



Aplicação do Método GUT (Gravidade, Urgência E Tendência) nos Mapas de Danos das Pontes Duarte Coelho e Maurício de Nassau com o Auxílio de Software

Application of the GUT Method (Gravity, Urgency, and Trend) in Damage Maps of the Duarte Coelho and Maurício de Nassau Bridges with Software Assistance

Aplicación del Método GUT (Gravedad, Urgencia y Tendencia) en los Mapas de Daños de los Puentes Duarte Coelho y Maurício de Nassau con la Ayuda de Software

Everson Silva de Albuquerque

Graduando, UNICAP.
everson15.silva@hotmail.com

Igor Albuquerque da Rosa Teixeira

Mestrando, UPE.
lart@poli.br

Eduardo Oliveira Barros

Professor Doutor, Unicap.
eduardo.oliveira@unicap.br

Carlos Fernando Gomes do Nascimento

Doutorando, UFPE.
carlos.fgnascimento@ufpe.br

Eliana Cristina Barreto Monteiro

Professora Doutora, UNICAP e Poli/UPE.
eliana@poli.br



RESUMO

As pontes desempenham um papel fundamental na logística da Região Metropolitana do Recife (RMR), impactando diretamente a economia e o desenvolvimento urbano. Dada sua importância, é essencial monitorar seu estado de conservação para garantir segurança e funcionalidade. Este estudo investigou as manifestações patológicas nas Pontes Duarte Coelho e Maurício de Nassau, em Recife/PE, com o objetivo de criar mapas de danos e revisar sistematicamente os problemas identificados. Inspeções visuais foram realizadas com fichas de identificação, registrando os danos por meio de fotografias e imagens de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Os mapas de danos, elaborados no AutoCAD, destacaram problemas como bolor, manchas de umidade, eflorescência, fissuras, deslocamento de concreto e corrosão das armaduras. As análises indicaram que a maioria dessas patologias poderia ser evitada com manutenção preventiva. As pontes apresentaram um estado de conservação moderado, com a corrosão e fissuras sendo as anomalias de maior prioridade, classificadas pelo método GUT com o auxílio de um software desenvolvido no Visual Studio Code. O estudo reforça a necessidade de reparos imediatos e de um plano de manutenção regular, assegurando a preservação das estruturas e sua relevância para a cidade.

PALAVRAS-CHAVE: Pontes. Manifestações patológicas. Mapa de danos. Durabilidade.

ABSTRACT

Bridges play a crucial role in the logistics of the Metropolitan Region of Recife (RMR), directly impacting the economy and urban development. Given their importance, monitoring their condition is essential to ensure safety and functionality. This study investigated the pathological manifestations in the Duarte Coelho and Maurício de Nassau Bridges in Recife/PE, aiming to create damage maps and systematically review the identified issues. Visual inspections were conducted using identification forms, recording the damages through photographs and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) images. The damage maps, developed in AutoCAD, highlighted problems such as mold, moisture stains, efflorescence, cracks, concrete spalling, and reinforcement corrosion. The analysis indicated that most of these issues could be prevented with routine maintenance. The bridges were found to be in moderate condition, with corrosion and cracks being the highest-priority anomalies, classified using the GUT method with the assistance of software developed in Visual Studio Code. The study emphasizes the need for immediate repairs and the implementation of a regular maintenance plan, ensuring the preservation of these structures and their significance to the city.

KEYWORDS: Bridges. Pathological manifestations. Damage map. Durability.

RESUMEN

Los puentes juegan un papel crucial en la logística de la Región Metropolitana de Recife (RMR), impactando directamente la economía y el desarrollo urbano. Dada su importancia, monitorear su estado de conservación es esencial para garantizar la seguridad y funcionalidad. Este estudio investigó las manifestaciones patológicas en los Puentes Duarte Coelho y Maurício de Nassau, en Recife/PE, con el objetivo de crear mapas de daños y revisar sistemáticamente los problemas identificados. Se realizaron inspecciones visuales utilizando fichas de identificación, registrando los daños mediante fotografías e imágenes de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT). Los mapas de daños, elaborados en AutoCAD, destacaron problemas como moho, manchas de humedad, eflorescencia, grietas, desprendimiento de concreto y corrosión de las armaduras. El análisis indicó que la mayoría de estos problemas podrían prevenirse con un mantenimiento rutinario. Los puentes se encontraron en condiciones moderadas, con la corrosión y las grietas como las anomalías de mayor prioridad, clasificadas mediante el método GUT con la asistencia de un software desarrollado en Visual Studio Code. El estudio resalta la necesidad de reparaciones inmediatas y la implementación de un plan de mantenimiento regular, asegurando la preservación de estas estructuras y su importancia para la ciudad.

PALABRAS CLAVE: Puentes. Manifestaciones patológicas. Mapa de daños. Durabilidad.



1. INTRODUÇÃO

Desde a Antiguidade, os humanos enfrentaram desafios na travessia de água usando troncos, cordas e rochas (Vitório, 2015). Com o tempo, o conceito evoluiu para o que hoje conhecemos como pontes.

Atualmente, o concreto armado é amplamente utilizado no Brasil devido à sua durabilidade. No entanto, a falta de manutenção regular leva ao surgimento de várias manifestações patológicas (Campos, 2018). Essas estruturas, classificadas como obras de arte especial devido à sua complexidade e necessidade de manutenção especializada, devem ser projetadas e mantidas com cuidados rigorosos para garantir sua durabilidade e segurança (Vasconcelos, 2018).

