CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.214
ISBN 978-65-86819-05-2

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DNIT E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS NA INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DA PONTE SOBRE O RIO TESTO

NUNES, TAISSON
Engenheio Civil
Lumma Construtora
SC; Brasil
taissoncoelho@gmail.com

LIVI, CAROLINA NODA
Professora
Faculdade Unisociesc
SC; Brasil
carolina.livi@unisociesc.com.br

RESUMO

A inspeção e avaliação de manifestações patológicas em pontes é tema de grande relevância no contexto atual da engenharia, considerando-se o envelhecimento das estruturas e a necessidade de conservá-las. Sendo assim, o presente artigo apresenta os principais resultados obtidos no Trabalho de Conclusão de Curso do autor principal. Teve como objeto de estudo a avaliação das condições estruturais da onte sobre o Rio Testo, localizado em Santa Catarina. Foi aplicada a metodologia sugerida pelo DNIT, em seu documento DNIT 010:2004, combinado com ensaios não destrutivos, anamnese e relatório fotográfico. Os principais resultados encontrados foram a constatação de cobrimeto insuficiente, a não existência de íons de cloretos livres, a exclusão da corrosão por carbonatação e a corrosão eletroquímica da armadura, evidenciando a nessidade emergencial de reforço da estrutura. Conclui-se que o método aplicado é eficaz para detectar as manifestações patológicas e, em conjunto com a normativa do DNIT, definir a nota técnica final, baseando a tomada de decisão quanto à necessidade de recuperação da estrutura.
Palavras-chave: durabilidade, inspeção, corrosão, pontes.

ABSTRACT

Inspection and evaluation of pathological manifestations in bridges is a relevant subject in the current engineering context, considering the aging of the structures and the need to conserve them. Therefore, this article presents the main results obtained in the Course Conclusion Paper of the main author. It was evaluated the structural conditions of the Testo River's Bridge, located in Santa Catarina. The DNIT methodology was applied in its document DNIT 010: 2004, combined with nondestructive tests, anamnesis and photographic report. The main results found were the observation of insufficient concrete cover, the absence of free chloride ions, the exclusion of corrosion by carbonation and the electrochemical corrosion of the reinforcement, evidencing the emergency need for reinforcement of the structure. It is concluded that the applied method is effective to detect the pathological manifestations to define the final technical note, basing the decision making on the need for structure recovery.
Keywords: durability, inspection, corrosion, bridges.

1. INTRODUÇÃO

Pontes são obras de arte especiais, construídas para transpor obstáculos à continuidade de uma via de comunicação, cumprindo requisitos básicos de funcionalidade, segurança, durabilidade, estética e economia. Destes, destaca-se a funcionalidade, entendida como o atendimento às exigências de tráfego e vazão de veículos, enquanto segurança é garantida pelo uso correto de materiais capazes de suportar as tensões de projeto. Ambos são requisitos fundamentais para um correto dimensionamento e projeto (MARCHETTI 2008).

Além do projeto, é importante o correto acompanhamento de pontes, cuja negligência de vistorias e estudos de manifestações patológicas pode ser catastrófico. Um exemplo emblemático foi o desabamento do viaduto no Eixo Sul, em Brasília, no dia 06 de fevereiro de 2018. Este, e tantos outros, que ocorrem constantemente acionam um alerta para o tema da manutenção.

ISBN 978-65-86819-05-2

Algumas diretrizes podem ser adotadas, portanto, para inspeção das estruturas de concreto armado e obras de arte especiais. A inspeção de uma estrutura compreende uma série de etapas que incluem inspeção visual, ensaios tecnológicos, anamnese e uma boa pesquisa bibliográfica. Os resultados desta etapa são analisados para que se estabeleça uma definição de conduta a ser aplicada que pode indicar desde o tratamento (para recuperação ou reforço estrutural) até a demolição da estrutura (quando o desempenho é insastifatório) (TOMAZELI e HELENE 2017).

