



POINTS-TO-BIM E INFRAESTRUTURA VIÁRIA, UMA ANÁLISE DE TECNOLOGIAS EXISTENTES

Palavras-Chave: varredura a laser; processamento de nuvens de pontos; modelos de informação de infraestrutura; modelagem de informação de construção; sistemas de informação geográfica.

ALICE DE JESUS GIARDINI, Faculdade de Tecnologia(FT) – Universidade Estadual de Campinas(UNICAMP)

Prof^(a). Dr^(a). ELOISA DEZEN-KEMPTER, Faculdade de Tecnologia(FT) – Universidade Estadual de Campinas(UNICAMP)

INTRODUÇÃO:

A modelagem de informações da construção (BIM) consiste em um modelo digital compartilhado entre diferentes membros de uma equipe envolvida em um projeto de infraestrutura. Por meio da integração de dados proveniente de diferentes setores, o BIM estabelece uma base de dados confiável para tomada de decisões aplicáveis desde sua concepção inicial até a eventual demolição (AMMAR; DADI; NASSEREDDINE, 2022; COSTIN et al., 2018). Ademais, o BIM também tem aplicação na operação e manutenção da infraestrutura, proporcionando benefícios ao longo de todo o seu ciclo de vida (AUTODESK, 2015).

Dentre seus benefícios, a implementação do BIM possibilita o desenvolvimento do modelo esquemático antes do modelo detalhado para uma visualização antecipada e mais precisa do projeto, facilita a colaboração entre diferentes áreas do desenvolvimento contribuindo para diminuir possíveis erros e omissões do projeto e possibilita a análise de custos antecipadamente e com maior precisão utilizando a visualização 3D para quantificação de espaços e materiais empregados. Além disso, o compartilhamento eficiente das informações auxilia em antecipar a detecção de conflitos no projeto e otimiza a operação e manutenção de infraestruturas com maior segurança e precisão de informações. (AUTODESK, 2015; COSTIN *et al.*, 2018; SMART MARKET REPORT, 2017; ŠIMENIĆ, 2021).

Como método de coleta de dados para o modelo BIM, a varredura a laser e a fotogrametria com drone se apresentam como alternativa que oferece economia de tempo e dinheiro com maior segurança e precisão em relação à coleta manual de dados (COSTIN *et al.*, 2018). Além disso, essas tecnologias permitem a digitalização de infraestruturas já existentes, possibilitando sua integração em um modelo BIM. Tanto a varredura a laser quanto o uso de drone podem ser aplicados para o acompanhamento contínuo de um ativo, sendo capaz de abranger grandes áreas quando necessário mantendo um nível de precisão razoável (COSTIN *et al.*, 2018).

Apesar dos inegáveis benefícios no compartilhamento e gerenciamento de informações, a implementação do BIM em projetos de infraestruturas de transporte tem se mostrado mais lenta em comparação com outros setores da construção (COSTIN *et al.*, 2018). De acordo com a pesquisa apresentada pelo Smart Market Report (2017), o setor de transportes possui uma aplicação em três anos de atraso com as infraestruturas verticais. Considerando isso, essa

pesquisa concentrou-se em analisar a literatura sobre a implementação de BIM em infraestruturas de transporte e realizar a aplicação de ferramentas de laser scanner e drone em uma infraestrutura de transportes já existente.

METODOLOGIA:

A metodologia empregada nesta pesquisa divide-se em 3 etapas de desenvolvimento, a saber: revisão sistemática de literatura, varredura digital e processamento da varredura. A seguir, será apresentada uma descrição delas.

Revisão Sistemática de Literatura

A Revisão Sistemática de Literatura foi conduzida utilizando a base Science Direct como fonte para busca dos artigos relacionados ao tema de interesse. As palavras-chave utilizadas na busca foram “BIM, transportation Infrastructure, road design” publicados nos últimos 10. Um total de 31 artigos foram encontrados e, posteriormente, submetidos ao aplicativo de Web Rayyan e analisados seguindo o Protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) como referência metodológica.

A primeira etapa da análise consistiu em identificar e eliminar possíveis duplicatas entre os artigos encontrados. Em seguida, os títulos e os resumos dos artigos restantes foram analisados e cada publicação foi avaliada quanto à sua inclusão ou exclusão. Os critérios utilizados para a exclusão dos artigos foram baseados em aspectos como a falta de relevância para o tema em questão, a ausência das palavras-chave e a falta de abordar infraestruturas de transporte.

