

CONDIÇÕES ESTRUTURAIS DE PONTES EM DUAS MESORREGIÕES DE PERNAMBUCO: UM ESTUDO ESTATÍSTICO

EVERSON SILVA DE ALBUQUERQUE¹, AMÂNCIO DA CRUZ FILGUEIRA FILHO², JAIR HENRIQUE DOS PASSOS VELOZO³, ELIANA CRISTINA BARRETO MONTEIRO⁴.

¹Mestrando em Engenharia Civil, UPE, Recife-PE, everson15.silva@hotmail.com;

²MSc. Prof. de Engenharia Civil, UNIFIS, Serra Talhada-PE, amanciofilgueiraa@gmail.com;

³Mestrando em Engenharia Civil, UNICAP, Recife-PE, jairhenri.765@gmail.com;

⁴Dr. (a) Prof. (a), UPE e UNICAP, Recife - PE, eliana@poli.br.

RESUMO: As pontes são essenciais para travessias e tráfegos de pessoas. Este artigo apresenta uma análise comparativa entre pontes situadas nas mesorregiões do Agreste e do Sertão de Pernambuco, com o objetivo de avaliar suas condições estruturais e priorizar ações de manutenção. Foram analisadas 61 Obras de Artes Especiais (OAE's) no Agreste e 50 no Sertão, das quais foram selecionadas 17 da PE145 e 20 OAE's da PE-460, respectivamente, com base em critérios técnicos para aplicação do método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) e o método de Pareto. A avaliação foi conduzida de acordo com alguns parâmetros estabelecidos pelas normas ABNT NBR 9452:2023 de inspeção técnica vigentes, considerando aspectos estruturais, funcionais e de segurança. Os resultados revelam disparidades relevantes entre as duas mesorregiões, refletindo influências ambientais, econômicas e logísticas distintas. A aplicação do método GUT permitiu hierarquizar as necessidades de intervenção de forma objetiva, contribuindo para o planejamento estratégico da manutenção e recuperação das estruturas. O estudo destaca a importância da inspeção periódica e do uso de métodos de priorização na gestão de OAE's em diferentes contextos regionais.

PALAVRAS-CHAVE: Pontes, Pernambuco, Inspeção Técnica, Método GUT, Infraestrutura.

STRUCTURAL CONDITIONS OF BRIDGES IN TWO MESOREGIONS OF PERNAMBUCO: A STATISTICAL STUDY

ABSTRACT: Bridges are essential for crossings and passenger traffic. This article presents a comparative analysis between bridges located in the Agreste and Sertão mesoregions of Pernambuco, with the objective of evaluating their structural conditions and prioritizing maintenance actions. A total of 61 Special Works of Art (OAE's) in Agreste and 50 in Sertão were analyzed, of which 17 from PE-145 and 20 OAE's from PE-460 were selected, respectively, based on technical criteria for applying the GUT (Gravity, Urgency and Tendency) method and the Pareto method. The evaluation was conducted according to some parameters established by the current ABNT NBR 9452:2023 standards for technical inspection, considering structural, functional and safety aspects. The results reveal relevant disparities between the two mesoregions, reflecting distinct environmental, economic and logistical influences. The application of the GUT method allowed for the objective prioritization of intervention needs, contributing to the strategic planning of maintenance and recovery of structures. The study highlights the importance of periodic inspection and the use of prioritization methods in the management of OAEs in different regional contexts.

KEYWORDS: Bridges, Pernambuco, Technical Inspection, GUT Method, Infrastructure.

INTRODUÇÃO

As Obras de Arte Especiais (OAE's) desempenham um papel fundamental na infraestrutura viária, permitindo a conexão entre regiões e garantindo a mobilidade de pessoas, bens e serviços (Morais, 2020). No estado de Pernambuco, em especial nas mesorregiões do Agreste e do Sertão, essas estruturas são essenciais para o desenvolvimento econômico e social, tendo em vista as particularidades geográficas e a carência de rotas alternativas.

Apesar de sua importância, muitas OAE's apresentam sinais de deterioração devido ao tempo de uso, às condições climáticas e à ausência de políticas contínuas de manutenção preventiva (Rocha, 2021). Nesse contexto, a avaliação técnica torna-se indispensável para garantir a segurança estrutural e funcional das OAE's, bem como para subsidiar decisões estratégicas de gestão e recuperação (Abdelkader, 2023).