A inspeção de pontes e viadutos em concreto armado e protendido tem seu procedimento descrito no documento DNIT 010/2014-PRO. É necessária uma inspeção sistemática e organizada, de modo a garantir a averigação de todo elemento estrutural, a partir de fichas adequadas e a composição de um banco de dados de imagens adequado, com um mínimo de seis fotos que registrem vista superior, inferior, lateriais, detalhes de apoios, articulações, juntas, entre outros elementos. Deve-se efetuar a limpeza de determinados pontos para verificar a presença de trincas, corrosões ou defeitos encobertos. Se possível, recomenda-se analisar a estrutura durante a passagem de um veículo de carga pesada para detectar a presença de deformações excessivas (DNIT 2004).

Além desta, menciona-se a NBR 9452:2019, que determina critérios similares quanto à descrição de anomalias, elaboração de parecer técnico, resumo da análise estrutural e proposição de terapias. Assemelha-se, também, pela atribuição de notas para as OAEs (Obras de Arte Especiais). Difere-se, porém, por exigir melhor detalhamento das características da ponte como comprimento total, pilares, vigas, juntas de dilatação; bem como atribui uma pontuação de classificação não apenas para o âmbito estrutural. Ao contrário, inclui pontuação para avaliação da durabilidade e funcionalidade (CRUZ, et al. 2017).

Neste contexto, o presente artigo pretende avaliar a condição da ponte sobre o Rio do Testo, localizado em Blumenau, em relação à superestrutura e mesoestrutura construídas em concreto armado, quanto à necessidade de manutenção ou reabilitação. Para tanto, utiliza a metodologia proposta pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) no PROARTE (Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas), que se propõem a mapear as rodovias federais e suas obras de artes especiais em diferentes estados, como Santa Catarina e Paraná.

Juntamente com a metodologia DNIT, combinam-se ensaios não destrutivos como Esclerometria, Detectação Eletromagnética de Armaduras, Permeabilidade a Cloretos e Profundidade de Carbonatação; para permitir um diagnóstico de manifestações patológicas da ponte em questão, bem como idenificar o nível de segurança e durabilidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho teve como objeto de estudo a ponte em concreto armado sobre o Rio do Testo, localizado em Blumenau (SC). A avaliação das condições de segurança quanto à superestrutura, mesoestrutura e infraestrtura foi necessária para identificar a necessidade de manutenção ou reabilitação. Para tanto foram aplicadas as fichas de inspeção do DNIT 010:2014 – PRO e ensaios não destrutivos como a esclerometria, pacometria, permeabilidade a cloretos, carbonatação e potencial de corrosão, realizados em parceria com a empresa Qualify.

A esclerometria é um ensaio descrito pela NBR 7584, atualmente em revisão. Tem a finalidade de medir a dureza superficial do concreto, para avaliar a homogeneidade do concreto endurecido dos pilares. Foi utilizado um esclerômetro de impacto Schmidt – Modelo N, da Solocap. Inicialmente, o equipamento foi aferido; as superfícies ensaiadas devidamente limpas e definiu-se a malha de ensaio, na qual foram impostos 16 impactos em cada área de análise. Para obtenção do Índice Esclerométrico Médio Efetivo (IE_a), utilizou-se o fato de correção (k) de 1,027, multiplicando o valor de Índice Esclerométrico Médio (IE) obtido do ensaio.

A pacometria, ou ensaio de detecção eletromagnética de armadura, é um ensaio de fácil realização e identificação dos resultados, com a utilização de um scanner, com o qual é possível localizar as barras de aço, estimar a espessura do cobrimento e do distanciamento entre as barras. O equipamento utilizado foi o Wallscanner d-tect 150 professional, da Bosch. Foi utilizado para verificar a disposição da armadura e cobrimento nas transversinas.

A permeabilidade a cloretos determinada in loco é um método colorimétrico que permite avaliar a presença de íons cloretos livres no interior do concreto, a partir da aspersão de solução de nitrato de prata em concentração de 0,1 N, na superfície recém-fraturada do cocnreto. Quando presentes, observa-se a formação de precipitados brancos. A aplicação foi realizada na longarina após a retirada de uma amostra com auxílio de marreta e talhadeira.