A durabilidade está diretamente relacionada à capacidade da estrutura de resistir a forças externas e deve ser considerada no dimensionamento e na manutenção de obras de concreto (NBR 6118, ABNT, 2023). Manutenções preventivas são essenciais para preservar a qualidade e a segurança da estrutura (Santos et al., 2018).

Recife, com seus rios e canais, possui 49 pontes que são essenciais para a mobilidade urbana e o comércio local (Pinheiro, Silva & Florencio, 2018). Dada a importância dessas pontes, é crucial implementar um programa de manutenção periódica para assegurar sua segurança e longevidade (Hautequestt, 2018).

Para analisar as Pontes Duarte Coelho e Maurício de Nassau, foram criados mapas de danos que documentam visualmente as manifestações patológicas. Esses mapas fornecem uma visão detalhada das condições das pontes, essencial para a análise e a manutenção adequada das estruturas (Carvalho, 2018).

Atualmente, Recife possui 49 pontes, predominantemente de concreto armado, que são essenciais para a mobilidade urbana (Pinheiro, Silva & Florêncio, 2018). A análise dos materiais revela a importância de investigar a deterioração do concreto armado, dada a ausência de manutenção, para identificar e analisar anomalias e garantir a integridade estrutural das pontes (Vasconcelos, 2018).

Embora o concreto armado seja conhecido por sua durabilidade, a falta de manutenção no Brasil acelera o surgimento de problemas como fissuras e corrosão, reduzindo a vida útil das estruturas (Campos, 2018). As manifestações patológicas, inevitáveis com o tempo, têm sido detectadas em estruturas com menos de 20 anos, tornando crucial a implementação de medidas preventivas para mitigar esses impactos (Pires, 2023).

Investigar o estado das pontes e realizar manutenção adequada são fundamentais para assegurar a funcionalidade e segurança das estruturas de concreto armado. O uso de mapas de danos para identificar e definir as principais manifestações patológicas é essencial para manter a integridade das pontes, como as de Duarte Coelho e Maurício de Nassau, que enfrentam problemas de deterioração (Vasconcelos, 2018).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL



Analisar o estado de conservação através do método GUT com auxílio de um software, bem como elaborar mapas de danos das Pontes Duarte Coelho e Maurício de Nassau localizadas na cidade do Recife/PE, a partir das investigações das manifestações patológicas encontradas *in loco*.

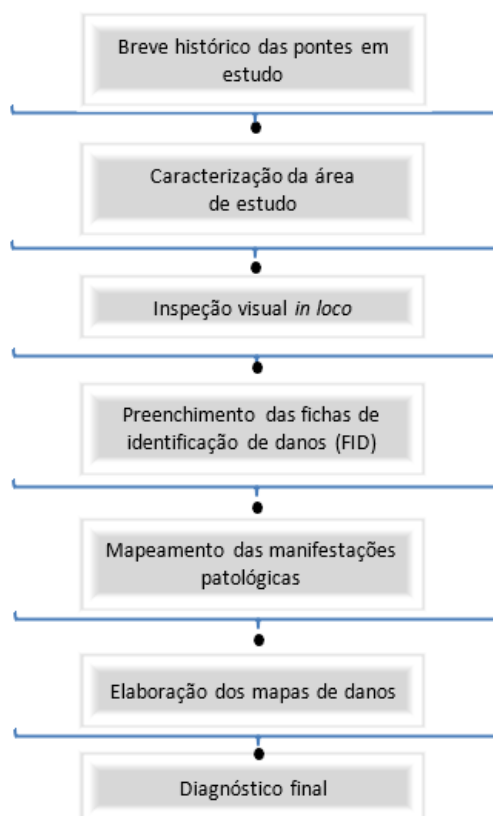
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar o levantamento das manifestações patológicas encontradas *in loco*, bem como analisar os danos específicos para cada situação;
- ✓ Elaborar mapas de danos nos tramos mais danificado das manifestações patológicas em cada ponte e usar o método de GUT com auxílio de um software;
- ✓ Apresentar os resultados através de gráficos do levantamento das manifestações patológicas do método GUT.

3. METODOLOGIA

Neste artigo, serão discutidos os métodos empregados na condução da pesquisa, abrangendo desde a coleta de dados até a análise das manifestações patológicas que auxiliam no processo de desenvolvimento dos mapas de danos. Na Figura 1 pode ser visto um fluxograma que representa o delineamento de cada etapa.

Figura 1 – Fluxograma das atividades desenvolvidas.

