



Avaliação e Soluções para Pontes em Condição Crítica ao Longo das Estradas de Acesso do Norte do Brasil

Thiago Cezar Oliveira¹, Matheus Souza², Jorge Rocha³

^{1,2} VALE. S.A / Engenharia de Investimentos Correntes / Thiago.cez@hotmail.com

³ PROGEN / Engenharia de Investimentos Corrente / Jorge.rocha@hotmail.com

Resumo

Ao longo das estradas de acesso rurais do Norte do Brasil, diversas pontes foram construídas há mais de 20 anos com trilhos ferroviários reutilizados. Essas estruturas, em grande parte sem padrão, não possuem uma estratégia de manutenção estabelecida, tornando-se vulneráveis a falhas estruturais e operacionais. Atualmente, muitas encontram-se em condição crítica, sem inspeções especializadas ou um plano de manutenção adequado, o que representa um risco significativo à segurança.

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre essa problemática, abordando a identificação, categorização e priorização das estruturas em risco. Foi realizado um levantamento cadastral detalhado, classificando a condição estrutural das pontes por meio de uma matriz de criticidade. Nessa matriz, diversos parâmetros ponderados foram utilizados para hierarquizar as estruturas, da menor à maior criticidade.

Diante das dificuldades de manutenção dessas estruturas e da necessidade de mitigação de riscos, foram desenvolvidas soluções técnicas, incluindo a substituição dos pontilhões por pontes pré-moldadas, o prolongamento de bueiros e a criação de galerias. Essas abordagens possibilitam maior padronização, reduzem a necessidade de manutenção corretiva e tornam o projeto economicamente viável. O estudo evidencia a importância de estratégias de requalificação e padronização para garantir a segurança e a sustentabilidade da infraestrutura rodoviária.

Palavras-chave

Pontes; segurança ferroviária; manutenção; infraestrutura; matriz de criticidade.

Introdução

As estradas de acesso rurais no Norte do Brasil contam com diversas pontes construídas há mais de duas décadas utilizando trilhos ferroviários reutilizados, uma prática comum em regiões que buscam soluções econômicas para transposição de cursos d'água (PINTO; MELLO, 2010). Embora essa solução tenha viabilizado a infraestrutura em um contexto de otimização de recursos, a ausência de padronização, metodologia executiva, controle de qualidade e de estratégias de manutenção tem levado muitas dessas estruturas a um estado crítico. Atualmente, a falta de inspeções especializadas e planos de conservação adequados representa um risco significativo à segurança operacional da rodovia (DNIT, 2004; ABNT, 2023).

Com o passar dos anos, o crescimento das comunidades no entorno fez com que essas estradas e pontes passassem a ser amplamente utilizadas pela população, aumentando a demanda sobre estruturas que não foram originalmente projetadas para suportar esse fluxo contínuo de tráfego (SOUZA; ALMEIDA, 2018). Neste contexto, este estudo investiga a condição estrutural dessas pontes, propondo uma abordagem sistemática para identificação, categorização e priorização das estruturas em risco. Para isso, foi realizado um levantamento cadastral detalhado e a aplicação de uma matriz de criticidade, permitindo hierarquizar as estruturas com base em parâmetros técnicos ponderados.

Além disso, o estudo apresenta soluções técnicas para a requalificação dessas pontes, como a substituição por estruturas pré-moldadas, o prolongamento de bueiros e a criação de galerias, buscando maior padronização e viabilidade econômica. Estratégias eficientes de manutenção e reabilitação são fundamentais para prolongar a vida útil das pontes e mitigar riscos estruturais, evitando custos elevados com intervenções emergenciais (FERREIRA; LIMA, 2016).

Ao analisar essa problemática, este trabalho evidencia a necessidade de estratégias eficientes de manutenção e requalificação, contribuindo para a segurança e a sustentabilidade da infraestrutura rodoviária na região.

Metodologia

Para a avaliação das 85 pontes nas estradas de acesso rurais em uma via no Norte do Brasil, foi adotada uma adaptação da NBR 9452/2023, que estabelece os requisitos para inspeções em Obras de Arte Especiais (OAE's), incluindo pontes, viadutos e passarelas de concreto, aço ou estruturas mistas. Essa norma orientou a coleta de dados, a classificação estrutural e a definição das diretrizes para priorização das intervenções.