ISBN 978-65-86819-05-2

A profundidade de carbonatação é determinada a partir da aspersão de fenolftaleína diluída em meio alcólico a 0,1% na superfície recém fraturada das transversinas. Assim como o anterior, tem-se um método colorimétrico, porém objetiva verificar a perda de alcalinidade dentro dos poroso do concreto, detectável visualmente pela coloração típica, para mudanças de pH entre 8 e 11.

3. RESULTADOS

Em consulta ao SGO (Sistema de Gerenciamento de Obras de Artes Especiais) do DNIT, foi possível caracterizar o objeto de estudo. A ponte apresenta uma extensão de 86 m e largura de 13,8m. Sua estrutura é em viga de concreto armado e recebeu última vistoria em 13/11/2015, na qual obteve uma nota igual a 2 (em uma escala de 1 a 5). A ponte foi construída no início da década de 1970.

Está localizada em uma área urbana, cuja classe de agressividade ambiental, segundo a NBR 6118:2014 é II. Portanto, apresenta moderada agressividade com pequeno risco e deterioração da estrutura.

Evidenciou-se, em visita à obra, que a localização, presença de umidade constante, períodos prolongados de chuvas na região, altas do rio e o modelo de construção da época influenciaram a durabilidade do concreto e favoreceram o aparecimento de manifestações patológicas, com destaque para corrosão.

3.1 Inspeção DNIT

A inspeção levou em conta os aspectos listados na norma DNIT 010/2004-PRO, que conta com instruções para atribuição de notas na avaliação de elementos de pontes com função estrutural. Na Figura 1 apresenta-se o detalhamento de notas técnicas parciais (referente aos elementos laje, vigamento principal, mesoestrutura, infraestrutura e pista/acesso) bem como a nota técnica final, que é a menor nota encontrada na vistoria. Tem-se, portanto, uma ponte com alto risco de comprometimento, em função de danos encontrados no vigamento principal que se encontra em estado crítico havendo risco tangível de colapso da estrutura.

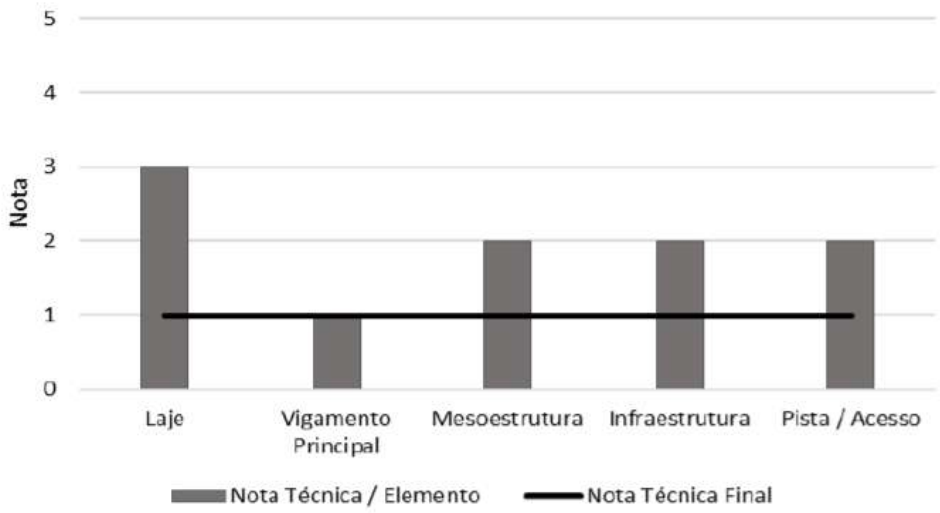

Figura 1 : Comparativo de notas entre elementos inspecionados da estrutura.

A mesoestrutura, infraestrutura e pista de acesso apresentaram nota 2, o que significa que há danos gerando insuficiência estrutural, porém sem risco tangível de colapso. Na laje a nota técnica foi 3, o que permite afirmar que embora existam danos relacionados à corrosão, desagregação do concreto e falta de cobrimento, não há sinais de comprometimento da ponte.

Como análise resultante foi atribuída à nota técnica final mais baixa (valor 1). Tem-se que a ponte está em condição precária em termos de estabilidade, sendo crítica a necessidade de reforço estrutural. Algumas das medidas prévias indicadas são a restrição de carga na ponte, escoramentos provisórios, instrumentação com leitura contínua de deslocamentos e deformações.