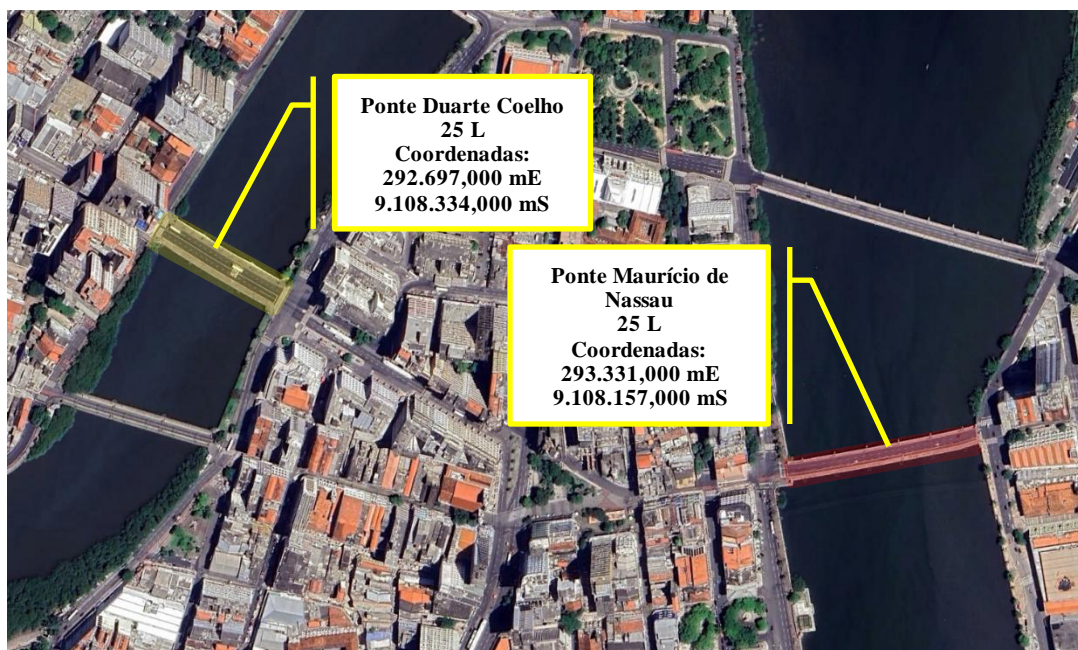


Fonte: Autor, (2024).

Este artigo é um estudo qualitativo, focado em análises baseadas em estudos anteriores em vez de métodos estatísticos. A pesquisa visa objetivar o fenômeno, hierarquizar ações, e garantir a precisão entre aspectos globais e locais para resultados confiáveis. Classificado como um estudo de caso aplicado, o trabalho busca gerar conhecimento prático e oferecer soluções para problemas específicos, com uma abordagem descritiva que examina as características das manifestações patológicas observadas e sua aplicabilidade prática.

Inicialmente, foram analisadas algumas pontes da cidade do Recife/PE *in loco* com o intuito de levantar aquelas que possuem manifestações patológicas mais evidentes, das quais serviram para a definição do estudo de caso. Assim, foram escolhidas as Pontes Duarte Coelho e Maurício de Nassau, estruturas estas construídas em concreto armado. Além disso, essas obras são importantes para o fluxo viário da região. Na Figura 2, observa-se a localização das pontes através da imagem obtida pelo *Software* Google Maps.

Figura 2 – Localização das pontes em estudo.



Fonte: Alterado do *Software* Google Maps, (2024).

Para o levantamento das manifestações patológicas estrutura da ponte, foram realizadas visitas técnicas no período compreendido entre os meses de agosto e setembro de 2022, com o auxílio de barqueiros locais. Foram realizadas inspeções visuais *in loco* para o avaliar os possíveis danos que, por sua vez, possibilitaram a identificação das manifestações patológicas nas pontes do estudo, com o objetivo de obter informações sobre o estado de degradação dessas estruturas. Os danos observados foram devidamente registrados através de fotografias e filmagens capturadas por câmera fotográfica e Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

A coleta fotográfica da parte inferior das estruturas foi conduzida por meio de um celular e utilizando o aplicativo *Timestamp Camera Free*, permitindo a adição de legendas,



ajudando posteriormente na identificação das fotos, na ficha de identificação de danos. Observa-se, na Figura 3, uma vista inferior do tramo central da ponte.

Figura 3 – Vista inferior do segundo tramo.



Fonte: Autor, (2024).

Com base nas imagens obtidas, foi possível elaborar os mapas de danos através do AutoCAD, onde todas as faces das pontes foram desenvolvidas com base nas imagens e filmagens obtidas durante o processo de inspeção.

Ao finalizar as projeções, procedeu-se à elaboração da representação dos danos. Isso foi realizado mediante a aplicação de cores e hachuras, utilizando os dados provenientes da etapa de inspeção presencial, que incluiu fotografias, filmagens e as Fichas de Identificação de Danos. Em seguida, as manifestações patológicas foram inseridas de acordo com os dados coletados, e uma cor distinta foi atribuída a cada manifestação de acordo com a Figura 4.



Figura 4 – Legenda utilizada nos Mapas de Danos.



Fonte: Autor, (2024).

Após a elaboração dos mapas de danos, foi desenvolvido um software específico para otimizar a aplicação da matriz GUT, a fim de priorizar as correções das manifestações patológicas. O aplicativo foi programado utilizando o software Visual Studio Code, permitindo a integração de dados provenientes das inspeções e automação do cálculo das prioridades de intervenção.

Essa abordagem metodológica busca não apenas agilizar o processo de avaliação e classificação das manifestações patológicas, mas também fornece uma interface amigável, para poder processar e analisar os dados de forma eficiente, conformes a Figura 5. O software foi desenvolvido para oferecer de uma forma rápida e uma visualização clara das prioridades estabelecidas pela matriz GUT, permitindo a tomada de decisão baseada em critérios objetivos e estruturados.



