AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE DAS PONTES DAS RODOVIAS BR-101/PE E BR-232/PE

C. GOMES
Eng.Civil
UFPE/PPGEC
Recife/Pernambuco; Brasil
claytonjgsilva@gmail.com

E. MONTEIRO
Eng. Civil
UPE
Recife/Pernambuco; Brasil
eliana@poli.br

A. VITÓRIO
Eng. Civil
UPE
Recife/Pernambuco; Brasil
afonsovitorio@gmail.com

A. CARNEIRO
Eng.Civil
UFPE/ PPGEC
Recife/Pernambuco; Brasil
ampc@ufpe.br

R. ALMEIDA
Eng. Civil
UNICAP
Recife/Pernambuco; Brasil
romildealmeida@gmail.com

E. ROCHA
Eng. Civil
ESUDA
Recife/Pernambuco; Brasil
eu_des@hotmail.com

RESUMO

As rodovias federais BR-101 e BR-232 possuem papel importante no desenvolvimento do Estado de Pernambuco. A localização estratégica proporciona diariamente a ambas a quantidade média (VMD) de aproximadamente 80.000 veículos. Por terem sido construídas nos anos 40 e 70, respectivamente, estão sofrendo as consequências do aumento elevado do tráfego relacionado às cargas e ao porte dos veículos, com repercussão nas Obras de Arte Especiais (OAE) que estão recebendo esforços nas suas estruturas, não previstos à época das suas concepções. Esse problema ainda é agravado pela inexistência de políticas e estratégias públicas voltadas para manutenção preventiva, o que contribui para acelerar o surgimento de anomalias, que muitas vezes apenas são corrigidas apenas quando a estrutura se encontra em situações limites de funcionalidade e de estabilidade. Dessa forma, este artigo visa analisar as condições de estabilidade das pontes dessas rodovias, através de vistorias para identificação dos parâmetros que interferem na segurança estrutural. Para embasar a análise, além do acesso ao banco de dados do DNIT (SGO), foram seguidos os preceitos da Norma DNIT 010/2004-PRO que permitiu indicar a condição de estabilidade. Os resultados obtidos possibilitaram identificar a situação atual das pontes analisadas, tendo sido observado que, embora construída posteriormente à BR-101/PE, a rodovia BR-232/PE apresentou maior quantidade de pontes classificadas como Obras Potencialmente Problemáticas (56%) relacionadas à sua amostra estudada.
Palavras-chave: Manifestações patológicas. Danos estruturais. Inspeções. Pontes.

ABSTRACT

The Federal highways BR-101 and BR-232 have important role in the development of the State of Pernambuco. The strategic location provides daily to both average amount (VMD) of approximately 80,000 vehycles. Because they were built in the 40s and 70s respectively, they are suffering the consequences of the high traffic increase related to the loads and the size of the vehicles, with repercussions on the Special Engineer Structures (SES) that are receiving efforts in their structures, not foreseen at the time of their conceptions. This problem is further amplified by the inexistence of public policies and strategies aimed at preventive maintenance, which accelerate the appearance of anomalies, which are often only corrected

when the structure is already in situations of limits of functionality and stability. Therefore, this paper aims to analyze the stability conditions of the bridges of these highways, through surveys to identify the parameters that interfere in structural safety. In order to base the analysis, in addition to access to the DNIT (SGO) database, the precepts of the DNIT 010/2004-PRO Standard were followed, which allowed to indicate the stability condition. The results obtained allowed to identify the current situation of the analyzed bridges. It was observed that, although built after BR-101 / PE, the BR-232 / PE highway had a greater number of bridges classified as Potentially Problematic Works (56%) in relation to the sample itself.
Keywords: Abstract. Pathologies manifestations. Strutural damages. Inspections. Bridges.

