XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8293

Proposta para a Integração de Fotogrametria, VANT, IA e BIM/GIS para Inspeção Ferroviária: Um Estudo de Caso no Segmento Tanquinho.

Proposed Integration of Photogrammetry, UAV, AI, and BIM/GIS for Railway Inspection: A Case Study on the Tanquinho Segment.

Rosilene Ap. de Sousa
UNICAMP | Campinas | Brasil | rosilene.vaqueiro@gmail.com
Diogenes Cortijo Costa
UNICAMP | Campinas | Brasil | dcortijo@unicamp.br

Resumo

Este trabalho propõe um fluxo de trabalho integrado para inspeção ferroviária com veículos aéreos não tripulados (VANT), fundamentado em revisão da literatura sobre visão computacional e modelos de inteligência artificial aplicados à extração geométrica de trilhos. A proposta é ilustrada a partir de um trecho ferroviário localizado em Tanquinho, utilizando dados fotogramétricos adquiridos por VANT para demonstrar, de forma exploratória, as etapas sugeridas do fluxo. O método sugerido contempla o emprego de técnicas de segmentação, detecção de bordas e vetorização automática baseadas em aprendizado profundo, com o objetivo de estruturar um processo sistemático para identificação dos elementos da via permanente. Propõe-se, ainda, a organização dessas informações em ambientes BIM e GIS, visando possibilitar análises multiescala e a representação paramétrica da infraestrutura ferroviária.
Palavras-chave: Fotogrametria. BIM/GIS. Visão computacional.

Abstract

This paper proposes an integrated workflow for railway inspection using unmanned aerial vehicles (UAV), grounded in a literature review on computer vision techniques and artificial intelligence models applied to the geometric extraction of railway tracks. The proposal is illustrated through a railway section located in Tanquinho, using UAV-based photogrammetric data to exploratorily demonstrate the suggested stages of the workflow. The proposed method relies on segmentation, edge detection, and automatic vectorization techniques based on deep learning, aiming to structure a systematic process for identifying permanent way elements. It is further proposed that the extracted information be organized within BIM and GIS environments, enabling multiscale analyses and parametric representation of railway infrastructure.

Keywords: Photogrammetry. BIM/GIS. Computer vision.

SOUSA, R. Uma Proposta para a Integração de Fotogrametria, VANT, IA e BIM/GIS para Inspeção Ferroviária: Um Estudo de Caso no Segmento Tanquinho. ENTAC 2026. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8293

INTRODUÇÃO

A digitalização de ativos de infraestrutura ferroviária tem se consolidado como uma estratégia fundamental para ampliar a eficiência operacional, a segurança e a capacidade de gestão ao longo do ciclo de vida dos sistemas. Tecnologias como veículos aéreos não tripulados (VANT), fotogrametria de alta resolução, visão computacional e a integração de modelos digitais em ambientes BIM (*Building Information Modeling*) e SIG (Sistemas de Informação Geográfica) têm ampliado significativamente o potencial de automação das inspeções, viabilizando análises mais precisas, padronizadas e reprodutíveis em diferentes escalas.

No contexto ferroviário, a combinação entre imagens aéreas, reconstrução tridimensional e algoritmos de inteligência artificial tem possibilitado avanços relevantes na extração geométrica da via e no monitoramento de seus parâmetros fundamentais. Entretanto, persistem desafios associados à interoperabilidade entre sistemas, à qualidade das reconstruções, à acurácia das medições e à confiabilidade dos diagnósticos, especialmente quando se busca substituir ou automatizar processos tradicionalmente realizados por inspeções manuais. Embora estudos recentes indiquem resultados promissores a partir da integração entre fotogrametria, *deep learning* e modelos digitais, ainda são necessárias investigações que consolidem fluxos integrados e validados em cenários reais.