Figura 5 – Software desenvolvido no Visual Studio Code.

Fonte: Autor, (2024).

O método GUT foi aplicado conforme os parâmetros estabelecidos no Quadro 1, seguindo os critérios de gravidade, urgência e tendência associados a cada manifestação patológica identificada. Utilizando as pontuações resultantes através do fator multiplicativo ($G \times U \times T$), foi possível categorizar os problemas em uma matriz de priorização, simplificando a análise dos dados obtidos.

Quadro 1 – Pontuação do método GUT.

PONTOS	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
	Consequência se nada for feito	Prazo para tomada de decisão	Proporção do problema no futuro
5	Extremamente grave	Precisa de ação imediata	Irá piorar rapidamente
4	Muito grave	É urgente	Irá piorar em pouco tempo
3	Grave	O mais rápido possível	Irá piorar
2	Pouco grave	Pouco urgente	Irá piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Pode esperar	Não mudará

Fonte: Adaptado de Periard *et al.*, (2011).

4. RESULTADOS

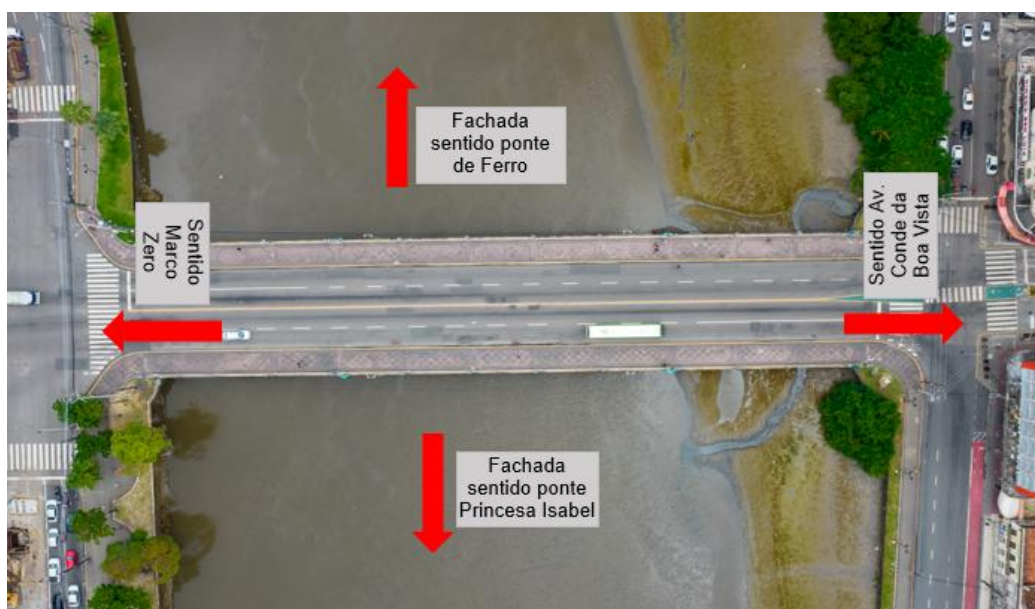
4.1 Configurações Da Ponte Duarte Coelho

Durante as visitas, foram feitas inspeções visuais da estrutura, onde foi possível constatar que a Ponte Duarte Coelho possui 13 vigas longitudinais, é dividida em três tramos,

no qual os tramos da extremidade possuem 5 vigas transversais e o tramo do meio possui 9 vigas transversais.

Para melhor organização dos dados levantados, as faces da ponte foram divididas em dois sentidos: a face sentido Ponte Princesa Isabel e a face sentido Ponte de Ferro, conforme a Figura 6. Para melhor compreensão, a ponte foi dividida de acordo com os tramos, conforme ilustrado na Figura 7. A Figura 8 mostra a vista panorâmica da face da Ponte Duarte Coelho. Neste artigo, serão avaliados os mapas de danos das duas pontes que apresentam os problemas de manifestações patológicas, conforme a Figura 9.

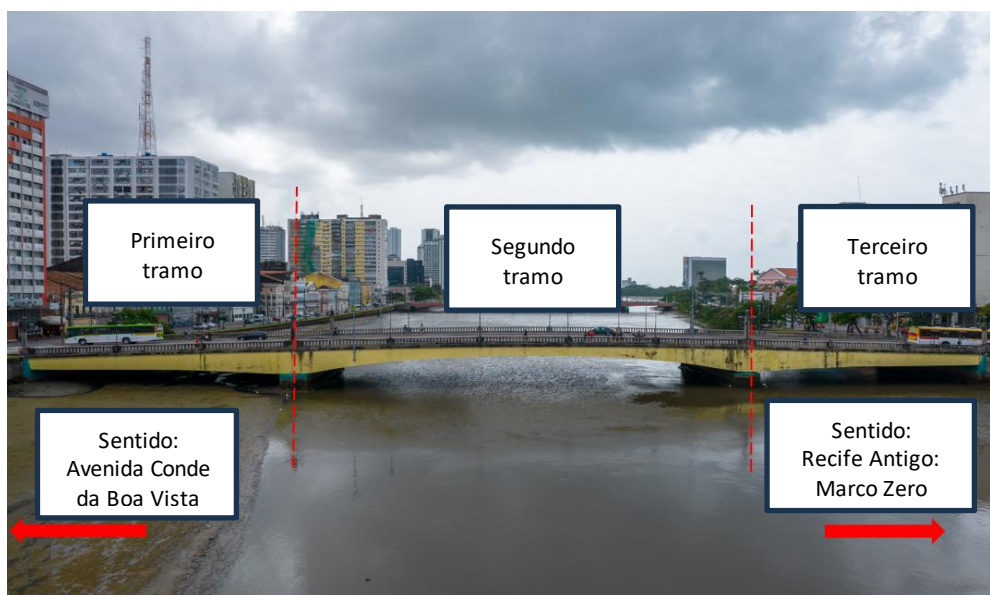
Figura 6 – Vista superior da ponte com os sentidos definidos.



