

Análise dos danos estruturais e das condições de estabilidade de 100 pontes rodoviárias no Brasil

José Afonso Pereira Vitório
Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Brasil

Rui Manuel Meneses Carneiro de Barros
Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto

RESUMO: Este artigo baseia-se no resultado das inspeções realizadas em 100 pontes de oito rodovias federais brasileiras, cuja finalidade inicial foi identificar as manifestações patológicas e diagnosticar as condições de estabilidade estrutural para a elaboração de projetos de recuperação, reforço e alargamento, conforme cada caso.

A partir dos dados obtidos durante as inspeções, foi possível conhecer o estado de conservação de cada ponte, incluindo o mapeamento dos danos estruturais observados na superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura. Esses danos, quantificados e explicitados em quadros apropriados, possibilitaram uma análise das condições estruturais conforme os critérios adotados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, órgão responsável pelo projeto, execução e manutenção das pontes rodoviárias federais no Brasil.

O artigo apresenta, também, um resumo da classificação, entre cinco níveis de condições de estabilidade, do conjunto das obras analisadas, de modo a fornecer um panorama da atual situação das pontes típicas das rodovias brasileiras.

Finalmente, são feitas conclusões e recomendações voltadas para a melhoria da conservação das Obras de Arte Especiais que compõem a malha rodoviária do Brasil.

Palavras-chave: pontes, inspeção, conservação, estabilidade, estruturas.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil ainda não existe um conhecimento técnico-científico sistemático e aprofundado sobre a avaliação das condições de estabilidade estrutural das pontes rodoviárias existentes, em especial das mais antigas.

De modo geral, tal avaliação, quando necessária, é feita de acordo com as peculiaridades de cada situação que se apresenta e, também, conforme as experiências e conhecimentos dos engenheiros especializados em projetos e execução de pontes e viadutos.

Para a elaboração de projetos de recuperação, alargamento e reforço de pontes rodoviárias é de fundamental importância o conhecimento das condições de estabilidade das obras originais, de modo a permitir a melhor escolha possível dentre as premissas e os métodos que serão adotados para garantir as condições de segurança e funcionalidade após as intervenções.

Quando os projetos referem-se a pontes das rodovias federais é obrigatório o preenchimento de fichas de inspeção com a descrição de todos os danos estruturais existentes e a apresentação da avaliação das condições de estabilidade por meio das

notas técnicas estabelecidas pela norma DNIT 010/2004-PRO, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

Quando se tratam de projetos cujas pontes fazem parte das malhas rodoviárias estaduais e municipais, não existem, de modo geral, procedimentos diferentes para a realização de inspeções e avaliação, pois, a grande maioria dos órgãos rodoviários dos estados e municípios brasileiros segue as normas e procedimentos do DNIT.

Este artigo apresenta os resultados de pesquisa realizada pelo autor com base nas inspeções realizadas, entre os anos de 2010 e 2011, em 100 Obras de Arte Especiais, localizadas em oito rodovias federais da região Nordeste do Brasil.

A localização das pontes, bem como a distribuição das mesmas nas respectivas rodovias, estão indicadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Quantidade e distribuição das obras inspecionadas por rodovia.

Rodovia	Quantidade de obras inspecionadas
BR-343/PI	02
BR-402/PI	03
BR-316/PI	05
BR-230/PB	02
BR-408/PE	02
BR-428/PE	30
BR-232/PE	29
BR-116/BA	27
	100

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado com base nos dados obtidos das fichas de inspeção de cada ponte, conforme a norma DNIT 010/2004-PRO, na qual constam as informações relacionadas à época em que foi construída, às características geométricas, aos sistemas estruturais, às condições de conservação e aos danos estruturais, entre outros elementos necessários para avaliar as atuais condições do conjunto das obras estudadas.

Como é comum no Brasil, os projetos originais da maioria das obras inspecionadas, especialmente das mais antigas, não mais existem nos arquivos dos órgãos que as construíram décadas atrás. Diante disso, a idade das pontes foi presumida por meio das características da seção transversal do tabuleiro, considerando a evolução do gabarito transversal desde 1940 até a data atual, conforme informações do Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias do DNIT. Das 100 pontes avaliadas, foram obtidos os projetos de apenas 29 delas.

Uma outra forma de obter a idade das obras cujos projetos não mais existem, foi buscando informações disponíveis em placas de inauguração, depoimento de moradores das proximidades e observando as tipologias estruturais que caracterizaram as épocas em que foram construídas.

O Quadro 2 mostra a classificação das 100 obras de acordo com os respectivos períodos em que foram construídas.