Nesse sentido, o presente trabalho investiga a aplicação conjunta da fotogrametria com VANT, de modelos avançados de visão computacional — como *YOLOv8, HED, DexiNed, Segment Anything Model* (SAM) e M-LSD — e da integração BIM/GIS para inspeção ferroviária. A análise tem como base dados do trecho ferroviário de Tanquinho, utilizados para avaliar a viabilidade da extração geométrica da via e para propor um workflow integrado e multietapas, unificando aquisição, processamento, análise automatizada e modelagem digital. O referencial teórico a seguir estrutura-se a partir desses eixos, abordando a integração BIM/GIS, a extração de parâmetros geométricos a partir de produtos fotogramétricos, o uso de visão computacional e IA, e a automação de diagnósticos em ambientes BIM.

REFERENCIAL TEÓRICO

Cuypers et al. [9] demonstram que a acurácia métrica em levantamentos ferroviários com VANT depende diretamente de um planejamento apoiado por rede geodésica precisa, com uso de pontos de controles (GCP) medidos por GNSS/RTK, controle do *Ground Sampling Distance* (GSD) e combinação de trajetórias nadir e oblíquas. Essa estratégia assegura densidade e cobertura adequadas para reconstruções tridimensionais robustas, permitindo a integração de dados fotogramétricos e SfM e alcançando desde precisão milimétrica em ambientes controlados até precisão centimétrica em cenários ferroviários reais.

De forma complementar, Ghassoun et al. [8] evidenciam que metodologias originalmente aplicadas a trilhos industriais e portuários atendem às exigências métricas de inspeções ferroviárias, desde que a resolução do imageamento seja adequada. Os autores ressaltam que a obtenção de detalhes geométricos refinados está diretamente associada ao GSD, sendo valores reduzidos fundamentais para a detecção de pequenas variações geométricas nos trilhos.

Em direção a aplicações operacionais mais complexas, Barbero-García et al. [7] apresentam o método qAicedrone-Rail, que integra fotogrametria, modelos de inteligência artificial (YOLOv8), visão computacional e reconstrução multiview, permitindo atuação em vias férreas com oclusões, cruzamentos e elevada variabilidade geométrica. A abordagem alcançou precisões da ordem de 2 cm em planimetria e 4 cm em altimetria, compatíveis com cartografia em escala 1:500 e com produtos como *as-built* e *digital twins* ferroviários.

Os autores indicam ainda que o rigor métrico é reforçado pela construção de redes geodésicas estáveis e pela validação dos resultados, que apresentaram erro quadrático médio horizontal da ordem de milímetros, desempenho comparável a técnicas tradicionais como escaneamento a laser terrestre e estações totais, evidenciando o potencial de aplicação direta dessas metodologias em análises ferroviárias avançadas.

EXTRAÇÃO DE PARÂMETROS GEOMÉTRICOS DA VIA A PARTIR DE PRODUTOS FOTOGRAMÉTRICOS

O estudo desenvolvido por Cuypers et al. [9] evidencia que produtos fotogramétricos, como ortomosaicos, modelos digitais e nuvens de pontos densas, podem ser pós-processados com algoritmos de visão computacional para extração automática de parâmetros geométricos da via. Técnicas de detecção de bordas e modelos de segmentação, como HED, DexiNed, SAM e M-LSD, apresentaram desempenho satisfatório na identificação das bordas internas dos trilhos.

A precisão dessas extrações está diretamente associada à resolução do imageamento, expressa pelo *Ground Sampling Distance* (GSD), e à qualidade do georreferenciamento, assegurado por RTK e GCP. Condições adequadas permitem a realização de medições de bitola, alinhamento e nivelamento diretamente sobre os produtos fotogramétricos, com acurácia compatível às exigências de inspeção geométrica ferroviária.

Embora Cuypers et al. [9] não explorem diretamente ambientes GeoBIM, os autores indicam que a precisão obtida com VANT e RTK atende aos requisitos de monitoramento da superestrutura ferroviária, fornecendo subsídios para identificação de anomalias e suporte a processos de manutenção baseados em tolerâncias normativas.

Limitações operacionais, como oclusões visuais, variações de iluminação e necessidade de filtragem de falsos positivos, são apontadas. Ainda assim, os autores concluem que a abordagem baseada em VANT constitui uma alternativa segura, econômica e eficiente para inspeções geométricas, especialmente em locais com acesso físico restrito.

