ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Aplicação da metodologia BIM para avaliação e manutenção de Obras de Arte Especial

Application of the BIM methodology for the evaluation and maintenance of Special Engineering Structures

José Carlos dos Santos Júnior
Universidade Federal de Alagoas | Maceió | Brasil |jose.junior1@ctec.ufal.br
Joab Manoel Almeida Santos
Universidade Federal de Alagoas |Maceió | Brasil |joab.santos@ctec.ufal.br
Débora Santos Moreira
Universidade Federal de Alagoas |Maceió | Brasil |debora.moreira@ctec.ufal.br
Mateus Rocha Almeida Santos
Universidade Federal de Alagoas |Maceió | Brasil |mateus.rocha@ctec.ufal.br

Resumo

As Obras de Arte Especiais (OAE) estão expostas a uma variedade de agentes que causam deterioração, e a ausência de manutenção adequada pode resultar em problemas que impactam a durabilidade da estrutura. O objetivo deste trabalho é aplicar a metodologia BIM para registro e análise de informações destinadas à inspeção e avaliação de Obras de Arte Especial, destacando as principais manifestações patológicas por meio de um modelo digital. A metodologia consiste na criação de um modelo virtual paramétrico de uma passarela, que possui a finalidade de armazenar informações, que caracterizam as manifestações patológicas existentes na estrutura. Para a criação do modelo, utilizou-se um software BIM, denominado Revit. Observou-se que, o modelo virtual criado garantiu que as informações fossem armazenadas e gerenciadas. Essa metodologia viabilizou uma análise mais detalhada e uma compreensão mais completa da dimensão dos problemas identificados. Assim, ao integrar esses registros em um modelo digital, cria-se uma representação visual e interativa das manifestações patológicas. Ademais, essa integração otimiza a gestão da infraestrutura e contribui para a preservação e manutenção.

Palavras-chave: Metodologia BIM. Registro de informações. Manifestações patológicas.

Abstract

Special Structures are exposed to a variety of agents that cause deterioration, and the lack of proper maintenance can result in problems that impact the durability of the structure. The aim of this work is to apply the BIM methodology to record and analyze information for the inspection and evaluation of Special Structures, highlighting the main pathological manifestations using a digital model. The methodology consists of creating a parametric virtual model of a footbridge, the purpose of which is to store information that characterizes the pathological manifestations existing in the structure. BIM software called Revit was used to

Como citar:
JUNIOR, J.; SANTOS, J.; MOREIRA, D.; SANTOS, M. Aplicação da metodologia BIM para avaliação e manutenção de Obras de Arte Especial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

create the model. It was observed that the virtual model created ensured that the information was stored and managed. This methodology enabled a more detailed analysis and a more complete understanding of the scale of the problems identified. By integrating these records into a digital model, a visual and interactive representation of the pathological manifestations is created. Furthermore, this integration optimizes infrastructure management and contributes to preservation and maintenance.

Keywords: BIM Methodology. Information Registration. Pathological Manifestations.

INTRODUÇÃO

As obras de arte referem-se a estruturas construídas com alta complexidade técnica e significado cultural, como pontes e viadutos. De acordo com [1] Essas construções são reconhecidas pela sua importância no desenvolvimento urbano, exigindo conhecimento especializado para sua concepção e construção. Desse modo, as obras de arte especiais desempenham um papel importante na infraestrutura, exigindo manutenção constante para garantir sua segurança e funcionalidade ao longo do tempo.

O processo de inspeção em Obras de Arte Especiais (OAEs) é essencial para avaliar as condições de usabilidade da estrutura. No entanto, esse procedimento muitas vezes ainda é ineficiente, tornando-se demorado e árduo. O processo atual de inspeção é falho devido à fragmentação dos dados obtidos durante a inspeção, tornando difícil a análise das informações e a tomada de decisões rápidas e precisas [2].

De acordo com [2], a implementação de um modelo eficiente de gerenciamento de informações é uma necessidade prioritária no setor da construção civil, pois torna o processo de documentação mais rápido e preciso. Essa padronização não só facilita a comunicação entre os diversos profissionais envolvidos, mas também melhora a qualidade dos dados e reduz a possibilidade de erros. Nesse contexto, o *Building Information Modeling* (BIM) surgiu como uma metodologia revolucionária, utilizando modelos digitais para representar de forma detalhada e integrada as características físicas e funcionais de uma construção.