Quadro 2 – Classificação das obras pelo período de construção.

Período	Quantidade de obras
1940 a 1960	27
1960 a 1975	40
1975 a 1985	2
1985 a 2000	2
2000 em diante	29

O estudo também contemplou a classificação das obras conforme as tipologias estruturais do tabuleiro e das fundações, que estão indicadas nas Figuras 1 e 2. Observa-se que o sistema estrutural predominante é o tabuleiro em vigas de concreto armado (40%) seguido do tabuleiro em laje maciça de concreto armado (29%) que era muito utilizado nas pontes com até 15m de vão. O tabuleiro em concreto protendido (24%) foi observado nas pontes mais recentes. Também foram identificados 7% de tabuleiros tipo caixão celular.

Nas fundações observou-se uma grande incidência de sapatas de concreto armado para os pilares. Para os encontros, a fundação predominante foi de alvenaria de pedras. As fundações em tubulões foram observadas nas pontes maiores. Em nenhuma das pontes inspeccionadas foi possível identificar fundações em estacas.

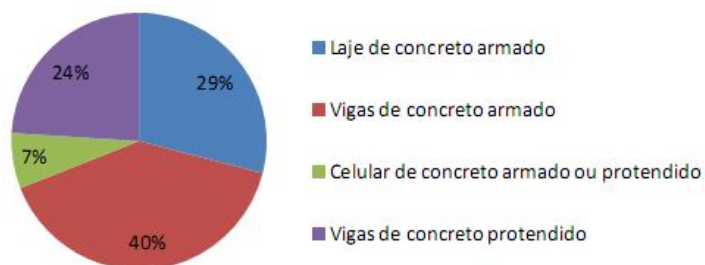


Figura 1. Quantidade de obras por tipo de tabuleiro.

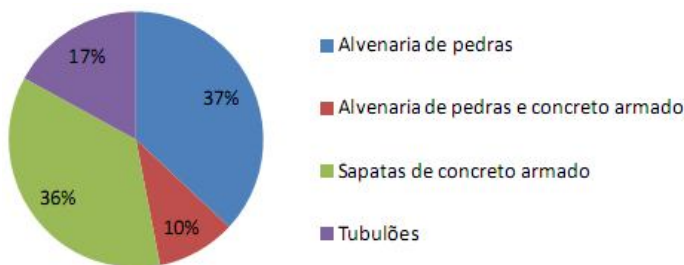


Figura 2. Quantidade de obras por tipo de fundação.

3 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS DANOS ESTRUTURAIS

Para efetuar a avaliação de cada obra isoladamente, bem como o seu enquadramento nas condições de estabilidade, foram analisados detalhadamente os principais danos existentes na estrutura, de modo a classificá-la conforme as notas previstas pela norma do DNIT. A incidência de tais danos no universo das obras pesquisadas está ilustrada na Figura 3.

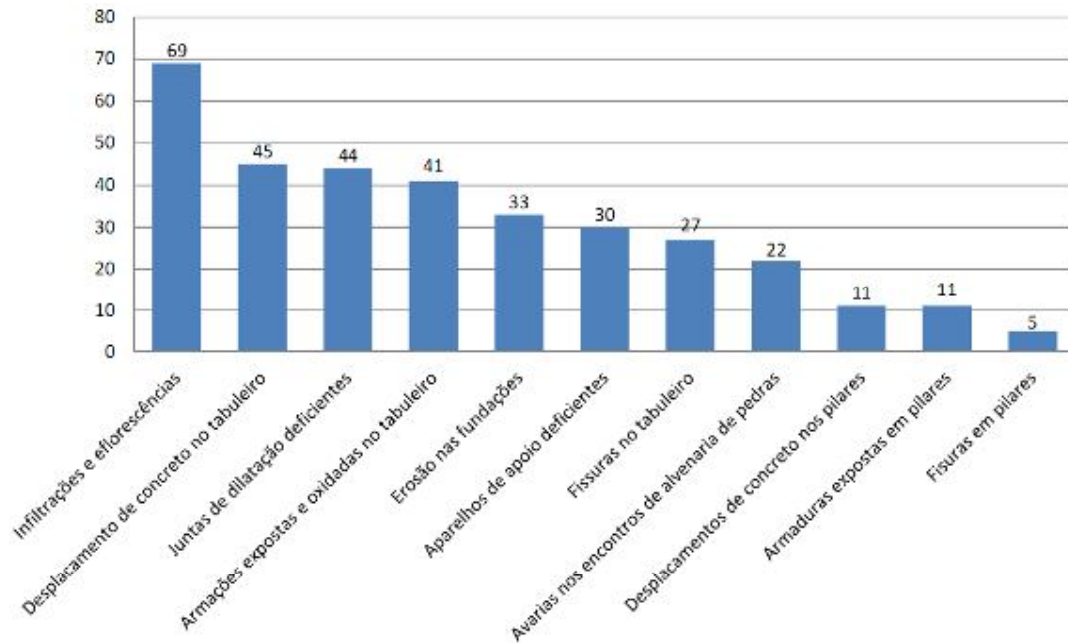


Figura 3. Incidência dos principais danos estruturais nas 100 pontes pesquisadas.