Inicialmente, foi realizada uma inspeção cadastral seguindo o modelo padronizado pela NBR 9452. Esse levantamento incluiu a identificação das estruturas, seus detalhes construtivos, tipologia estrutural e as anomalias detectadas. Os dados coletados permitiram um diagnóstico detalhado das condições das pontes e embasaram a posterior categorização e priorização das estruturas em risco.

A classificação das pontes foi conduzida com base nos critérios estabelecidos pela NBR 9452 conforme tabela abaixo, que avalia as condições estrutural, funcional e de durabilidade das OAE's.

Tabela 1. Classificação das OAE'S segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade

Classificação (nota)	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura se encontra em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários.	A OAE se encontra em perfeitas condições.
4	Boa	A estrutura apresenta danos de baixa gravidade, localizados e em pequenas áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que não comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se acompanhamento dos problemas.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações.	A OAE apresenta anomalias de moderada gravidade, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental. A OAE apresenta de moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos comprometendo a segurança estrutural da OAE sem aparente risco iminente de colapso. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas.	A OAE possui funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário.	A OAE apresenta de moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.

1	Crítica	Há danos gerando grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural localizado. A OAE necessita de intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição parcial, escoramento provisório, instrumentação, associadas ou não.	A OAE apresenta condições funcionais limitadas de utilização em regiões localizadas.	A OAE se encontra em elevado grau de deterioração em regiões localizadas, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional, requerendo intervenção imediata, restrição de carga e interdição parcial ao tráfego.
0	Emergencial	Há danos que geram grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais principais colapsados. A OAE necessita de intervenção emergencial com a convocação da projetista da OAE e/ ou de consultoria especializada em estruturas de OAE para reavaliação da classificação inicialmente atribuída. É necessária a interdição total.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização. A OAE deve ser interditada.	A OAE se encontra em elevado grau de deterioração, gerando grave insuficiência estrutural e/ou funcional, requerendo intervenção emergencial e interdição total.

Fonte: NBR 9452 – documento de consulta pública (ABNT, 2023).

Resultados e Discussão

A avaliação das 85 pontes ao longo da ferrovia do Norte do Brasil, realizada com base na NBR 9452, revelou diferentes estados de conservação dessas estruturas. Conforme a análise apresentada no gráfico, nenhuma ponte foi classificada como "Excelente" (nota 5), indicando que não há estruturas em condições ideais de conservação. Por outro lado, 25 pontes (29%) foram classificadas como "Boa" (nota 4), demonstrando que, apesar da presença de pequenos danos, essas estruturas ainda garantem segurança e funcionalidade aceitáveis para os usuários.

A maior concentração de pontes encontra-se nas categorias "Regular" (nota 3) e "Ruim" (nota 2), representando 19 (22%) e 18 (21%) das pontes avaliadas, respectivamente. Esse resultado indica que a maioria das estruturas apresenta sinais de deterioração que exigem acompanhamento ou até mesmo intervenções mais significativas. O fato de apenas 10 pontes (12%) estarem classificadas como "Crítica" (nota 1) demonstra que, embora exista um número reduzido de pontes em condições severas de degradação, há necessidade de ações preventivas para evitar a evolução dos danos estruturais.

Por fim, 13 pontes (15%) foram classificadas na categoria "Emergencial" (nota 0), indicando que essas estruturas apresentam comprometimento estrutural severo, com risco de colapso e necessidade imediata de intervenção, podendo incluir interdição parcial ou total. Esse dado reforça a urgência na adoção de medidas corretivas para garantir a segurança dos usuários e a continuidade do tráfego na região. A partir desses resultados, torna-se evidente a necessidade de um planejamento estratégico para a manutenção e recuperação dessas obras de arte especiais, priorizando as estruturas mais comprometidas e garantindo a durabilidade das pontes ao longo do tempo.

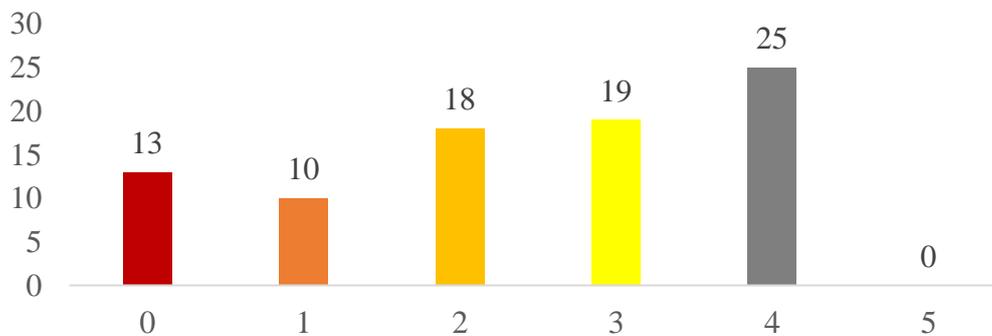


Figura 1. Classificação das pontes da estrada de acesso conforme classificação estrutural da NBR 9452 adaptada.