Além disso, os modelos BIM integram informações sobre geometria, materiais, sistemas e processos, permitindo avaliar a integridade e o desempenho das estruturas ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, facilitando a análise comparativa entre dados históricos e informações em tempo real [3].

A modelagem paramétrica, por sua vez, representa uma metodologia de grande aplicabilidade no âmbito da engenharia civil , oferecendo uma abordagem moderna para automatizar processos e garantir a consistência das informações no modelo. [4] afirmam em seu trabalho que, ao permitir a definição de parâmetros e regras que controlam o comportamento e a geometria dos objetos, a modelagem paramétrica facilita a adaptação rápida e precisa do projeto às mudanças de requisitos e condições.

Desse modo, por meio do BIM para o processo de manutenção, é possível viabilizar a captura e registro das observações da inspeção diretamente no modelo, viabilizando a utilização contínua dos dados e o monitoramento do histórico das intervenções anteriores na ponte, enquanto também assegura a uniformidade das informações.

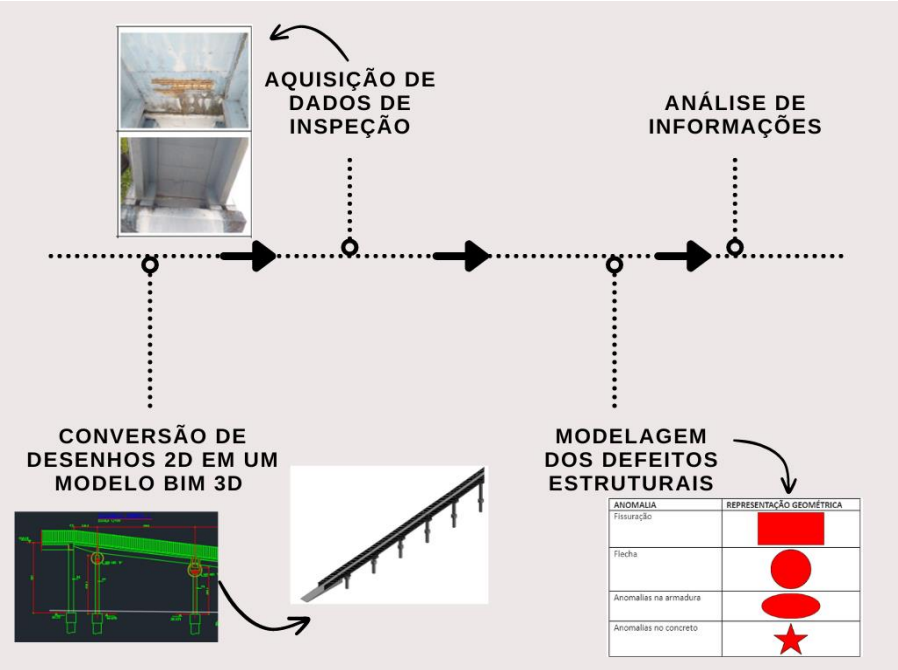
Segundo [5], destacam que essa aplicação facilita a integração dos dados coletados durante a inspeção no próprio modelo, possibilitando a sua utilização ao longo do tempo e o acompanhamento das manutenções realizadas.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é utilizar a metodologia BIM para registrar em um modelo digital dados relevantes à inspeção e avaliação de uma obra de arte especial, especificamente uma passarela situada na BR-104 na cidade de Maceió-AL.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho fundamenta-se em quatro etapas de desenvolvimento voltadas para o registro e análise de informações destinadas à inspeção e avaliação de OAEs. Essas etapas são: (1) conversão dos desenhos 2D em um modelo BIM 3D; (2) aquisição de dados detalhados de inspeção; (3) modelagem dos defeitos estruturais no modelo BIM; e (4) análise das informações obtidas. Esse processo é ilustrado na Figura 1 e detalhado nos parágrafos subsequentes.

Figura 1: Fluxograma de Pesquisa.



Fonte: Autores, 2024.