INTEGRAÇÃO BIM/GIS PARA GESTÃO DE ATIVOS FERROVIÁRIOS

A integração dos dados geométricos extraídos a modelos BIM especializados permite associar os resultados de inspeção a elementos paramétricos da via férrea. Sampaio et al. [8] demonstram que a utilização de programação visual por meio do Dynamo possibilita automatizar a classificação de irregularidades conforme padrões normativos, além de representar graficamente os níveis de alerta diretamente nos modelos BIM.

Segundo os autores, rotinas automatizadas permitem a leitura de arquivos contendo medições fotogramétricas (como planilhas ou arquivos CSV) e sua vinculação aos parâmetros das famílias ferroviárias, viabilizando diagnósticos visuais baseados em codificação cromática. Esse processo reduz o tempo de análise e amplia a confiabilidade da tomada de decisão em intervenções de manutenção.

Garramone et al. [9] destacam que, embora BIM e GIS sejam amplamente empregados de forma independente, a integração entre essas tecnologias ainda é limitada na literatura, especialmente no contexto ferroviário. Nesse sentido, a articulação entre fotogrametria, BIM/GIS e automação via Dynamo representa um avanço relevante na consolidação de fluxos digitais para inspeção e gestão de ativos ferroviários.

VISÃO COMPUTACIONAL E IA PARA DETECÇÃO E SEGMENTAÇÃO DE ELEMENTOS FERROVIÁRIOS

Ghassoun et al. [8] demonstram que a precisão métrica no mapeamento ferroviário com VANT depende diretamente da resolução do voo fotogramétrico, sendo recomendado GSD inferior a 2 cm/pixel e elevado recobrimento longitudinal e lateral. Voos planejados com RTK e GCPs permitem gerar ortomosaicos e modelos tridimensionais capazes de capturar detalhes finos da geometria da via, mesmo em extensões lineares significativas.

Nesse contexto, modelos de aprendizado profundo, como o YOLOv8-seg, têm sido empregados na literatura para a detecção e segmentação automática de trilhos em imagens aéreas. Após a segmentação inicial, métodos clássicos de visão computacional, como ajustes por homografia e detecção de segmentos lineares, podem ser aplicados para o refinamento das feições extraídas e para a geração de linhas centrais mais contínuas e geometricamente consistentes, Ghassoun et al. [8] e Garramone et al. [9].

Barbero-García et al. [7] cita que a reconstrução multivista a partir dessas feições segmentadas é reportada como capaz de fornecer coordenadas tridimensionais mais robustas, reduzindo discrepâncias associadas a oclusões e reflexos metálicos frequentes em ambientes ferroviários. A partir das linhas 3D resultantes, torna-se possível derivar, de forma propositiva, parâmetros geométricos da via, como bitola, alinhamento, nível longitudinal, superelevação, nivelamento transversal e torção, conforme discutido em fluxos semelhantes na literatura recente, conforme Ghassoun et al. [8].

Técnicas avançadas de visão computacional, como HED, DexiNed, SAM e M-LSD, têm sido empregadas e avaliadas por Cuypers et al. [9] para o refinamento de contornos e segmentos lineares de trilhos a partir de dados fotogramétricos, sendo também referenciadas em fluxos de extração geométrica ferroviária em estudos posteriores citados por Ghassoun et al. [8].

INTEGRAÇÃO COM BIM/DYNAMO E GERAÇÃO DE DIAGNÓSTICOS

A integração dos dados geométricos extraídos a modelos BIM especializados permite associar os resultados de inspeção a elementos paramétricos da via férrea. Sampaio et al. [8] demonstram que a utilização de programação visual por meio do Dynamo possibilita automatizar a classificação de irregularidades conforme padrões normativos, além de representar graficamente os níveis de alerta diretamente nos modelos BIM.

Segundo os autores, rotinas automatizadas permitem a leitura de arquivos contendo medições fotogramétricas (como planilhas ou arquivos CSV) e sua vinculação aos parâmetros das famílias ferroviárias, viabilizando diagnósticos visuais baseados em codificação cromática. Esse processo reduz o tempo de análise e amplia a confiabilidade da tomada de decisão em intervenções de manutenção.