Um exemplo de ponte classificada com nível 0 apresentada na figura 2, observa-se a vista inferior lateral da estrutura, onde há sinais evidentes de desgaste avançado com dormente e matacão obstruindo até mesmo uma inspeção adequada. A vista superior do tabuleiro revela um excesso de matacões e rachões exercendo um sobrepeso na estrutura. Essas evidências indicam a necessidade de uma intervenção urgente nessa estrutura.



Figura 2. Vista Inferior Lateral da Ponte e Vista Superior Tabuleiro

Na figura 3, tem um caso de ponte avaliada como nível 1 (Crítica). A análise da disposição dos trilhos no tabuleiro e no guarda corpo evidencia aberturas significativas, comprometendo a integridade da passagem. A vista inferior do encontro mostra o uso de dormentes como defensas, porém, há vazios expressivos na área superior, o que pode levar à perda de suporte lateral e à fuga de material no encontro.



Figura 3. Disposição de trilho do tabuleiro com aberturas e Vista inferior de encontro, disposição de dormentes como defensas com vazios na área superior

A avaliação de nível 2 (ruim) indica que a ponte possui fuga de material no encontro com buraco nessa região e ausência de laje de transição mostrado na Figura 4. Mas ainda sem risco iminente de colapso. As imagens mostram degradação nos apoios e vigas, além de sinais de deslocamento em alguns elementos estruturais. Embora o tabuleiro ainda suporte tráfego, há indícios de afundamento e desalinhamento dos trilhos, o que requer ações de reforço estrutural e manutenção corretiva para evitar comprometimentos futuros.



Figura 4. Vista superior do tabuleiro e vista inferior do encontro

A estrutura classificada como nível 3 (regular) apresenta desgastes moderados, mas ainda mantém bom desempenho estrutural. A vistoria fotográfica evidencia pequenas fuga de material no encontro e corrosão inicial nos elementos de sustentação. O tabuleiro está funcional, porém, com alguns desgastes que exigem inspeções periódicas e manutenção preventiva para garantir sua durabilidade.



Figura 5. Vista superior do encontro 1 e sistema de fundação com encontro de aterro

A ponte classificada com nível 4 (boa) demonstra bom estado de conservação, sem danos críticos que afetem sua estabilidade. As imagens mostram um tabuleiro bem estruturado e sem grandes falhas visíveis, além de apoios e encontros em condições satisfatórias. Apesar disso, recomenda-se a continuidade da manutenção preventiva para evitar o avanço de pequenas deteriorações e garantir a longevidade da estrutura.



Figura 6. Vista superior do tabuleiro e vista inferior do encontro

A classificação das pontes, conforme os critérios da NBR, permitiu avaliar o estado estrutural das travessias existentes ao longo da estrada de acesso à ferrovia. As imagens analisadas ilustram diferentes níveis de degradação, desde aquelas que exigem interdição imediata até aquelas que ainda apresentam condições satisfatórias de uso. Essa avaliação foi essencial para embasar a tomada de decisão sobre as soluções a serem adotadas para garantir a segurança e funcionalidade da via.

Com base nessa análise, identificou-se a necessidade de substituir ou requalificar algumas pontes, considerando fatores como impacto ambiental, custo, riscos durante e após a obra, além da complexidade de execução. Durante a fase de trade-off, as alternativas foram comparadas para definir a abordagem mais eficiente para cada situação.