1. INTRODUÇÃO

Significativa quantidade de anomalias e de deficiências estruturais podem ser observadas nas Obras de Arte Especiais (OAE's) que compõem as rodovias federais brasileiras. Essa deterioração elevada pode ser decorrente da pouca, ou quase nenhuma, adoção de medidas preventivas, tais como, a realização de inspeções periódicas, do planejamento de manutenções preventivas, ou até mesmo a falta de controle da ascendente demanda do tráfego rodoviário, que está acrescentando a essas estruturas elevadas cargas não consideradas à época das suas concepções. Os aspectos anteriormente mencionados podem comprometer tanto a funcionalidade, quanto o atingimento do Estado Limite Útil das pontes e viadutos.

O Estado de Pernambuco contempla cerca de 600 pontes e viadutos nas rodovias federais, conforme informações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. A maioria dessas estruturas foram concebidas no periodo de 1960 a 1975, época de proeminentes investimentos financeiros (Cunha, 2011). O corte desses investimentos ao longo do tempo certamente contribuiu para a diminuição das ações de manutenções preventivas, e até corretivas, contribuindo significativamente para o estado de deterioração em que as obras atualmente se encontram.

Baseado no exposto, este trabalho averiguou as condições de estabilidade das pontes das rodovias federais BR101-/PE e BR-232/PE, bem como realizou uma análise comparativa entre os níveis de deterioração das OAE's dessas rodovias.

2. METODOLOGIA

O Estudo de Caso envolveu a verificação da condição de estabilidade das pontes e dos viadutos localizados nas rodovias federais BR-101/PE e BR-232/PE, com base em inspeções realizadas e em informações obtidas do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO) do DNIT que serviram de base para confirmação e/ou atualização das condições das obras que compõem a amostra estudada.

Como elemento balizador das vistorias, utilizou-se a Norma DNIT 010/2004 – PRO, a qual possui critérios de qualificação quanto à condição de estabilidade do conjunto estudado. O Quadro 1 apresenta a classificação das pontes por meio da atribuição de notas.

Os danos estruturais e as manifestações patológicas consideradas relevantes na amostra analisada também puderam ser diagnosticados.

Quadro 1 – Classificação das pontes por meio das notas atribuídas na vistoria

NOTA	DANOS NO ELEMENTO / INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇAO CORRETIVA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos nem insuficiência estrutural	Nada a fazer	Boa	Obra sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer; apenas serviços de manutenção	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há alguns danos gerando insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural da ponte, porém não há ainda, aparentemente, um risco tangível de colapso estrutural	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo	Sofrível	Obra problemática Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento de vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias são recomendáveis para monitorar os problemas
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural da ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) _ ou em alguns casos, substituição da obra - deve ser feita sem tardiar	Precária	Obra crítica Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações, etc

Fonte: DNIT (2004)

2.1 Pontes analisadas

O Quadro 2 apresenta as rodovias federais BR-101/PE e BR-232/PE com as respectivas quantidades totais de OAE's e as que foram pesquisadas.

Quadro 2 – Rodovias e OAE's analisadas

Rodovia	Quantidade total de OAE's	OAE's analisadas
BR-101/PE	117	115
BR-232/PE	80	64
Total	**197**	**179**

2.1.1 Manifestações patológicas e danos estruturais identificados nas pontes estudadas

A seguir, são apresentados alguns detalhes das tipologias construtivas investigadas nesse estudo (Figuras 1 a 4), bem como exemplos de manifestações patológicas e de danos estruturais existentes no conjunto estudado (Figuras 5 a 12).

Figura 1 – Vista longitudinal de ponte em viga



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Figura 2 – Vista longitudinal de ponte em arco inferior



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Figura 3 – Vista longitudinal de ponte pré-fabricada



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Figura 4 – Vista longitudinal de ponte com protensão externa



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Figura 5 – Forte processo corrosivo, gerando desplacamento do cobrimento na base do pilar



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Figura 6 – Eflorescências em longarina e transversina de ponte



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Figura 7 – Acentuada erosão em encontro de viaduto



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Figura 8 – Corrosão em longarina de bordo de ponte



Figura 9 – Ausência de trecho de guarda-corpo numa ponte



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Figura 10 – Dano estrutural em Barreira New Jersey



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Figura 11 – Presença de infiltrações decorrentes da ausência de drenos



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Figura 12 – Exposição de agregados na base do pilar decorrente de processo abrasivo



Fonte: SGO/DNIT (2015)

Os Quadros 3 e 4 hierarquizam as manifestações patológicas e os danos estruturais observados nas OAE's da BR-101/PE.