Este estudo tem como objetivo comparar as condições estruturais de OAE's localizadas nas rodovias PE-145 (Agreste) e PE-460 (Sertão), por meio da aplicação do método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), Pareto (Lima, 2022) e da norma ABNT NBR 9452:2023, que estabelece diretrizes para inspeções em OAE's (Onofre, 2021). A escolha dessas mesorregiões se justifica pela diversidade das condições ambientais e logísticas que influenciam diretamente o estado de conservação das estruturas (Doroshenko, 2024).

A pesquisa busca não apenas identificar e classificar os problemas encontrados nas pontes analisadas, mas também propor uma hierarquização das intervenções necessárias com base em critérios técnicos e normativos (Teixeira, 2024), contribuindo para uma gestão mais eficiente da infraestrutura rodoviária em contextos regionais distintos.

MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa baseou-se em inspeções visuais realizadas em OAE's das rodovias estaduais PE-145 (Agreste) e PE-460 (Sertão), em Pernambuco. Das 111 OAE's avaliadas inicialmente, foram selecionadas 17 na PE-145 e 20 na PE-460, com base na acessibilidade, relevância funcional e presença de anomalias visíveis. As inspeções seguiram alguns critérios da norma ABNT NBR 9452:2023, considerando aspectos estruturais, funcionais e de segurança.

Para priorizar as intervenções, aplicou-se o método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) para aplicar nota a cada OAE, que foi determinado 5 tipos de manifestações patológicas (Deslocamento de concreto, armadura exposta e com corrosão, eflorescência, fissuras ou trincas e umidades). O método GUT foi atribuindo notas de 1 a 5 a cada tipo de manifestação patológica identificada e calculou a pontuação por meio do produto $G \times U \times T$, exemplificando $5 \times 4 \times 4$, obtendo uma nota final 80 pontos. E teve como prioridade e emergencial para os problemas, a nota GUT final mínima de 60 pontos, sendo a menor nota igual a 1 (menor prioridade) e a maior nota 125 (maior prioridade possível). Cada OAE foi codificada pelo número do distrito rodoviário jurisprudente, rodovia e o "km" que está situada.

Além disso, utilizou-se o método de Pareto, ou princípio 80/20, que é uma técnica que identifica que 80% dos efeitos vêm de 20% das causas, dos quais é válido a concentração dos problemas abaixo de 80%. Os valores da nota finais GUT de cada OAE, foram organizadas em gráficos de Pareto, permitindo visualizar quais serão a prioridade para corrigir os defeitos.

As análises foram realizadas no Microsoft Excel, incluindo o cálculo das pontuações GUT e a geração dos gráficos de Pareto. A combinação das abordagens normativas, técnicas e estatísticas resultou em uma metodologia prática e eficiente para a gestão e avaliação das OAE's nas duas mesorregiões estudadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