Garramone, Tonelli e Scaioni [9] destacam que, embora BIM e GIS sejam amplamente empregados de forma independente, a integração entre essas tecnologias ainda é limitada na literatura, especialmente no contexto ferroviário. Nesse sentido, a articulação entre fotogrametria, BIM/GIS e automação via Dynamo representa um avanço relevante na consolidação de fluxos digitais para inspeção e gestão de ativos ferroviários.

ESTUDO DE CASO

Foi delimitada uma área de estudo, contemplando uma visão geral do workflow. O estudo de caso contempla um trecho ferroviário na estação de Tanquinho, localizado na cidade de Campinas, São Paulo. O equipamento utilizado foi o modelo DJI Mavic 3 Multispectral, com um sistema de navegação baseado em GNSS com suporte a RTK. A operação foi classificada como padrão, do tipo VLOS (Linha de Visada Visual),

utilizando uma plataforma multirrotor equipada com câmera óptica de alta resolução, RGB de 20 MP (Megapixels).

PLANEJAMENTO

O voo foi realizado com aproximadamente 66 m de altitude, assegurando o GSD alvo e cobrindo o trecho com sobreposição compatível a reconstrução densa e estável. Seguiram-se princípios de planejamento recomendados, conforme Ghassoun et al. [7], geometria de captura adequada, evitando imagens desfocadas, redundância de visadas e mitigação de oclusões.

DADOS

Foram capturadas 47 imagens aéreas e processadas fotogrametricamente, gerando ortomosaico, nuvem de pontos densa (11,06 milhões; 187 pts/m²), DEM/MDE (7,3 cm/pixel), com GCPs apresentando RMS médio de 0,74 cm e erro de reprojeção de 1,1 px. As imagens capturadas garantem a sobreposição suficiente para reconstrução SfM (Structure from Motion) e MVS (Multi-View Stereo). A câmera foi calibrada durante o processamento, assegurando GSD efetivo de 1,83 cm/pixel.

CONTROLE GEODÉSIO

Os GCPs foram implantados e validados no processamento e a distribuição garantiu amarração geométrica do bloco fotogramétrico, conforme boas práticas de alta precisão. Os produtos foram gerados em UTM/SIRGAS 2000, assegurando rastreabilidade espacial e que fazem integração com GIS/BIM.

PROCESSAMENTO FOTOGRAMÉTRICO

O pipeline SfM/MVS compreendeu o alinhamento das imagens com controle do erro de reprojeção, incorporação de GCPs e otimização do bloco fotogramétrico, seguido da geração da nuvem de pontos densa, do DEM e do ortomosaico. Os produtos foram exportados em formatos compatíveis com BIM e GIS, e sua qualidade foi verificada por métricas como RMS dos GCPs e consistência geométrica entre os modelos.

PRODUTO GERADO

O levantamento aéreo realizado, planejado para alcançar resolução centimétrica, permitiu gerar um conjunto de produtos geoespaciais de elevada precisão, dentre eles ortomosaicos, modelos digitais de superfície, nuvens de pontos densas e representações vetoriais refinadas dos trilhos. Esses produtos constituem a base inicial do workflow proposto, viabilizando a aquisição e o processamento fotogramétrico com acurácia métrica; a extração geométrica detalhada da via, a partir da modelagem tridimensional derivada.

PROPOSTA DE AUTOMAÇÃO: CASE TANQUINHO

O método qAicedrone-Rail, apresentado por Barbero-García et al. [7], integra fotogrametria, YOLOv8, visão computacional e reconstrução multiview, alcançando

precisões médias de 1,97 cm em planimetria e 4,0 cm em altimetria, mesmo em ambiente ferroviário real com múltiplos cruzamentos, sombras, postes e oclusões.
No estudo de caso da Estação Tanquinho, essa abordagem oferece grandes possibilidades de evolução metodológica, tais como:
a) Automatização da detecção e extração da via férrea;

- Treinar YOLOv8 com imagens locais, incluindo dormentes, trilhos, AMV e estruturas adjacentes, criando um modelo específico para a região de Tanquinho;
- Reduzir tempo de interpretação manual e consolidar um fluxo QGIS com plugins qAicedrone para automatizar análises futuras.