No Quadro 3, consta a incidência no conjunto analisado, tendo-se como predominância as infiltrações e eflorescências observadas em 105 OAE's, seguidas pelas juntas de dilatação (86 OAE's), desplacamento do cobrimento (superstrutura) em 44 OAE's e armaduras expostas e oxidadas (superestrutura) presentes em 43 pontes.

Quadro 3 – Predominância das manifestações patológicas na amostra da BR-101/PE

Manifestações Patológicas	Qtde
Infiltrações e eflorescências	105
Juntas de dilatação (danificada/inexistente/expelida)	86
Desplacamento do cobrimento (Superestrutura)	44
Armadura exposta e oxidada (Superestrutura)	43
Desplacamento do cobrimento (Mesoestrutura)	42
Armadura exposta e oxidada (Mesoestrutura)	41
Fissura (Encontros)	9
Fissuras (Superestrutura)	8
Desplacamento do cobrimento (Encontro)	7
Fissuras (Mesoestrutura)	5
Desplacamento do cobrimento (Infraestrutura)	3
Armadura exposta e oxidada (Infraestrutura)	3
Fissuras (Infraestrutura)	1

Quadro 4 – Predominância dos danos estruturais na amostra da BR-101/PE

Danos Estruturais	Qtde
Guarda-corpo danificado	21
Dreno danificado/inexistente	19
Ausência /deficiência do aparelho de apoio	15
Avarias nos encontros de alvenaria de pedras/concreto	11
Barreira New Jersey danificada	10
Erosão nas fundações	7
Ninhos de concretagem	1

O Quadro 4, mostra forte incidência de problemas relacionados às estruturas, tais como, guarda-corpo danificado em 21 OAE's, seguido por dreno danificado/inexistente (19 OAE's), ausência/deficiência nos aparelhos de apoio (15 OAE's) e avarias nos encontros de alvenaria de pedras/concreto (11 OAE's).

Por analogia, são apresentados os Quadros 5 e 6 que abordam as anomalias observadas nas OAE's da BR-232/PE.

Em relação às manifestações patológicas (Quadro 5), novamente as infiltrações e eflorescências foram as mais presentes, contemplando 61 OAE's, seguidas por desplacamento do cobrimento na superestrutura (54 OAE's), armaduras expostas e oxidadas na superestrutura (53 OAE's) e juntas de dilatação danificadas/inexistentes/expelidas, abrangendo 27 OAE's.

No que diz respeito aos danos estruturais, o Quadro 6 indica que os drenos danificados/inexistentes representam a maior incidência, seguidos pelas avarias nos encontros de alvenaria de pedras/concreto (17 OAE's), guarda-corpo danificado em 14 OAE's e ninhos de concretagem (9 OAE's).

Quadro 5 – Manifestações patológicas mais incidentes nas pontes da BR-232/PE

Manifestações patológicas	Qtde
Infiltrações e eflorescências	61
Desplacamento do cobrimento (Superestrutura)	54
Armadura exposta e oxidada (Superestrutura)	53
Juntas de dilatação (danificada/inexistente/expelida)	27
Fissura (Encontros)	8
Armadura exposta e oxidada (Mesoestrutura)	6
Desplacamento do cobrimento (Mesoestrutura)	5
Fissuras (Superestrutura)	4
Desplacamento do cobrimento (Encontro)	3
Desplacamento do cobrimento (Infraestrutura)	2
Armadura exposta e oxidada (Infraestrutura)	2
Fissuras (Mesoestrutura)	0
Fissuras (Infraestrutura)	0