A primeira etapa do trabalho consistiu na conversão dos desenhos bidimensionais (2D) para um modelo tridimensional (3D) utilizando a metodologia BIM. Este modelo foi criado no *software Revit* e representa fielmente as características do objeto existente, incluindo geometria, dimensões e outras informações pertinentes do elemento estrutural. A modelagem paramétrica foi aplicada em uma das rampas de uma passarela de concreto armado, cuja estrutura é sustentada por cabos de aço inclinados fixados em torres, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Passarela localizada na BR-104 em Maceió-AL.



Fonte: Google Maps, 2022.

O segundo passo da pesquisa envolveu a inspeção visual da rampa em campo, com o registro de imagens. Essas imagens foram armazenadas no modelo BIM a partir da ferramenta parâmetro imagem do *software* Revit. Os dados coletados foram organizados em uma tabela detalhada, registrando as condições da rampa, incluindo o tipo de anomalia, as imagens tiradas *in loco* e a data de identificação. Isso facilita a última etapa da metodologia, que consiste na análise da documentação para planejar as atividades de manutenção e monitorar o estado da rampa ao longo do tempo.

INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAL

INSPEÇÃO VISUAL

A forma de inspeção visual empregada neste trabalho envolve a análise detalhada dos elementos em campo, permitindo a identificação de quaisquer erros ou manifestações patológicas que possam comprometer a precisão e eficácia do modelo atual ou a longo prazo. Por meio da inspeção visual, será possível averiguar a conformidade com os padrões estabelecidos na [7], garantindo que o modelo BIM represente com precisão a realidade física do projeto.

Segundo [8], a inspeção visual permite uma avaliação direta da condição da estrutura por meio de sua observação, sem a necessidade de técnicas complexas ou instrumentos especiais, tornando-o acessível e eficiente para identificar potenciais problemas.

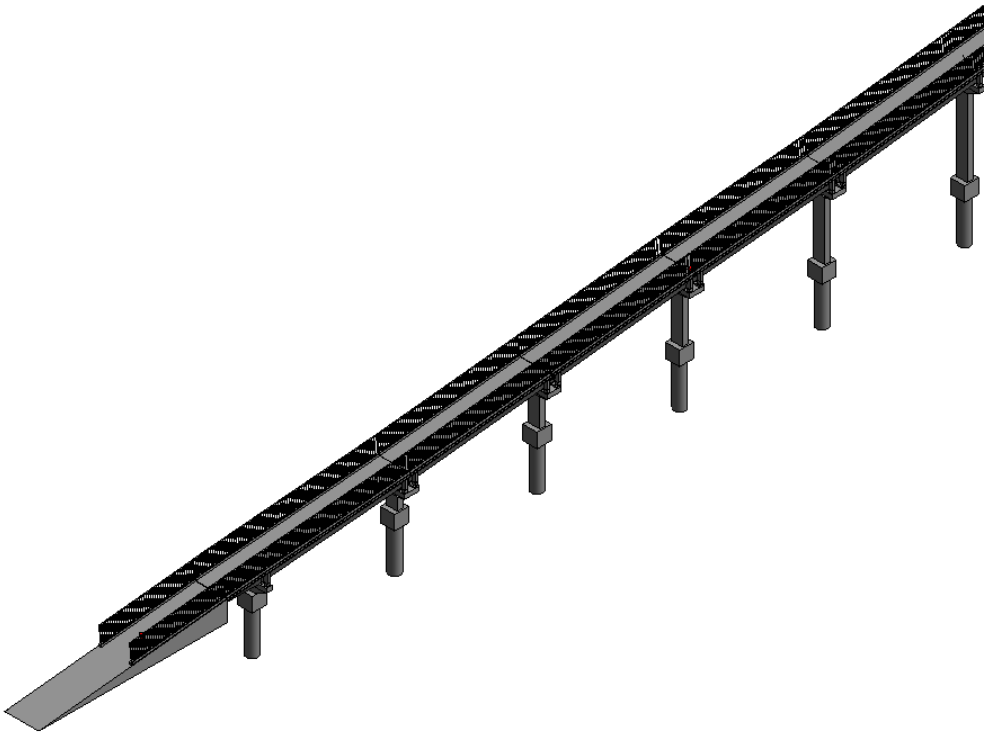
MODELAGEM PARAMÉTRICA

Através do *software* Revit, os elementos paramétricos são organizados utilizando uma estrutura de classes que estabelece níveis hierárquicos de especialização. A definição de uma classe ocorre por meio da definição de sua geometria ou pela especificação de seus parâmetros, que é realizada através da atribuição de valores. Ademais, para a criação de tabelas, conforme o procedimento de avaliação das manifestações paramétricas, foi realizada a parametrização não geométrica [9].