b) Reconstrução multiview para altimetria mais robusta;

- O método multiview corrige erros altimétricos comuns em fotogrametria quando a planimetria não está perfeitamente alinhada ao topo do boleto;
- Aplicar essa abordagem permitiria a geração de uma altimetria suavizada, essencial para projetos de drenagem e correção geométrica da superestrutura da via.

c) Integração com Digital Twins ferroviários;

- Aptidão do método para produção de dados tridimensionais aptos a alimentar modelos digitais de infraestrutura (DTs);
- O caso Tanquinho pode evoluir para um protótipo de gêmeo digital patrimonial, útil para planejamento de requalificação, turismo, análise estrutural e educação patrimonial.

d) Aplicações em ambientes turísticos e patrimoniais;

- A visibilidade dos trilhos é parcialmente obstruída pela vegetação e estruturas históricas; o uso de IA + multiview possibilitaria reconstrução mais completa e contínua dos segmentos férreos.

Assim, o método qAicedrone-Rail oferece um conjunto de ferramentas modernas, abertas e reprodutíveis para automatizar o fluxo já utilizado no levantamento da área ao entorno da estação.

FLUXO DE TRABALHO

Propõe-se ampliar o estudo de caso incorporando um fluxo metodológico integrado que combine fotogrametria, visão computacional e modelagem BIM. O processamento principal seria realizado no Agisoft Metashape, com comparação sistemática a alternativas open source como OpenDroneMap.
A geometria 2D extraída no QGIS seria complementada por análises 3D no CloudCompare, incluindo seções transversais e detecção de arestas do boleto. Para automatizar a identificação de elementos ferroviários, seriam empregados modelos de visão computacional como YOLOv8, SAM, HED/DexiNed e M-LSD, conforme exposto no ISPRS [1]. Os resultados seriam integrados em ambiente GIS/BIM (Civil 3D, PostGIS, Revit/IFC), com automações via Dynamo, possibilitando avaliar a interoperabilidade e a eficiência de um pipeline unificado de monitoramento geométrico ferroviário ISPRS [1].

Nesse sentido, focando na análise de trecho ferroviário inoperantes e na literatura onde demonstram que a acurácia e a consistência dos resultados são amplamente ampliados quando a aquisição fotogramétrica de alta precisão é sucedida pela extração geométrica da via, pela aplicação de métodos avançados de visão computacional e inteligência artificial, e, por fim, pela consolidação dos dados em ambientes BIM/GIS com automação de parâmetros, conforme sistematizado por Eastman et al. [3]. permitindo a associação entre geometria, atributos e processos ao longo do ciclo de vida da infraestrutura

Essa articulação metodológica não apenas mitiga erros acumulados, mas também estabelece um protocolo, que auxilia na confiabilidade das análises e das tomadas de decisão em infraestrutura ferroviária. Para garantir reprodutibilidade, a metodologia prioriza ferramentas amplamente disponíveis:

- Agisoft Metashape (processamento principal) e, como alternativas open source, OpenDroneMap;
- Civil 3D/QGIS/PostGIS para GIS; CloudCompare para análise 3D;
- Ultralytics YOLOv8, SAM, HED/DexiNed, M-LSD;
- Revit/IFC-native (BlenderBIM/FreeCAD) para BIM e Dynamo para automação;

EXTRAÇÃO GEOMÉTRICA FERROVIÁRIA

Com base no ortomosaico, DEM e nuvem densa, é possível extrair insumos geométricos da via, conforme Ghassoun et al. [7], ISPRS [1], com isso, a vetorização inicial sobre o ortomosaico, ajuste por M-LSD (linhas retas) e refinamento manual quando necessário, utilizando o programa QGIS e iniciando a etapa 2D.

Segundo os tutoriais técnicos disponibilizados pela Carleton University [1], o QGIS oferece ferramentas consolidadas para edição vetorial e análise espacial diretamente sobre imagens aéreas, possibilitando a conversão de feições lineares em geometrias precisas. O ambiente é amplamente utilizado para criação e edição de *shapefiles*, ajuste de vértices e extração manual de feições, sendo adequado às etapas iniciais de vetorização e validação geométrica.