ISBN 978-65-86819-05-2

3.2 Dureza superficial

A medição da dureza superficial é obtida a partir do ensaio de esclerometria e foi realizada em quatro pilares nomeados P5, P6, P11 e P12 (Figura 2). Os resultados são apresentados na Figura 3, incluindo os valores de Índice Esclerométrico Médio (IE) e o Índice Esclerométrico Médio Efetivo (IE_{α}). Os valores de índice esclerométrico foram superiores a 40 MPa e percebe-se uma homogeneidade dos resultados de P6 e P12; além de P5 e P11.



(a) (b) (c) (d)

Figura 2 : Leitura de esclerometria nos pilares (a) P5, (b) P6, (c) P11, (d) P12.

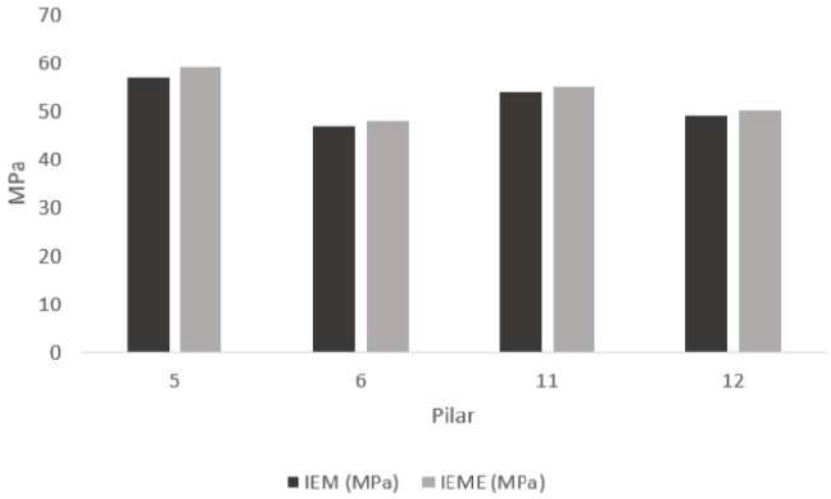

Figura 3: Resultado do ensaio de esclerometria nos pilares.

3.3 Detecção eletromagnética de armaduras

A detecção da presença de armaduras por pacometria apresentou valores de cobrimento de 17 mm para a transversina 18, enquanto para a transversina 2 foi praticamente nulo. Tais medidas corroboram com o constatado visualmente em diferentes pontos da ponte, como a transversina, longarina e encontro do pilar com a longarina (Figura 4).

Interessante mencionar que o cobrimento de 17 mm está compatível com o previsto na NB1-1960, que foi a norma de dimensionamento de estruturas de concreto armado vigente à época da construção. Tal norma permitia cobrimentos entre 10 e 20 mm, independente da classe de agressividade. Porém, tal valor não é aceito para a realidade atual, uma vez que, a NBR 6118:2018 apresenta valores nominais mínimos, considerando a agressividade moderada do meio, de 25 mm para lajes e 30 mm para demais elementos.

ISBN 978-65-86819-05-2



(a) (b) (c)

Figura 4: Falta de cobrimento de armadura (a) na transversina (b) longarina (c) encontro do pilar com a longarina.

3.4 Permeabilidade a cloretos

A permeabilidade a cloretos foi avaliada em longarina e transversina. Após aspersão com solução de nitrato de prata com concentração de 0,1 N, e medição de profundidade com paquímetro, verificou-se que nos pontos avaliados não há sinais de cloretos livres que justifiquem a ocorrência de corrosão por ataque de cloretos.



(a) (b)

Figura 5: Aspersão de nitratato em (a) Longarina e (b) Transversina.

Tendo em vista que não é uma região próxima ao litoral, os resultados são coerentes e indicam uma corrosão provocada por outros mecanismos.