Essa parametrização envolve a criação de parâmetros que armazenam informações pertinentes ao objeto. Com isso, a criação das tabelas deve conter informações sobre os elementos estruturais, permitindo que sejam atualizadas durante a vida útil. Além dessas informações relacionadas aos elementos estruturais serão adicionadas no modelo virtual informações relacionadas a gestão da obra.

A Figura 3 mostra a vista frontal da rampa modelada no Revit. É importante ressaltar que a fundação da passarela não foi incluída na modelagem, uma vez que o objetivo do estudo consiste na inspeção visual da superestrutura e dos elementos vinculados, o tabuleiro de concreto armado e o guarda-corpo.

Figura 3: Vista 3D da rampa modelada no *Revit*.



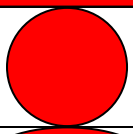
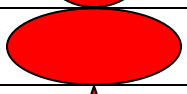
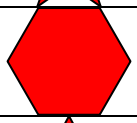
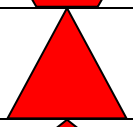
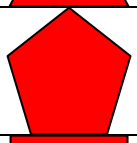
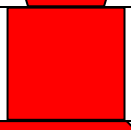
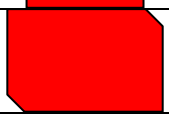
Fonte: Autores, 2024.

REGISTRO DE INFORMAÇÕES NO MODELO DIGITAL

O modelo BIM possibilita a inclusão de parâmetros contendo informações que descrevem uma determinada manifestação patológica ou anomalia. Desse modo, para incluir na geometria da rampa os pontos onde essas manifestações foram identificadas, [9] sugeriu em seu trabalho objetos paramétricos, conhecidos como famílias no *Revit*, utilizando representações simbólicas, conforme demonstrado no Quadro 1.

Esta proposta abrange as anomalias listadas na Tabela E.2 da [7], que inclui os tipos de manifestações patológicas observadas na inspeção de acordo com parâmetros estruturais. Além disso, permite a acumulação de dados relevantes conforme exigido pela [7], referente às condições observadas na inspeção especial da OAE.

Quadro 1: representações geométricas propostas para cada tipo de anomalia da Tabela E.2 da NBR 9452 [9].

ANOMALIA	REPRESENTAÇÃO GEOMÉTRICA
Fissuração	
Flecha	
Anomalias na armadura	
Anomalias no concreto	
Apoio (mesoestrutura)	
Aparelhos de apoio	
Juntas	
Encontros	
Outros	

Fonte: Autores, 2024.

ANÁLISE DE INFORMAÇÕES NA AVALIAÇÃO E MANUTENÇÃO

Após registrar as manifestações no modelo BIM, uma tabela foi criada no modelo virtual para armazenar informações como “Família”, “Data de inspeção” e “Tipo de imagem”, a fim de documentar esses dados, conforme evidenciado na Figura 4. Essa etapa é importante para manter um histórico das anomalias e, posteriormente, compartilhar com a equipe de manutenção, engenheiros, e outras partes interessadas, facilitando a comunicação e a tomada de decisões.

Figura 4: Modelo de tabela com as informações das manifestações inseridas no modelo BIM *Revit*.

<Tabela de Anomalias>		
A	B	C
Família	Data de inspeção	Tipo de imagem
Anomalias na armadura	31/04/2024	Anomalia na armadura.jpeg
Fissuração 1	31/04/2024	Fissuração.jpeg
Fissuração 2	31/04/2024	Fissuração 2.jpeg
Fissuração 3	31/04/2024	Fissuração 3.jpeg
Anomalia na armadura	31/04/2024	Anomalia na armadura 3.jpeg
Anomalia na armadura 2	31/04/2024	Anomalia na armadura 2.jpeg
Junta	31/04/2024	Junta.jpeg
Outros	31/04/2024	outros.jpeg

Fonte: Autores, 2024.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizar uma visita *in loco* à passarela, foram observadas algumas manifestações patológicas, conforme detalhado no Quadro 2, como fissuras em elementos de concreto armado incluindo desgaste no piso, corrosão no guarda-corpo, armadura aparente e eflorescência. Essa tabela foi organizada de modo a facilitar a identificação das manifestações patológicas e anomalias identificadas associando-as às imagens retiradas em campo.