Quadro 6 – Incidência dos danos estruturais nas pontes da BR-232/PE

Danos estruturais	Qtde
Dreno danificado/inexistente	36
Avarias nos encontros de alvenaria de pedras/concreto	17
Guarda-corpo danificado	14
Ninhos de concretagem	9
Ausência /deficiência do aparelho de apoio	6
Erosão nas fundações	1
Deslocamento do aparelho de apoio elastomérico	1
Desplacamento do cobrimento (Barreira New Jersey)	0
Barreira New Jersey danificada	0

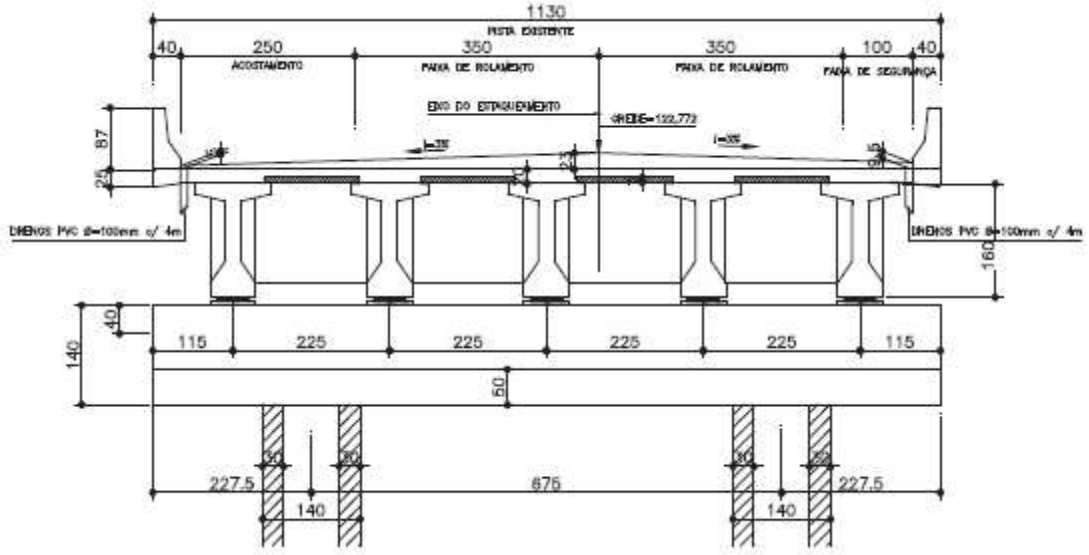
2.1.2 Condição de estabilidade das pontes e viadutos das rodovias estudadas

A condição de estabilidade das pontes e viadutos da amostra analisada foi baseada na metodologia da Norma DNIT 010/2004-PRO, a qual tem como principal função balizar as inspeções em viadutos e pontes de concreto armado e protendido das rodovias federais brasileiras. Esse instrumento normativo estabelece o intervalo de classificação que poderá imputado aos elementos estruturais constituintes da superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura. Essa nota técnica de qualificação poderá variar de 1 a 5, quando da execução das vistorias. Dessa forma, será possível indicar os danos existentes em cada elemento, bem como a condição de estabilidade e de segurança da ponte inspecionada.

O Quadro 7 mostra as condições de estabilidade estrutural das rodovias BR101-PE e BR-232/PE.

Na BR-101/PE, verificou-se que 32 Obras de Arte Especiais foram classificadas como Nota 5, equivalendo a 27,83% da amostra analisada e apenas 21 OAE's receberam Nota 4 (18,26%). Todavia, 60 OAE's qualificaram-se como obras potencialmente problemáticas (Nota 3), correspondendo a mais da metade das estruturas vistoriadas (52,17%). Em contrapartida, não houve nenhuma ponte com a Nota 2. As Obras de Arte Especiais com Nota 1 totalizaram duas.