Nas Figuras 4 a 13 estão ilustradas algumas das manifestações patológicas que foram identificadas durante as vistorias.



Figura 4. Grande deterioração estrutural do tabuleiro, com exposição e oxidação das armaduras das vigas.



Figura 5. Destruição do concreto, com exposição e oxidação das armaduras do tabuleiro em laje.



Figura 6. Degradação e abertura excessiva da junta de dilatação.



Figura 7. Avançado estado de deterioração dos aparelhos de apoio.

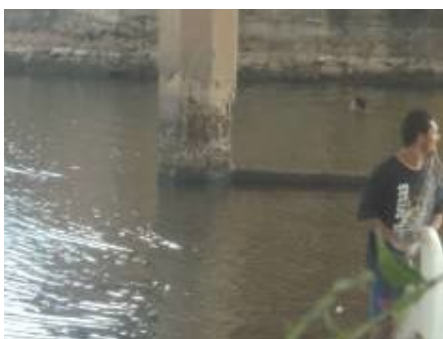


Figura 8. Degradação do concreto e severa corrosão de armaduras do pilar no trecho de variação do nível da água do rio.



Figura 9. Infiltrações generalizadas nos encontros e no tabuleiro, além de erosão no leito do rio.



Figura 10. Deformações, desagregação e erosão em encontro de alvenaria de pedras.



Figura 11. Dente Gerber com exposição de armaduras e avançado estado de degradação do concreto, com implicações de risco estrutural.



Figura 12. Fissura transversal na face inferior do caixão celular, além de manchas de umidade e eflorações causadas pelas constantes infiltrações no tabuleiro.



Figura 13. Manchas no concreto provocadas por infiltrações e umidade no tabuleiro, situação representativa de 69 pontes analisadas.

4 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE

As condições de estabilidade de cada Obra de Arte Especial foram analisadas com base na norma DNIT 010/2004-PRO (2004), que fixa os procedimentos para a realização de inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido das rodovias federais do Brasil. Tal norma estabelece que durante a realização das inspeções devem ser atribuídas aos principais elementos da superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura uma nota técnica de avaliação, variável de 1 a 5, a qual refletirá a maior ou menor gravidade dos problemas existentes em cada elemento, de modo a estabelecer uma avaliação preliminar das condições de segurança da ponte. Cada nota é relacionada com a categoria dos problemas existentes no elemento estrutural, conforme o Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 – Correlações entre as notas atribuídas e a categoria dos problemas estruturais detectados nas inspeções. (Fonte: DNIT, 2004).

NOTA	DANOS NO ELEMENTO / INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO 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 danos gerando alguma 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 estrutural.
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural na 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 da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias ¹ são recomendáveis para monitorar os problemas.
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na 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 tardar.	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.

4.1 Classificação das condições de estabilidade

A quantificação das pontes conforme a classificação das condições de estabilidade estrutural no universo analisado, está indicada na Figura 14. As condições de estabilidade foram também avaliadas de acordo com o período de construção de cada obra, conforme os dados constantes do Quadro 4.

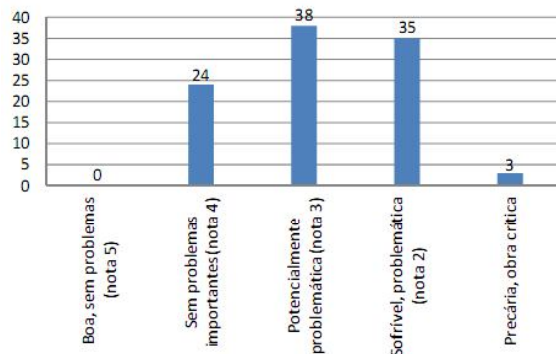


Figura 14. Quantidade de obras conforme as condições de estabilidade estrutural.

Quadro 4 – Condições de estabilidade de acordo com o período de construção.