Além disso, a tabela facilita o acompanhamento do estado da rampa ao longo do tempo e ajuda a priorizar quais problemas precisam de atenção imediata tornando-se possível planejar atividades de manutenção de maneira mais eficiente, alocando recursos adequadamente e programando intervenções de forma preventiva.

Quadro 2: Tabela com o registro das manifestações patológicas e anomalias identificadas na rampa da passarela durante visita *in loco*.

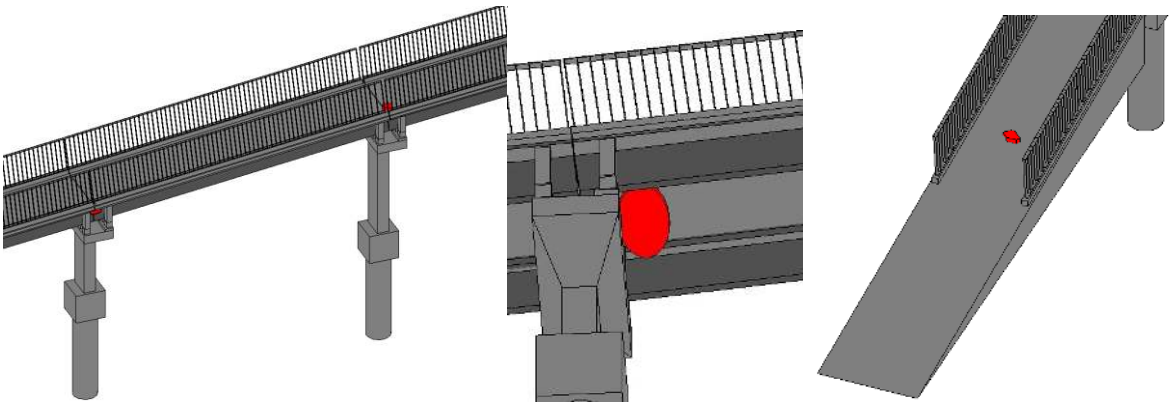
Tabela de Anomalias		
Família	Data de inspeção	Tipo de imagem
Anomalias na armadura	31/04/2024	
Fissuração 1	31/04/2024	

Fissuração 2	31/04/2024	
Fissuração 3	31/04/2024	
Anomalia na armadura	31/04/2024	
Anomalia na armadura 2	31/04/2024	
Junta	31/04/2024	
Outros	31/04/2024	

Fonte: Autores, 2024.

Essa inspeção em campo não apenas auxiliou na detecção de problemas potenciais, mas também facilitou a documentação das anomalias no modelo BIM por meio do uso de objetos paramétricos. Isso proporcionou uma visualização clara do estado da passarela, conforme mencionado por [5]. Na Figura 5, pode-se ver a representação geométrica adicionada no modelo para registrar cada manifestação e anomalia identificada ao longo da passarela.

Figura 5: Visualização da representação geométrica utilizada no modelo BIM da passarela.



Fonte: Autores, 2024.

Constatou-se que o registro detalhado dessas informações é essencial para melhorar a comunicação e a colaboração entre os membros da equipe de manutenção, engenheiros e outras partes interessadas. Esse registro contribui significativamente para a tomada de decisões, a atualização constante das informações e o acompanhamento das anomalias ao longo do tempo. Além disso, a organização sistemática desses dados permite que um profissional qualificado classifique as anomalias com base em sua gravidade ou impacto, seguindo as recomendações normativas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou as principais manifestações patológicas observadas em uma passarela de concreto armado suspensa por cabos de aço, permitindo uma análise mais aprofundada e uma compreensão mais abrangente da extensão dos problemas identificados. A integração dos registros das manifestações e anomalias em um modelo digital proporciona uma representação visual e interativa dessas ocorrências. Além disso, essa integração melhora a gestão da infraestrutura e contribui significativamente para sua preservação e manutenção.