Na BR-232/PE, foram identificadas apenas duas estruturas diagnosticadas com Nota 5. No que se refere às obras sem problemas importantes, foram identificadas dezesseis. As obras potencialmente problemáticas (Nota 3) perfizeram um total de 36 unidades, seguidas pelas de Nota 2 (10 OAE's). Não foram encontradas



E
Total
34
37
96
10
2
179

3. RESULTADOS DAS INSPEÇÕES

Os resultados das inspeções possibilitaram classificar as estruturas conforme o Quadro 7 exibido anteriormente. Uma observação mais atenta da análise mostra, como um dos pontos principais da pesquisa que do total geral das obras da amostra estudada 55,81% das pontes foram classificadas com Nota 3.

4. CONCLUSÕES

As pontes e viadutos das rodovias BR-101/PE e BR-232/PE fazem parte, sem dúvida, de corredores importantes para o deslocamento de veículos e e para o desenvolvimento do Estado de Pernambuco.

As manifestações patológicas de maior incidência nas OAE's em ambas as rodovias estudadas foram as infiltrações e eflorescências, totalizando 166 OAE'S, o que equivale a 92,74%. Essa deficiência sugere a necessidade de melhoria do sistema de drenagem do pavimento, bem como a instalação de novos drenos, uma vez que as deficiências de tais componentes podem ter sido responsável pelo surgimento de dessas anomalias nas estruturas. Outro fator que pode ter permitido a infiltração de águas pluvias e de agentes agressivos, que ocasionaram a presença de eflorescências, são as falhas das juntas de dilatação, que também se destacaram como elementos causadores de problemas patológicos.

Entre os problemas mais verificados nas estruturas analisadas, destacaram-se os drenos danificados/inexistentes que contribuíram diretamente para o aparecimento das infiltrações e eflorescências anteriormente mencionadas. Importante atenção deverá ser dada às avarias nos encontros de alvenaria de pedra/concreto ciclópico, uma vez que se fizeram presentes em 28 OAE's e são responsáveis por possíveis erosões nos aterros de acesso das pontes.

No que se refere à condição de estabilidade, observou-se que a amostra por rodovia indicou, para a BR-101/PE, 52,17% das obras com Nota 3. Na BR-232/PE, 56,25% das obras obtiveram esta mesma nota. No total geral, 53,63% das obras obtiveram a Nota 3 (obras potencialmente problemáticas). Esse resultado levou o DNIT a adotar recentemente providências necessárias, como a celebração de contratos para a recuperação, reforço e possível alargamento (se necessário) das estruturas que se classificaram com Notas 2 e 3. Essa ação se caracteriza como de grande importância, pelo fato de impedir a evolução das anomalias observadas nas inspeções e análises, além de garantir uma melhor funcionalidade propiciada pelo alargamento do tabuleiro.

Mesmo que a pesquisa tenha contemplado as pontes de apenas duas rodovias federais localizadas no Estado de Pernambuco, é possivel presumir que os resultados obtidos também representam um panorama similar ao encontrado nas OAE's do sistema rodoviário nacional, fato confirmado por alguns outros estudos já realizados por outros pesquisadores.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) por disponibilizar o acesso aos dados e às informações das pontes estudadas.

6. REFERÊNCIAS

CUNHA, A. A **Estudo das patologias em obras de arte especiais do tipo pontes e viadutos estruturados em concreto**. 152p. Projeto final de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Goiás, Goiânia, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Norma DNIT 010/2004 – PRO: inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – procedimento. 1.ed. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **Sistema de gerenciamento de obras de arte especiais - SGO.** Inspeção rotineira e dados cadastrais. Brasília, 2015. 1 CD-ROM.

_____. **Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários**. 1.ed. Rio de Janeiro, 2010.

MEYER, K. F. Passarelas e pontes para dutos. 2. ed. Belo Horizonte: RONA. 2011. 243p.

SILVA, C. J. G. **Uma amostra das condições estruturais e funcionais de pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco.** 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.

VITÓRIO, J. A. P. **Um estudo comparativo sobre métodos de alargamento de pontes rodoviárias de concreto armado, com a utilização das normas brasileiras e Eurocódigos**. 2013. 296p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Especialização em Estruturas) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto – FEUP, Porto, 2013.