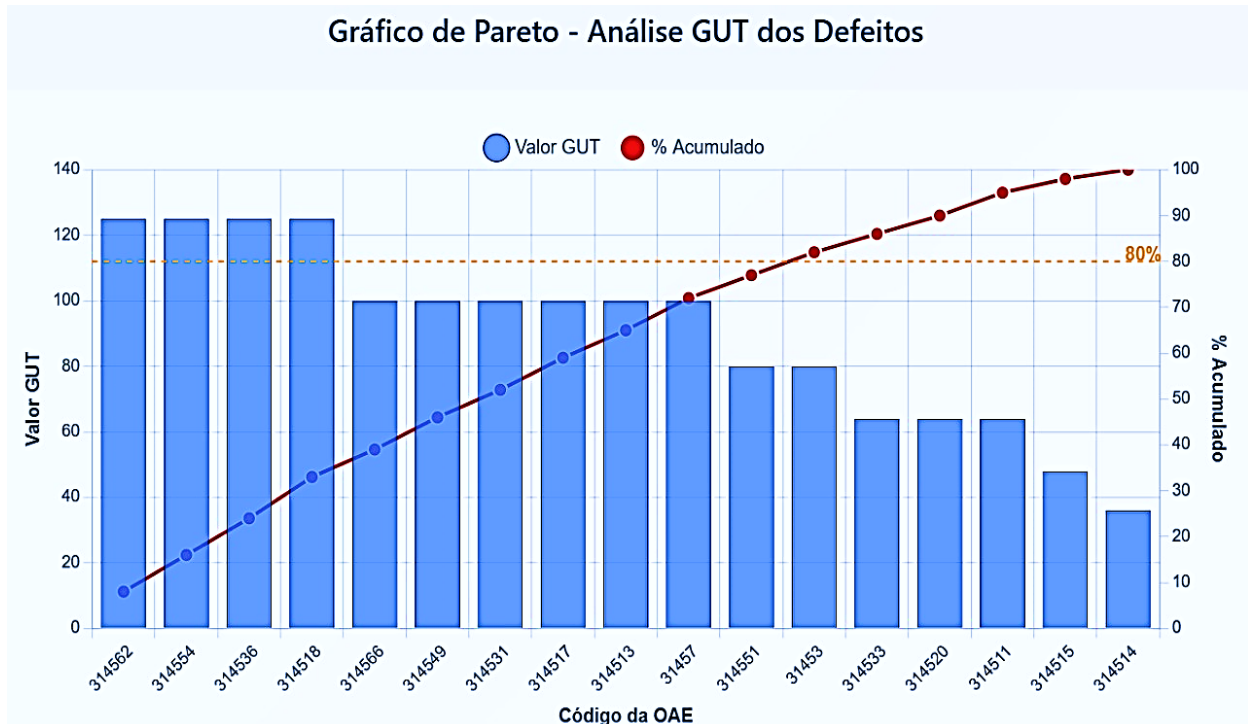
Nesse artigo está sendo limitado o número de OAE's nas mesorregiões do Agreste e Sertão, que estão sob jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem de Pernambuco respectivamente dos Distritos Rodoviários 3º DRO/DER/-PE e 6º DRO DRO/DER/-PE. A aplicação do método GUT às 37 OAE's selecionadas permitiu a identificação e priorização das estruturas com maiores necessidades de intervenção.

Rodovia PE-145 (Agreste, 3º DRO/DER/-PE)

Das 17 OAE's avaliadas (Figura 01) na rodovia PE-145, observou-se que 16 OAE's apresentaram pontuação GUT igual ou acima de 60, sabendo que este valor é o mínimo desejável para indicar emergência, indicando necessidade imediata de manutenção ou intervenção estrutural. Os

principais problemas identificados foram: umidades, eflorescência, deslocamento de concreto e armaduras expostas, erosões no entorno das fundações e encontros.

Figura 01. Representação gráfica do método GUT.



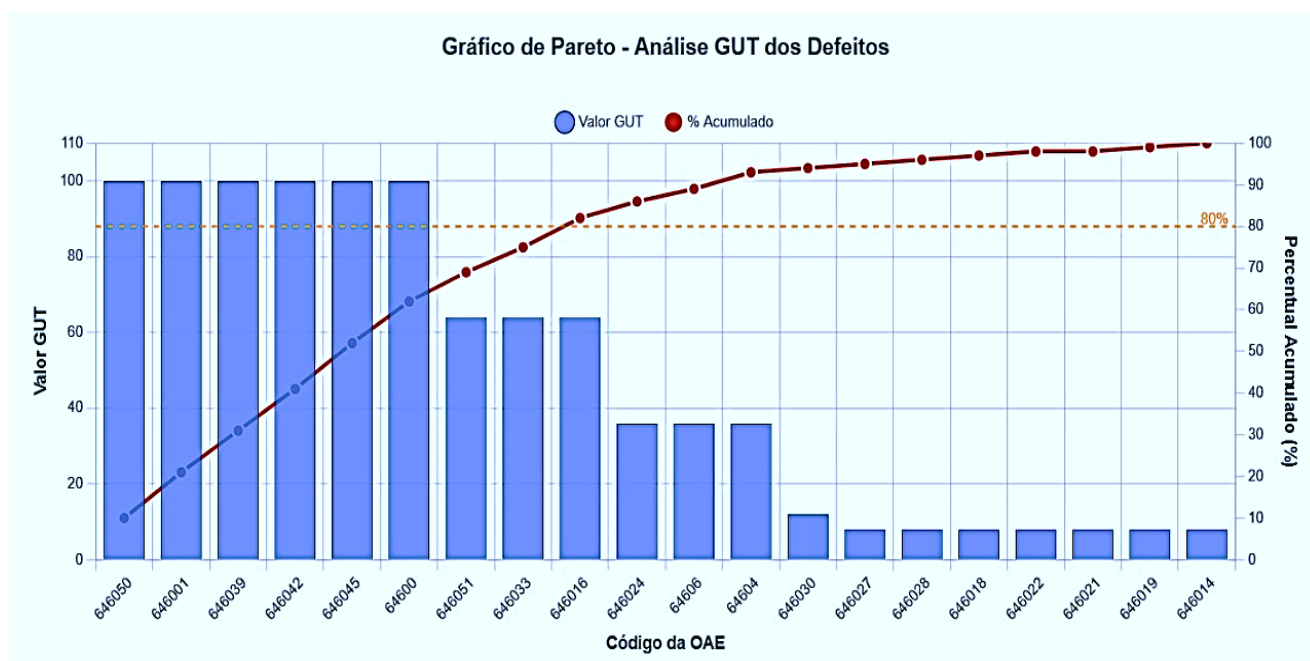
Na rodovia PE-145, a aplicação combinada do método GUT e do Diagrama de Pareto permitiu identificar as OAE's com maior criticidade conforme a Figura 01, com base na priorização dos defeitos estruturais observados. O gráfico revelou que cinco OAE's — identificadas pelos códigos 314562, 314554, 314536 e 314518 — apresentaram valor GUT igual a 125, o máximo possível na escala, indicando que essas estruturas concentram problemas de alta gravidade, com urgência elevada de intervenção e forte tendência de agravamento. Essas OAE's representam um grupo prioritário e demandam ações imediatas de manutenção ou reabilitação. A análise do gráfico de Pareto também demonstrou que aproximadamente 40% das OAE's concentram cerca de 70% do impacto total dos defeitos identificados, o que reforça a aplicabilidade do princípio 80/20 neste tipo de avaliação. Esse resultado destaca que uma parcela relativamente pequena das pontes responde pela maior parte dos riscos e demandas estruturais, o que é fundamental para o direcionamento eficiente de recursos e esforços de engenharia.