A inspeção visual permitiu a identificação de várias manifestações patológicas, como fissuras no concreto armado, desgaste no piso, corrosão no guarda-corpo, armadura aparente e eflorescência. Essas anomalias foram registradas e integradas ao modelo BIM utilizando a ferramenta parâmetro imagem do Revit, assegurando que todas as informações relevantes foram armazenadas de maneira organizada e acessível.

As tabelas criadas no *software* para armazenar informações, são fundamentais para a documentação das manutenções da passarela. Essas tabelas não apenas facilitam a visualização e análise dos dados, mas também permitem a rastreabilidade e atualização contínua das condições estruturais da passarela durante sua vida útil. A integração dessas informações no modelo BIM promove uma abordagem sistemática para a gestão e manutenção da infraestrutura, permitindo intervenções mais precisas.

A utilização do modelo BIM, aliada à inspeção visual e ao registro das informações, demonstrou ser uma metodologia eficaz para a avaliação, documentação e

manutenção de estruturas. A aplicação desta abordagem na passarela da BR-104 destaca a importância de um processo integrado e digitalizado para a gestão de infraestruturas, promovendo a longevidade e a segurança das construções.

REFERÊNCIAS

[1] LOPES, I. da S.; SCHMITZ, R. J. LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS EM PONTES LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE TAQUARI/RS. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 15, n. 4, 2023. DOI: 0.22410/issn.2176-3070.v15i4a2023.3654.

[2] OLIVEIRA, C. B. de L.; GRECO, M.; SALVADOR REAL PEREIRA, S.; NOGUEIRA BITTENCOURT, T. DESAFIOS DA GESTÃO A NÍVEL DE REDE DAS PONTES RODOVIÁRIAS BRASILEIRAS: UM PANORAMA DAS PRÁTICAS DE INSPEÇÃO E REGISTRO DE DADOS. **Revista ENINFRA**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 39–60, 2022. Disponível em: https://revistaeninfra.dnit.gov.br/index.php/inicio/article/view/6. Acesso em: 31 jul. 2024.

[3] GALVÃO, G. A. de S.; CASTRO, H. G. de T.; COSTA, B. R. de B. .; MICELI JUNIOR , G.; PELLANDA, P. C. Aplicação de Gêmeos Digitais em um ambiente BIM de monitoramento de estruturas de edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–11. DOI: 10.46421/sbtic.v4i00.2590.

[4] RIBEIRO, R. R.; CÉSAR J., KLÉOS M. L.. Modelagem paramétrica baseada em objetos em BIM para o projeto estrutural: estudo de caso de fundações tipo tubulão. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, 2024, Campinas, SP, v. 12, n. 00, p. e021029, 2021. DOI: 10.20396/parc.v12i00.8653835.

[5] PARRINELLO, S.; Pontes, A. J. G. B.; PICCHIO, F.; MORENO, C. R.; LÓPEZ, E. R. Una forma integrada de documentar, analizar y gestionar el patrimonio arquitectónico: el todo y las partes en el Palacio del Generalife, **EGA Expresión Gráfica Arquitectónica**, 2019. DOI: 10.4995/ega.2019.9527.

[6] NASCIMENTO, C. R. S. de M. S. .; SANTOS, G. J. R. dos .; ALMEIDA-FILHO, A. T. de .; PALHA, R. P. . BIM para infraestruturas rodoviárias: uma revisão sistemática. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2023. p. 1–9. DOI: 10.46421/sbtic.v4i00.2408.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9452**: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2019.

[8] SOUZA, Layane Silva; DE LIMA, Henrique Jorge Nery. Análise de manifestações patológicas e reparo em edifício de concreto armado: estudo de caso. **Revista InterScientia**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 27–40, 2019. DOI: 10.26843/interscientia.v7i2.973

[9] NETO , A. I. de B. M .; CONDE, J. S. V.; OLIVEIRA , M. C. P.; BORGES , R. N. R.; MACIEL, R. G. O uso do BIM na manutenção e gestão de pontes e viadutos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1–13. DOI: 10.46421/sbtic.v3i00.617.