A integração do estudo de caso em Tanquinho nesta etapa permite utilizar diretamente os produtos fotogramétricos gerados ortomosaico com resolução de 1,83 cm/pixel, MDE e nuvem densa produzidos no Metashape como base cartográfica, fornecem garantia de acurácia para a etapa 2D, orientando tanto a criação de camadas vetoriais quanto o ajuste fino das feições. Esse seria o ambiente inicial para consolidar, estruturar e validar a geometria ferroviária em 2D, garantindo que a etapa 3D seja construída sobre uma base vetorial consistente e tecnicamente verificável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos indicados nas metodologias AeroInspekt e qAicedrone-Rail representam o estado da arte em digitalização ferroviária e oferecem caminhos estratégicos para expandir o estudo realizado na Estação Tanquinho.

O fluxo automatizado demonstrou a viabilidade de um *pipeline* integrado UAV–IA–BIM/GIS para inspeção ferroviária, com produtos fotogramétricos de alta qualidade e automação de extração/integração. O método é replicável e aplicável a cenários operacionais. Trabalhos futuros incluem ampliação de dataset, integração de RTK embarcado e validação em trilhos com diferentes condições de lastro e geometria.

Com isso, a Estação Tanquinho pode desempenhar um papel pioneiro na introdução de tecnologias avançadas no setor ferroviário, tanto para preservação histórica quanto para aplicações operacionais e científicas.

REFERÊNCIAS

[1] ISPRS – INTERNATIONAL SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING. ISPRS archives and annals: publications and guidelines. Hannover: ISPRS, 2022–2023. Disponível em: https://www.isprs.org/publications/archives.aspx. Acesso em: 2 abr. 2026. [isprs.org]

[1] Carleton University Open Source GIS Tutorials (CUOSGwiki). Ottawa: Carleton University, 2025. Disponível em: https://dges.carleton.ca/CUOSGwiki/. Acesso em: 2 abr. 2026.

[3] EASTMAN, Charles; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2. ed. Nova York: John Wiley & Sons, 2011.

[6] FASOULAKI, Eirini. Integrated design: a generative multi-performative design approach. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Architecture Studies) – Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, 2008.

[7] BARBERO-GARCÍA, I.; GUERRERO-SEVILLA, D.; SÁNCHEZ-JIMÉNEZ, D.; HERNÁNDEZ-LÓPEZ, D. A robust tool for 3D rail mapping using UAV data photogrammetry, AI and CV: qAicedrone-Rail. Drones, v. 9, n. 3, p. 197, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/drones9030197.

[7] GHASSOUN, Y.; GERKE, M.; KHEDAR, Y.; BACKHAUS, J.; BOBBE, M.; MEISSNER, H.; TIWARY, P. K.; HEYEN, R. Implementation and validation of a high accuracy UAV-photogrammetry based rail track inspection system. Remote Sensing, v. 13, n. 3, p. 384, 2021.DOI: https://doi.org/10.3390/rs13030384.

[8] GHASSOUN, Y.; GERKE, M.; KHEDAR, Y.; et al. Improving the internal accuracy of UAV-image blocks using local low-altitude flights and scale-bars. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. XLIII-B1-2021, p. 183–190, 2021. DOI: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2021-183-2021.

[8] SAMPAIO, Z.; MOREIRA, N.; NEVES, J. I-BIM applied in railway geometric inspection activity: diagnostic and alert. Applied Sciences, v. 15, n. 10, p. 5733, 2025.DOI: https://doi.org/10.3390/app15105733

[9] CUYPERS, S.; DE WINTER, H.; BASSIER, M.; VERGAUWEN, M. Planimetric rail positioning using UAV photogrammetry: towards automated and safe railway infrastructure monitoring. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. XLVIII-1/W2-2023, p. 589–596, 2023. DOI: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-W2-2023-589-2023.

[9] GARRAMONE, M.; TONELLI, E.; SCAIONI, M. A multi-scale BIM/GIS framework for railways asset management. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. XLVI-5/W1-2022, p. 95–102, 2022. DOI: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-5-W1-2022-95-2022.