Período	Nota (Condição de estabilidade)				
	Nota 5 (Boa)	Nota 4 (Sem problemas importantes)	Nota 3 (Potencialmente problemática)	Nota 2 (Sofrível)	Nota 1 (Precária)
1940 a 1960	----	----	8	17	1
1960 a 1975	----	----	22	18	2
1975 a 1985	----	----	1	----	----
1985 a 2000	----	1	1	----	----
2000 em diante	----	23	6	----	----
Total	----	24	38	35	3

5 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos na pesquisa, observa-se que nenhuma das 100 obras analisadas atingiu a pontuação máxima, que corresponde a obra boa, sem problemas. A avaliação predominante foi a de obras potencialmente problemáticas (38%), seguidas de obras sofríveis (35%), obras sem problemas importantes (24%) e de obras cujas situações são consideradas críticas, podendo vir a sofrer colapso estrutural (3%).

A pesquisa também mostrou que só obtiveram a nota 4 (sem problemas importantes) as pontes construídas a partir do ano 2000; mesmo assim, seis delas foram enquadradas como potencialmente problemáticas, fato que evidencia o grande problema representado pela falta de conservação, considerando a pouca idade de tais obras. As pontes sofríveis e críticas estão relacionadas aos períodos cujas construções vão até 1975, ou seja, são obras com pelo menos 36 anos de construídas que padecem das manifestações patológicas decorrentes da própria idade, por sua vez agravadas pela precariedade do sistema de conservação das pontes brasileiras, confirmada pela simples leitura dos resultados obtidos das 100 pontes que foram objeto deste estudo que, na realidade, significa uma pequena radiografia das precárias condições da grande maioria das pontes antigas que compõem o sistema rodoviário brasileiro.

O estudo também confirma a histórica falta de uma cultura de manutenção, em especial a preventiva, praticada ao longo de décadas pelas instituições responsáveis pelas obras públicas nos âmbitos federal, estaduais e municipais, que priorizaram sempre a execução das novas obras, mas nunca dedicaram qualquer atenção às questões relacionadas com as obras existentes.

A ausência de políticas e estratégias voltadas para a conservação das obras de infraestrutura, em especial das pontes e viadutos, tem acarretado graves consequências, principalmente no que se refere aos riscos aos usuários e aos prejuízos materiais e financeiros ao setor produtivo e à própria sociedade como um todo, a quem cabe, em última análise, arcar com os altos custos dos reparos de tais obras, que só são realizadas, na maioria das vezes, quando a estrutura já está atingindo o estado limite de utilização.

6 RECOMENDAÇÕES

Visando contribuir para a melhoria das condições estruturais e funcionais das pontes existentes das rodovias brasileiras, este artigo recomenda a implantação de sistemas de gestão de Obras de Arte Especiais, nas esferas municipais, estaduais e federal, que permitam pôr em prática ações de conservação, recuperação e até de substituição de pontes nas respectivas jurisdições. Do ponto de vista conceitual o sistema deverá constar de:

- rigoroso arquivo de dados, incluindo o cadastro de todas as obras;
- atualização permanente das informações cadastrais;
- qualificação de equipes técnicas para realizar vistorias e operar o sistema de gestão;
- planejamento das ações incluindo a escala de prioridades e os tipos de intervenção por obra;
- previsão orçamentária para as atividades de conservação e para os serviços de recuperação e reforço estrutural.

7 REFERÊNCIAS

- ABNT, 2003. NBR 7187 – Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido, Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT, 1986. NBR 9452 – Vistorias de Pontes e Viadutos de Concreto, Rio de Janeiro, Brasil.
- DNIT, 2004, Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, Rio de Janeiro, Brasil.
- DNIT, 2004, Norma 010/2004-PRO – Inspeções em Pontes e Viadutos de Concreto Armado e Protendido – Procedimento, Rio de Janeiro, Brasil.
- VITÓRIO, J. A. P., BARROS, R.M.M.C., 2011, Recuperação, Alargamento e Reforço Estrutural de Pontes Rodoviárias no Brasil – Anais do 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Moçambique.
- VITÓRIO, J. A. P., SILVA, M.A., 2010, Primeira Avaliação das Condições Estruturais das Pontes e Viadutos do Trecho Duplicado da Rodovia Br-232/PE, Sete Anos Após a Inauguração - Anais do III Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Rio de Janeiro, Brasil.
- VITÓRIO, J. A. P., 2006, Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto, Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto, Rio de Janeiro, Brasil.
- VITÓRIO, J. A. P., 2002, Pontes Rodoviárias – Fundamentos, Conservação e Gestão, Livro editado pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, Recife, Pernambuco, Brasil.