3.5 Profundidade de carbonatação

Como resultado do ensaio com aplicação de fenolftaleína, tem-se valores nulos de profundidade de carbonatação. Contudo, deve-se esclarecer que este resultado não exclui o fato de despassivação iminente da armadura. Assim como no ensaio anterior de permeabilidade a cloretos, este resultado indica que a corrosão detectada visualmente, pode possuir origens que não a redução do pH por ação de cloretos livres ou monóxido de carbono, nas regiões avaliadas.

É válido lembrar que a corrosão é uma deterioração cuja origem está em um mecanismo químico ou eletroquímico, que pode estar aliado ou não a esforços mecânicos. Nas obras civis, o mais comum é a corrosão eletroquímica provocada pela circulação de íons em uma sequência de oxidação e redução formando uma pila eletroquímica, devido à presença de diferença de potencial elétrico entre o eletrólito presente nos poros do concreto e o oxigênio. Diferentes condições de exposição e métodos podem conduzir resultados dissonantes (MEIRA 2017).

ISBN 978-65-86819-05-2

3.6 Registro fotográfico

Foi realizado o registro fotográfico de diferentes pontos da ponte, para demonstrar que em praticamente todos os elementos estruturais apresentam cobrimento baixo ou inexistente, associados à problemas de concretagem (Figura 6), além de fissuras (Figura 7), Figura 6manchas de exposição ao fogo devido à presença de moradores clandestinos (Figura 8), infiltrações nas juntas de dilação (Figura 9), drenos obstruídos e infiltrações nas cabeceiras (Figura 10).
.



Figura 6 : Falhas de concretagem e cobrimento nulo.



Figura 7 - Fissuras diversas em longarina.



Figura 8: Manchas de fogo.

ISBN 978-65-86819-05-2



Figura 9: Problemas de infiltração em junta de dilatação.



(a) (b)

Figura 10: Umidade (a) dreno obstruído; (b) infiltração em cabeceira.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou resultados parciais obtidos de uma inspeção preliminar à ponte sobre o Rio do Testo, em Blumenau, SC. Foram aplicadas as fichas de inspeção do DNIT 010:2004, além de anamnese e ensaios de verificação da homogeneidade do concreto, presença de armadura, e agentes agressivos que provoquem a despassivação e corrosão das armaduras.

Através das referidas fichas, percebe-se que o objeto de estudo em questão apresenta pontos críticos que merecem atenção, devido ao risco de colapso. A inspeção visual permitiu observar diferentes pontos de corrosão e a necessidade de ensaios de verificação da presença de cloretos ou frentes de carbonatação.

Uma vez que as medidas realizadas não confirmam a presença destes agentes agressivos, a análise crítica do cenário permite atribuir os sintomas de corrosão à problemas executivos como a deficiência do cobrimento, presença de umidade seja em drenos entupidos, juntas de dilatação e encontros de cabeceira. Contudo, é relevante a realização de ensaios mais precisos para confirmação da hipótese.

Por fim, este trabalho permitiu visualizar a importância de aplicar métodos já estabelecidos para inspecionar estruturas como pontes. As fichas já validadas do DNIT, combinados com os ensaios realizados, demonstraram a condição de durabilidade e a necessidade de intervenção iminente.

ISBN 978-65-86819-05-2

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Empresa Qualify e os Engenheiros Adriano Damásio e João Roberto Mendes, por todo ensinamento e suporte dado durante a realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma ABNT NBR 9452 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2019.

_____. **Norma ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

_____. **Norma ABNT NBR 7584 – Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.

CRUZ, Rafael Barreo Castelo da, Flávio Aguiar da SILVA, Pamella Leal CAVALCANTE, Rodrigo Raeder Martins

DNIT. **Norma DNIT 010/2004 - PRO: Inspeção de pontes e viadutos de concreto armado e protendido: Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de Concreto Armado**. São Paulo: Blucher, 2008.

MEIRA, Gibson Rocha. **Corrosão de armaduras em estruturas de concreto: Fundamentos, Diagnóstico e Prevenção.** João Pessoa: IFPB, 2017.

TOMAZELI, Alexandre, e Paulo HELENE. **Inspeção em estruturas de obras paralisadas.** Revista Estrutura, 4 ed.: 30-37, 2017