Fonte: Autor, (2024).



Figura 7 – Vista panorâmica da Ponte Duarte Coelho com as divisões.



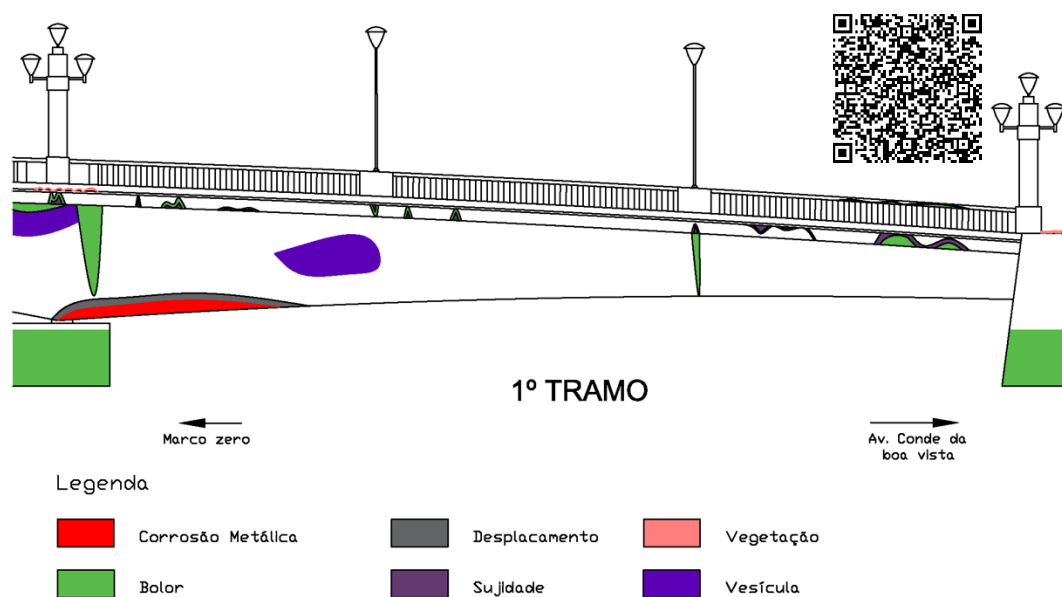
Fonte: Autor, (2024).

Figura 8 – Vista panorâmica da face da Ponte Duarte Coelho.



Fonte: Autor, (2024).

Figura 9 – Mapa de danos da face do primeiro tramo sentido Ponte de Princesa Isabel.



Fonte: Autor, (2024).

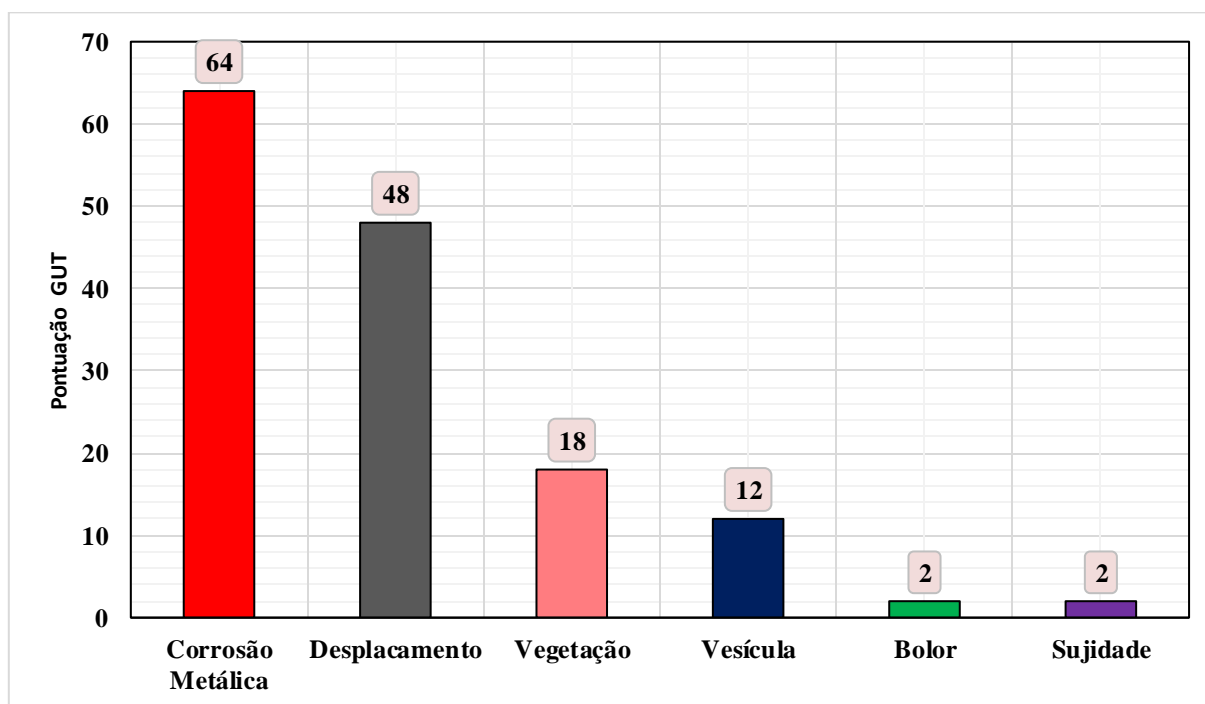
No Quadro 2, observou-se que cada manifestação patológica foi classificada utilizando o método GUT, onde as pontuações foram adotadas de acordo com cada critério e importância avaliados no mapa de danos. Na Figura 10, foram observadas as anomalias e a pontuação de cada uma delas quanto ao grau de importância.

