não estabilizado com fissura em peças estruturais;
Fissuras	1-aberturas menores do que às previstas em normas; 2-aberturas até 40% acima dos limites de normas; 3- aberturas excessivas; estabilizadas; 4- aberturas excessivas; não estabilizadas.
Carbonatação	1-localizada, com algumas regiões com Ph<9, sem atingir a armadura; 2- localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3- localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4- generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Infiltração	1-indicios de umidade; 2- pequenas manchas; 3- grandes manchas; 4- generalizada.
Manchas	2- manchas escuras de pouca extensão, porém significativas; 3- manchas escuras em todo elemento estrutural.
Sinais de Esmagamento	3- desintegração do concreto no extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da superestrutura; fissuras diagonais isoladas; 4- fissuras de cisalhamento bidiagonais, com extenso lascamento (esmagamento) do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de seção, deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
Junta de dilatação obstruída	2- perda de elasticidade do material da junta; 3- presença de material não compressível na junta.
Fissuras vizinhas as juntas de dilatação	2- lajes com início de fissuras adjacentes ás juntas; 3- grande incidência de lajes com fissuras adjacentes às juntas; 4- idem, com prolongamento das fissuras em vigas e/ou pilares de suporte.

Fonte: (RILEM, 1991) (adaptado 2015)

Com a divisão dos trechos e identificação dos pilares, foi encontrado o número de trincas, fissura e remendos. Podemos identificar o fator de intensidade do dano e logo o grau do dano (D) de um elemento, D= 4Fi para Fi≤ 2,0 ou D= 60 Fi – 140 para Fi≥ 3,0 para Fp=10 e para Fp<10 usado D= 0,40Fi*fp para Fi≤ 2,0 ou D= (6 Fi – 14) *fp para Fi≥ 3,0.

Com base na Figura 1, o grau de deterioração de um elemento estrutural (Gde) é determinado em função dos graus de dano (D) das várias manifestações detectadas no elemento. Denomina-se (m) como o número de danos no elemento e (Di) o grau do dano de ordem .

$$Gde = Dmáx + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D(i)}{m-1}$$ Para m>2,0 (Equação 1)

Logo sendo possível calcular o grau de deterioração da família (Gdf) do elemento pela equação 2.

$$Gdf = \left[\sum_{i-1}^{n} \frac{[Gde\,(i)]}{n}\right]$$ (Equação 2)

Sendo assim a equação 3 fornece o nível de deterioração da estrutura

$$\boldsymbol{Gd = (\sum_{i=1}^{k} Fr(i).Gdf(i))/\sum_{i=1}^{k} Fr(i)}$$ (Equação 3)

O tabela 3 classifica as medidas a serem adotadas de acordo com o valor do grau de deterioração da estrutura como um todo(Gd) classificando em baixo, médio, alto e limite.

Tabela 3 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura

Nível de deterioração	GD	MEDIDAS A SEREM ADOTADAS
Baixo	0 a 15	Estado aceitável
Médio	15 a 40	Observação periódica, e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	40 a 60	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção em curto prazo
Limite	> 60	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Fonte: Castro (1994).

Assim, o método de Castro (1994), foi um norteador dos parâmetros metodológicos desse estudo de caso, facilitando o encaminhamento científico e o alcance real dos objetivos propostos, bem como a resposta do problema de investigação.

3. RESULTADOS

Os resultados encontrados no que cerne o grau de deterioração da ponte sobre o rio Tocantins foram: trincas, fissuras e remendos incompatíveis com o material da estrutura da ponte.

Os remendos foram executados com material asfáltico flexível e são provenientes dos buracos que existia no tabuleiro. A tabela 4 representa a quantidade de remendos, fissuras e o comprimento de cada trecho do tabuleiro que foi dividido em (19) dezenove trechos.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Tabela 4 - Número de remendos, fissuras, trincas e comprimento de cada trecho do tabuleiro

PONTE SOBRE RIO TOCANTINS PORTO NACIONAL

TRECHO	VÃOS ENTRE AS JUNTAS	N° DE REMENDOS	N°. DE FISSURAS E TRINCAS	COMPRIMENTO (M)
1	20 E 19	0	3	29,9
2	19 E 18	0	10	57,8
3	18 E 17	0	9	40
4	17 E 16	10	21	57,8
5	16 E 15	6	12	40
6	15 E 14	9	20	57,8
7	14 E 13	7	14	40
8	13 E 12	6	20	57,8
9	12 E 11	9	21	40
10	11 E 10	15	31	57,8
11	10 E 09	14	17	40
12	09 E 08	14	25	57,8
13	08 E 07	8	26	40
14	07 E 06	20	36	57,8
15	06 E 05	12	16	40
16	05 E 04	7	19	57,8
17	04 a 03	8	13	40
18	03 a 02	11	25	57,8
19	02 a 01	4	12	29,9
	SOMA	160	350	900

Fonte: GUILHERME, G.S (2015).