	Alternativa 6	Alternativa 8	Alternativa 9
Critério			
Faixa de Domínio - Meio Ambiente	Impacto moderado, já que a obra consiste em um viaduto de 59,5 metros e envolve mudanças na drenagem e estruturas metálicas, reutilizando o caminho de serviço existente, mas exigindo mais desapropriações	Impacto semelhante à Alternativa 6, com estrutura e traçado similares e intervenções no terreno, minimiza a desapropriação	Impacto ambiental moderado, utilizando uma galeria subterrânea em vez de viaduto, minimizando a interferência visual, mas requerendo mais intervenções no solo.
Custos	Custo elevado devido à necessidade de desapropriações e maiores ajustes no terreno.	Custo mais baixo por reutilizar o caminho de serviço e pela solução estrutural não requerer grandes alterações na infraestrutura existente.	Custo elevado, pois a construção da galeria exige intervenções mais complexas, mas reduz custos com a criação de um novo caminho de serviço.
Riscos - Durante a Obra	Menor risco, aproveitando o caminho de serviço existente, com mínima interferência na ferrovia e na comunidade.	Menor risco, aproveitando o caminho de serviço existente, com mínima interferência na ferrovia e na comunidade.	Risco moderado durante a construção da galeria, especialmente relacionado à escavação e movimentação de terra.
Riscos - Pós-Implantação	Risco moderado pós-implantação devido à manutenção do viaduto e estrutura já consolidada.	Risco moderado pós-implantação devido à manutenção do viaduto e estrutura já consolidada.	Menor risco, pois a galeria oferece maior proteção contra inundações e menor necessidade de manutenção ao longo do tempo.
Traçado e Solução	Viaduto de 59,5 metros com 3 vãos contínuos, aproveitando o caminho de serviço existente. Desapropriação Solução prática e econômica.	Viaduto de 59,5 metros com 3 vãos contínuos, aproveitando o caminho de serviço existente. Solução prática e econômica.	Solução mais simples, com uma galeria subterrânea, minimizando a necessidade de adaptação do terreno e garantindo boa drenagem.

Figura 7. Matriz de avaliação das alternativas baseado em critérios

A partir dessa avaliação, foram estabelecidas duas soluções principais: a construção de pontes rodoviárias nos trechos onde a travessia da via paralela já possui pontes (ver Figura 8) e o prolongamento de bueiros nos locais onde a transposição da via paralela ocorre por meio de obras de arte correntes (ver Figura 9). Essas escolhas garantem que o tráfego seja mantido durante as obras, minimizando impactos para as comunidades locais e para as equipes de manutenção da ferrovia.

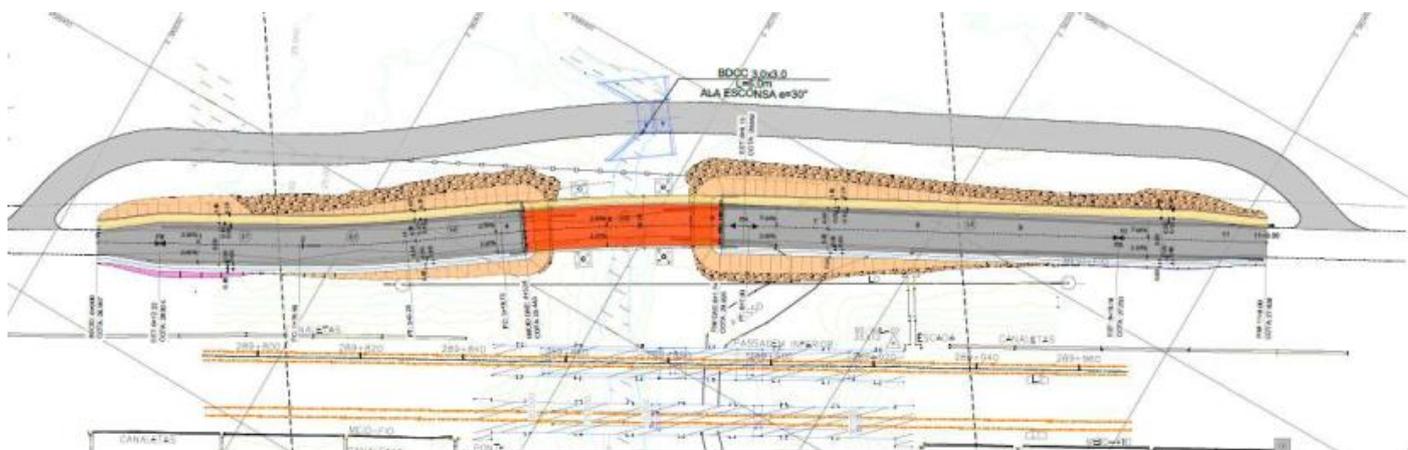


Figura 8. Transposição de rio com ponte pré-moldada



Figura 9. Transposição de curso d'água por meio do prolongamento do bueiro da via paralela