Quadro 2 – Pontuação das manifestações patológicas do primeiro tramo (sentido Ponte Princesa Isabel).

Descrição	Gravidade	Urgência	Tendência	Pontuação	Prioridade
Corrosão Metálica	4	4	4	64	I
Deslocamento	3	4	4	48	II
Vegetação	3	3	2	18	III
Vesícula	2	2	3	12	IV
Bolor	1	1	2	2	V
Sujidade	1	1	2	2	V

Fonte: Autor, (2024).

Figura 10 – Incidência das pontuações das manifestações patológicas encontradas no primeiro tramo (sentido Ponte Princesa Isabel).



Fonte: Autor, (2024).

Na estrutura do primeiro tramo da ponte, além de manifestações patológicas como bolor, que estavam presentes nas faces, também foi possível observar problemas como, fissura, corrosão da armadura, eflorescência e manchas de umidade. A ocorrência de pontos de corrosão na estrutura pode ser atribuída a diversos fatores, destacando-se a falta de recobrimento adequado para o aço e a presença de fissuras a 90º evidenciando uma possível corrosão das armaduras por carbonatação.

A existência de trincas e fissuras pode contribuir para a entrada de intempéries, desencadeando o processo corrosivo na estrutura. Esse fenômeno, por sua vez, pode resultar no deslocamento do concreto, gerando forças de tração em seu interior. Ocorreu o deslocamento do concreto em alguns pontos, bem como a formação de fissuras e foram observados pontos específicos de corrosão das barras de aço decorrentes da presença de íons cloreto e da agressividade em que a estrutura está inserida.

A presença de bolor na estrutura é resultado da umidade elevada e da ausência de iluminação no ambiente, proporcionando condições ideais para a proliferação de fungos. A eflorescência e manchas de umidade na estrutura originam-se de infiltrações. Foram identificadas a formação de fissuras e eflorescências. Foram identificadas a formação de manchas de umidade e bolor.

4.2 Configuração Da Ponte Maurício De Nassau



A Figura 11 mostra uma visão da face da ponte em questão durante este primeiro reconhecimento.

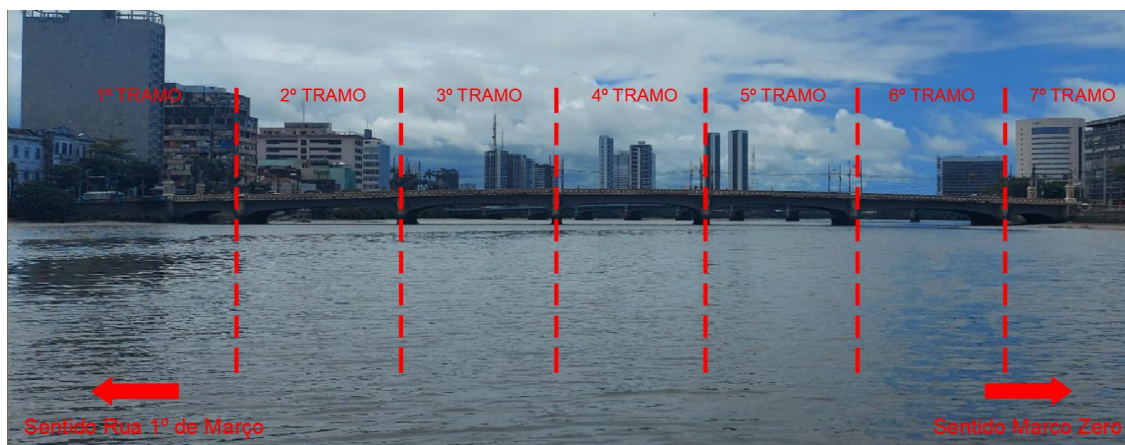
Figura 11 – Visão panorâmica da Ponte Maurício de Nassau.



Fonte: Autor, (2024).

Para melhor compreensão, a ponte foi dividida de acordo com os tramos, conforme ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Divisão por tramos da Ponte Maurício de Nassau.



Fonte: Autor, (2024).

Para aprimorar a organização dos dados coletados, as faces foram categorizadas em dois sentidos: a face voltada para a Ponte Princesa Isabel e a face direcionada para a Ponte Buarque de Macedo.