Foi possível calcular o grau de deterioração do elemento (Gde) pela equação 1, o grau de deterioração da família (Gdf) pela equação 2 e então determinar o Grau de deterioração da estrutura (Gd) pela equação 3. Assim feito e representado na tabela 5

Tabela 5 - Classificação dos trechos do tabuleiro

Tabuleiro				
Trecho	Gde	Nível de Deterioração	Fr	Fr x Gde
1	4	Baixo	4	16
2	8	Baixo	4	32
3	4	Baixo	4	16
4	40	Médio	4	160
5	8	Baixo	4	32
6	40	Médio	4	160
7	8	Baixo	4	32
8	40	Médio	4	160
9	40	Médio	4	160
10	40	Médio	4	400
11	8	Baixo	4	32
12	40	Médio	4	160
13	40	Médio	4	160
14	40	Médio	4	400
15	8	Baixo	4	32
16	8	Baixo	4	32
17	8	Baixo	4	32
18	40	Médio	4	160
19	40	Médio	4	160
Soma	584		76	2336
Gdf	**30,73684**		**Gd**	**30,73684**

Fonte: GUILHERME, G.S. (2015).

O grau de deterioração da estrutura do tabuleiro foi de 30,736. Nesse sentido, a estrutura está em um nível de deterioração médio e a medida a ser adotada é observação periódica e a necessidade de intervenção em médio prazo. Os trechos mais críticos foram trecho 12 e 18 com nível de deterioração médio, com a necessidade de observação periódica e intervenção a médio prazo. E os trechos 10 e 14 possui o nível de deterioração crítico com ações a serem adotadas intervenção imediata para estabelecer funcionalidade e segurança.

De acordo com a figura 2 os pilares foram nomeados em (9) nove trechos, de P1 a P9. Assim, foi possível encontrar o valor de ponderação, a partir das patologias identificadas *in loco* como desagregação, sinais de esmagamento, cobrimento deficiente, fissuras e carbonatação, aplicando os valores da tabela 6

Tabela 6- Valor de ponderação.

PILAR 1	
Local	
Danos	***Fp***
Desvio de geometria	8
Recalque	10
Infiltração na base	6
Segregação	6
Eflorescência	5
Esfoliação	8
Desagregação	7
Sinais de esmagamento	10
Cobrimento deficiente	6
Mancha de corrosão	7
Fissuras	10
Carbonatação	7
Presença de cloretos	10
Manchas	5

Fonte: GUILHERME, G.S (2015).

Foi calculado o Grau de Deterioração do elemento (Gde) pela equação 1 e grau de deterioração da família pela equação 2 e representado os resultados na tabela 7.

Tabela 7 - Valor grau de deterioração do elemento e da família

Pilar	Gde
P1	43,8
P2	43,8
P3	44,7
P4	49,5
P5	44,7
P6	49,5
P7	43,5
P8	44,7
P9	44,7
Gdf	**45,42**

Fonte: GUILHERME, G.S. (2015).

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

De acordo com a equação 3, o valor do grau de deterioração de família (Gdf) é de 45,42. Nesse contexto, a tabela 3 classifica esse valor de Gdf em nível de deterioração alto, indicando que as ações a serem tomadas para os pilares, são observações periódicas minuciosas e intervenções a curto prazo sobre a estrutura em análise.

4. CONCLUSÃO

Pode–se afirmar que, foram evidenciadas fissuras e trincas em cada pilar da ponte sobre o rio Tocantins, a maioria provocadas pela reação álcali-agregado ou a própria retração do concreto. A falta de manutenção faz com que essas fissuras e trincas aumentem provocando outras patologias, como a corrosão da armadura, segregação do concreto, esfoliação e entre outros.

Foram observadas algumas manutenções superficiais no tabuleiro, porém foi utilizado pavimento flexível onde deveria ser o mesmo material do tabuleiro, o concreto. A alteração do material causa descontinuidade na linha de rodagem da estrutura, apresentando um desconforto para os usuários, aumento das aberturas e impactos nas suspensões dos veículos que aplicam as forças dinâmicas no tabuleiro.

Nesse sentindo, a hipótese afirmada na introdução desse estudo de caso, foi negada, pois o fator preponderante para a alto nível de deterioração da ponte, foram as patologias geradas pela reação álcalis-agregados, a carbonatação dos elementos e a falta de manutenção ao decorrer do tempo. Em inspeção visual no tabuleiro foi percebida a necessidade da manutenção de forma correta com reparos dos buracos. Essas aberturas são provocadas devido o esmagamento do concreto mais concentradas nas juntas de dilatação do tabuleiro.

Destarte, recomenda-se iniciar uma intervenção a curto prazo para não aumentar a quantidade de patologias e perder sua capacidade e o comprometimento da segurança da estrutura.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários. - Rio de Janeiro, 2010. 159 p

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Manual de inspeção de pontes rodoviárias, 2. ed. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviárias, Rio de Janeiro, 2004.

CASTRO, E K (1994) – "Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado", Dissetação de mestrado, Universidade de Brasília, DF, 185p, dezembro.

KLEIN, D. et al. "Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte", XXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, Anais, (1991).

LEMOS, K. B. Q. **Manutenção e Reabilitação de Túneis.** Universidade de Brasília Dissertação (Mestrado). Brasília, 2005.

MEHTA et al. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. Tradução de Paulo Helene et al. 1 ed. São Paulo, PINI, 1994.

MENDES, L. C. Pontes. Niterói, EDUFF, 2003.

RILEM (Reunião Internacional dos Laboratórios de Ensaios de Materiais de Construção) "Technical Committee - Damage Classification of Concrete Structures", Materias and Structures, Ed Champman & Hall, Vol. 24, nº 142, 1991.