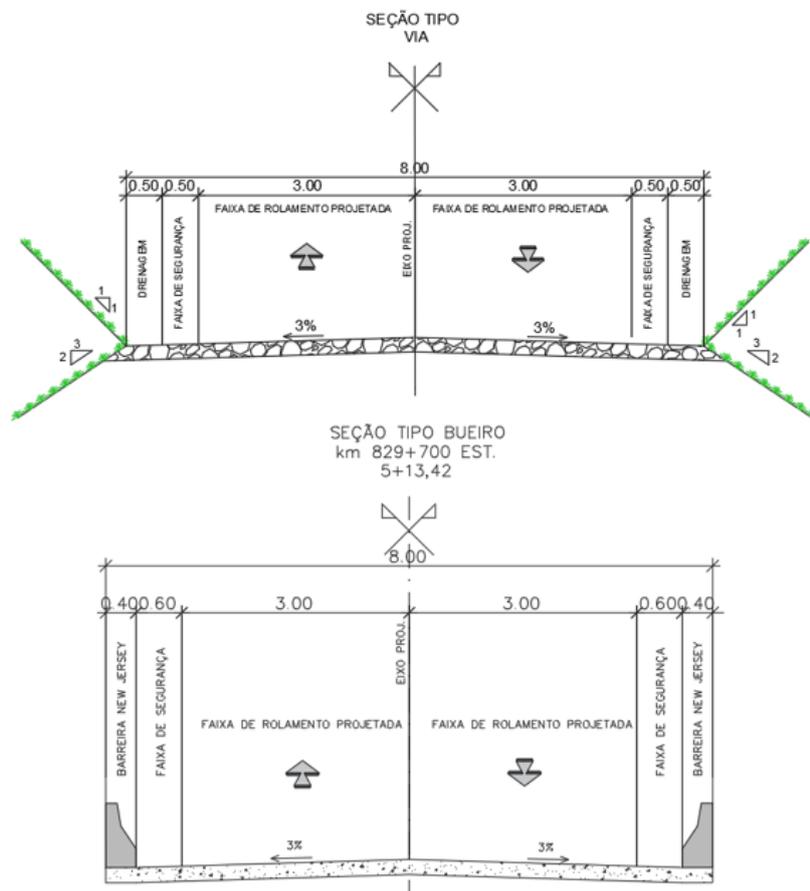


Figura 10. Seção tipo da via proposto

Dessa forma, a estratégia adotada não apenas soluciona os problemas estruturais identificados nas pontes existentes, mas também aprimora a infraestrutura da estrada de acesso, assegurando maior durabilidade e segurança no longo prazo.

Conclusões

A avaliação das pontes ao longo das estradas de acesso rurais do Norte do Brasil revelou a urgência de ações para requalificação e padronização dessas estruturas. O uso de trilhos ferroviários reutilizados na construção original, aliado à falta de manutenção ao longo dos anos, resultou em diversas pontes em condição crítica, colocando em risco a segurança dos usuários.

Por meio da aplicação de uma matriz de criticidade e do processo de trade-off, foi possível hierarquizar as estruturas mais vulneráveis e definir soluções técnicas eficientes, equilibrando viabilidade econômica e segurança estrutural. A substituição por pontes pré-moldadas e o prolongamento de bueiros foram estratégias fundamentais para garantir a durabilidade das novas travessias e minimizar impactos durante a execução das obras.

Dessa forma, o estudo destaca a importância de uma abordagem sistemática para a manutenção da infraestrutura rodoviária, assegurando a segurança operacional e promovendo o desenvolvimento sustentável da região. A implementação das soluções propostas contribuirá para a mitigação de riscos e para a melhoria da qualidade das travessias ao longo do tempo.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. Rio de Janeiro: DNIT, 2004.

- FERREIRA, A. C.; LIMA, J. P. Estratégias de Manutenção e Reabilitação de Pontes Ferroviárias Antigas. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 9, n. 3, p. 372-389, 2016.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT). Brasília: MT, 2015.
- PINTO, S. M. R.; MELLO, L. G. R. de. Reutilização de Trilhos Ferroviários na Construção de Pontes Rurais: Uma Alternativa Econômica e Sustentável. Revista Engenharia Civil, v. 58, p. 45-54, 2010.
- SOUZA, V. C.; ALMEIDA, M. A. de. Impacto do Crescimento Urbano sobre Infraestruturas Ferroviárias: Estudo de Caso na Região Norte do Brasil. Revista Transporte & Território, v. 12, n. 2, p. 89-102, 2018.