A partir dos dados coletados, finalizou-se o desenho e, posteriormente, realizou-se uma nova visita à ponte. O objetivo era identificar as manifestações patológicas por meio de um

mapeamento mais aprofundado. Durante essa visita, todos os tramos da ponte foram minuciosamente inspecionados, registrando-se uma extensa série de fotografias.

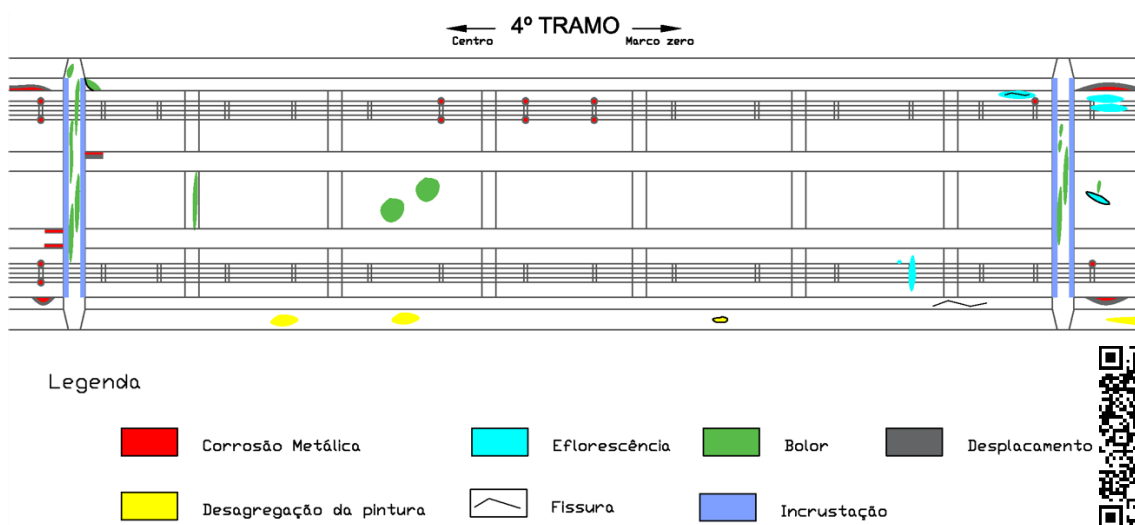
Quanto à parte inferior da ponte, é necessário abordar as seguintes considerações. Nessa seção, assim como nas outras mencionadas, identificaram-se áreas com evidências de corrosão das armaduras, chegando até mesmo à exposição ao ambiente agressivo.

Neste trecho, também foram identificadas duas fissuras, uma na laje e outra na viga transversal. É importante destacar que, por ser uma fissura paralela às armaduras, existe a possibilidade de estar relacionada à corrosão da armadura. Na fissura retratada na foto à direita, observa-se não apenas a fissura em si, mas também a presença de eflorescência, evidenciada pelas manchas esbranquiçadas ao longo da fissura.

Conforme foi observada a presença de eflorescência na estrutura deste trecho. Além disso, constatou-se a existência de bolor na estrutura, tanto na região previamente mencionada quanto na parte lateral de uma das vigas.

No quarto tramo, foi registrada uma menor quantidade de manifestações patológicas em comparação com os trechos anteriormente mencionados. Sendo assim, apresenta-se, na Figura 13, o mapa de danos correspondente a este trecho.

Figura 13 – Mapa de danos do quarto tramo (Vista inferior da ponte).



Fonte: Autor, (2024).

No Quadro 3, observou-se que cada manifestação patológica foi classificada utilizando o método GUT, onde as pontuações foram adotadas de acordo com cada critério e importância avaliados no mapa de danos. Na Figura 14, foram observadas as anomalias e a pontuação de cada uma delas quanto ao grau de importância.