Outras OAE's, como as de códigos 314566, 314549, 314531, 314517, 314513 e 314557, também registraram valores GUT elevados, igual a 100, sendo classificadas como de alta prioridade, embora com menor urgência em relação às anteriores. As OAE's de código 314551 e 314511, por exemplo, os valores GUT passaram a indicar ainda acima da média, mas com menor impacto imediato sobre a segurança e funcionalidade da estrutura. Esses resultados evidenciam que o uso do método de Pareto, aliado à metodologia GUT, permite não apenas quantificar a gravidade das anomalias, mas também estabelecer uma ordem clara de prioridade de intervenção, contribuindo para uma gestão técnica mais eficaz das pontes do 3º DRO/DER-PE.

Rodovia PE-460 (Sertão, 6ºDRO/DER-PE)

Na rodovia PE-460, das 20 OAE's analisadas (Figura 02), 9 apresentaram pontuação GUT igual ou superior a 60, sendo que 6 delas obtiveram o limite de 100 pontos, caracterizando-se como de prioridade máxima para ação corretiva. As anomalias mais recorrentes incluíram: danos por deslocamento de concreto, unidades aparentes comprometendo a durabilidade estrutural, vegetação e obstruções no leito das passagens inferiores.

Figura 02. Representação Gráfica com o método GUT.



Na rodovia PE-460, a análise das OAE's por meio do método GUT, associada ao Diagrama de Pareto, possibilitou a identificação clara das estruturas com maior necessidade de intervenção. O gráfico evidencia que cinco OAE's (códigos 646050, 646001, 646039, 646042, 646045 e 64600) obtiveram valor GUT igual a 100, o que representa alta gravidade, urgência e tendência de agravamento das anomalias observadas. Essas OAE's foram classificadas como de prioridade máxima e concentram os principais riscos à segurança estrutural. A curva de Pareto demonstrou que aproximadamente 60% do impacto total está concentrado nas nestas OAE's citadas anteriormente, reforçando o padrão típico do princípio 80/20. Essa concentração de criticidade em um número reduzido de estruturas permite um direcionamento mais eficaz dos recursos técnicos e financeiros para intervenções emergenciais.

Em um segundo grupo de prioridade, encontram-se OAE's como 646051, 646033 e 646016, com valores GUT variando entre 65 e 60, o que indica necessidade de manutenção corretiva em médio prazo. Por outro lado, as OAE's 646024, 64606, 64604 entre outras apresentaram valores GUT abaixo de 40, configurando-se como estruturas em estado satisfatório ou com anomalias de baixo impacto imediato.