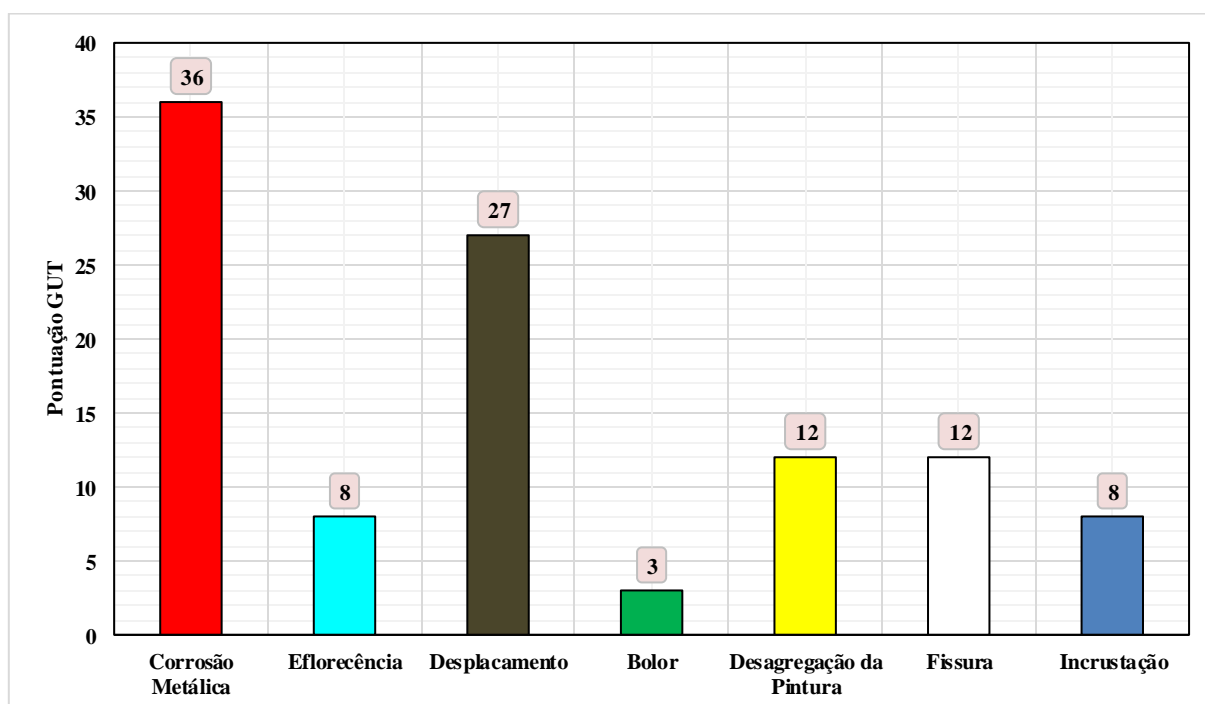


Quadro 3 – Pontuação das manifestações patológicas do quarto tramo (Vista inferior da ponte).

Descrição	Gravidade	Urgência	Tendência	Pontuação	Prioridade
Corrosão Metálica	3	3	4	36	I
Eflorescência	2	2	2	8	IV
Desplacamento	3	3	3	27	II
Bolor	1	1	3	3	V
Desagregação da Pintura	2	2	3	12	III
Fissura	3	2	2	12	III
Incrustação	2	2	2	8	IV

Fonte: Autor, (2024).

Figura 14 – Incidência das pontuações das manifestações patológicas encontradas no quarto tramo (Vista inferior da ponte).



Fonte: Autor, (2024).

5. CONCLUSÕES

Neste artigo, avaliou-se as Pontes Duarte Coelho e Maurício de Nassau em Recife/PE, foi investigado as manifestações patológicas, elaborou-se mapas de danos para uma análise



detalhada e desenvolveu um software para fazer o método de GUT para um processo mais rápido.

Na Ponte Duarte Coelho, a vista inferior da ponte foi observada corrosão metálica e deslocamento, além de bolor, vegetação, sujidade e fissuras. Essas manifestações patológicas já é um processo de degradação avançada da ponte, por falta de manutenção adequada.

Para a Ponte Maurício de Nassau, foram identificadas incrustações, bolor, sujidade e deslocamento da pintura. A face do primeiro tramo sentido Ponte de Princesa Isabel apresentou mais problemas entre todas as outras faces analisadas. Na região dessa face, houve corrosão severa com armaduras expostas, eflorescência, bolor, fissura, deslocamento, incrustação e desagregação da pintura.

Os mapas de danos fornecem uma visão geral das estruturas e destacam a falta de manutenção, o que reduz a vida útil das pontes. A matriz GUT, juntamente com o software desenvolvido no Visual Studio Code, acelera o processo de tempo para elaborar a matriz GUT e que foi usada para priorizar a correção das patologias, indicando que a corrosão metálica, deslocamento e fissuras que são mais críticas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

CAMPOS, Bruna Veiga Ramos. **Estudo e avaliação das manifestações Patológicas nas pontes da cidade de Recife-PE**. 226 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

CARVALHO, Geovanna Brasil de. **Proposta para representação gráfica de mapas de danos em fachadas modernistas de concreto armado aparente**. 2018. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

HAUTEQUESTT FILHO, Genildo Coelho; ACHIAMÉ, Giovana Gonçalves. Diretrizes para Representação Gráfica de Mapa de Danos. In: 6ª CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 6., 2018, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Patorreb, 2018. p. 1-10.

PINHEIRO, Maria Rafaela de Almeida; SILVA, Emmanuel Inácio da; FLORÊNCIO, Lutemberg de Araújo. Considerações a respeito das principais manifestações patológicas em pontes de concreto armado na cidade de Recife. In: 3º SIMPÓSIO PARANAENSE DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 3., 2018, Paraná. **Anais [...]**. Paraná: Cubo, 2018. p. 220-232.

PIRES, Mariana Silva. Patologia Em Concreto Armado: principais manifestações, causas e soluções para garantir a durabilidade das estruturas. **Revista Contemporânea**, [S.L.], v. 3, n. 12, p. 28394-28402, 13 dez. 2023. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.56083/rcv3n12-183>.

SANTOS, Danilo; MACÊDO, Mariana; SOUZA, Jéssica; BAUER, Elton. Mensuração e Distribuição de Patologias na Degradação em Argamassa. **Gestão e Gerenciamento**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 13, 4 abr. 2018. Galoa Events Proceedings. <http://dx.doi.org/10.17648/nppg-gestaoeengerenciamento-2447-1291-9>.

VASCONCELOS, Flávio de Oliveira. **Análise das manifestações patológicas em pontes de concreto armado**: estudo de caso. 2018. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2018.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes e Viadutos Rodoviários**: conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural, Recife: Poli/Upe, 2015. p. 1-68.