Esse resultado evidencia a eficácia da metodologia adotada, em especial da utilização do Diagrama de Pareto como ferramenta de apoio à tomada de decisão. A visualização clara das prioridades permite que as equipes técnicas concentrem esforços nas OAEs mais críticas, otimizando o planejamento e aumentando a eficiência da gestão da infraestrutura rodoviária no 6º DRO/DER-PE.

CONCLUSÃO

A análise das OAE's nas mesorregiões do Agreste e Sertão de Pernambuco, com base na aplicação do método GUT, e o gráfico de Pareto, permitiu uma avaliação técnica estruturada e comparativa das condições dessas estruturas viárias. A utilização do método GUT demonstrou-se eficaz na priorização das intervenções, permitindo hierarquizar as OAE's com maior risco estrutural e funcional.

Os resultados evidenciaram que ambas as mesorregiões apresentam OAE's com necessidade de manutenção, porém, a PE-145 apresentou uma média de pontuação GUT superior à da PE-460, indicando um cenário mais crítico e demandando maior atenção das autoridades competentes. As diferenças observadas podem estar relacionadas a fatores ambientais, à frequência de inspeções, à disponibilidade de recursos e à intensidade de uso das estruturas.

Este estudo reforça a importância da inspeção técnica periódica e da adoção de metodologias objetivas para a gestão da infraestrutura viária. Além disso, destaca-se a relevância da norma ABNT NBR 9452:2023 como instrumento de padronização das práticas de inspeção e avaliação da OAE's no Brasil. Recomenda-se, portanto, que os resultados obtidos sirvam de base para o planejamento estratégico de ações corretivas e preventivas, contribuindo para o aumento da segurança viária e da durabilidade das estruturas avaliadas.

REFERÊNCIAS

- Onofre, A., Galvão, R. B., Torrecilhas, A. R., Schwantes-Cezario, N., Caviglione, G. T., Christoni, A. R. F., Vedovatte, R. M., & Pianucci, M. N.. Aplicação da técnica GUT em manifestações patológicas em estruturas de concreto armado e suas correções. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 10 (8) (2021). <https://doi.org/10.33448/RSD-V10I8.17271>.
- Morais, J. M. P. de, Silva, A. M. da, Barboza, E. N., Silva, E. M. da, & Oliveira, B. B. de.. Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: uma revisão. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 9 (7), 759974964 (2020). <https://doi.org/10.33448/RSD-V9I7.4964>.
- Sarraf, M. M., Costa, L. T., & Dias, A. R. de O.. Avaliação das manifestações patológicas em uma edificação utilizando o método GUT: Estudo de caso em uma residência unifamiliar no município de Parintins-AM. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 18(1), e14555 (2025). <https://doi.org/10.55905/revconv.18n.1-163>.
- Lima, B. S., Teixeira, A. V. R., Silva, J. V. de M. S., & Luz, R. B. da.. Levantamento das manifestações patológicas de uma residência unifamiliar no município de Imperatriz – MA com aplicação da matriz GUT. *O Jornal de Engenharia e Ciências Exatas*, 8 (4), 14177–01e (2022). <https://doi.org/10.18540/jcecvl8iss4pp14177-01e>.
- Abdelkader, E. M., Zayed, T., & Faris, N.. Avaliação sintetizada de defeitos em pontes de concreto armado, seus métodos de inspeção e análise não destrutivos: uma revisão sistemática e análise bibliométrica das últimas três décadas. *Buildings*, 13 (3), 800 (2023). <https://doi.org/10.3390/buildings13030800>.
- Doroshenko, O.. Experiência na aplicação de métodos de restauração de estruturas de concreto armado danificadas na construção de transportes. *Zbirnik Naukovih Prac'*, 209, 34–42 (2024). <https://doi.org/10.18664/1994-7852.209.2024.314452>.
- Rocha, J. H., & Villanueva, R. I.. Identificação e análise da aparência de defeitos patológicos em superestruturas de pontes de concreto armado na região de Chapare, Bolívia. *Dyna*, 88 (216), 15–21 (2021). <https://doi.org/10.15446/DYNA.V88N216.88247>.
- Teixeira, I. A. da R., Nascimento, C. F. G. do, Gonzaga, C. M. do R., Albuquerque, E. S. de, & Monteiro, B. C. E.. Manifestações patológicas e mapa de danos. *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes*, 12 (38) (2024). <https://doi.org/10.17271/23178604123820245447>.