Ao término dessa triagem, os artigos incluídos foram submetidos à leitura completa com objetivo de avaliar o uso de varredura digital com laser escâner terrestre e drones para a modelagem BIM em infraestruturas de transporte e analisar os softwares utilizados para suportar essa abordagem de metodologia.

Varredura digital

O procedimento de varredura com o drone foi conduzido através de um voo automatizado, em que a trajetória foi criada utilizando o aplicativo Flight da DroneDeploy (Figura 1), com sobreposição longitudinal de 75% e lateral de 65%. Ademais, o escaneamento a laser foi realizado ao longo da via em 16 pontos de coleta distintos.

Os equipamentos utilizados foram o drone DJI mavic Pro 2 com câmera embarcada e o laser scanner FARO Focus M70 e ambas as metodologias foram aplicadas na Avenida Cônego Manoel Alves, em Limeira, São Paulo, entre a Avenida Gumercindo Araújo e a Rua Pedro Zaccaria.

Figura 1. Rota programada do drone

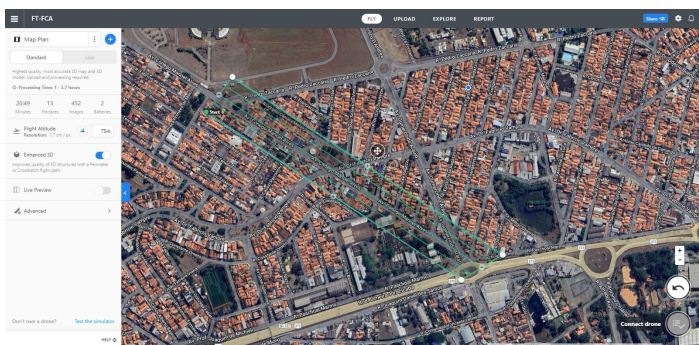


Figura 2. Posições do scanner



Processamento da varredura

O processamento dos dados coletados pelo drone foi realizado através do software Metashape, desenvolvido pela Agisoft. Já o do escaneamento a laser foi processado utilizando o software Scene, desenvolvido pela empresa responsável pela fabricação do escâner empregado.

RESULTADOS:

Revisão Sistemática de Literatura

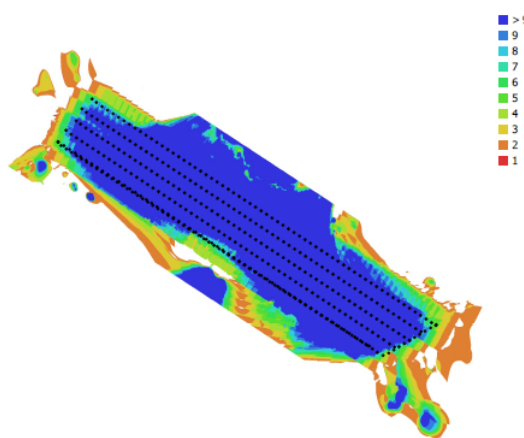
Foram considerados 8 artigos para a Revisão Sistemática de Literatura. Dentre esses artigos, a data de publicação varia entre 2018 a 2023, sendo que em 2019 não contemplava nenhum dos artigos, enquanto 3 deles se encontravam no ano de 2020. Eles eram em sua maioria pesquisas aplicadas (4) ou pesquisas empíricas (3) e um artigo era uma revisão de literatura. Além disso, 6 artigos foram publicados pelo periódico *Automation in Construction* e o *International Journal of Disaster Risk Reduction* e o *Tunnelling and Underground Space Technology* publicaram 1 artigo cada.

Dentre as infraestruturas mais citadas, encontra-se a ponte como foco de 5 artigos. A extensão do BIM para pontes, conhecido como *Bridge Information Modeling (BrIM)*, auxilia para isso por abranger características únicas, como alinhamento da estrada e curvatura da viga, das pontes (COSTIN *et al.*, 2018). Ademais, o setor ferroviário foi tema de duas pesquisas enquanto a rodovia apareceu em apenas um artigo como tema central.

Varredura por drone

A figura 3 ilustra a sobreposição das 383 imagens coletadas e processadas pelo software *Metashape*. O número presente na legenda indica a quantidade de imagens que foram sobrepostas em cada posição.

Figura 3 Posição e sobreposição das fotografias



Na fase inicial do processamento fotogramétrico, ocorreu o alinhamento das imagens coletadas pelo drone, bem como a identificação dos pontos homólogos. O produto resultante desta etapa de Fototriangulação é a geração da nuvem de “tie points” ou esparsa, cuja função é materializar o sistema de coordenadas do local em estudo.

A etapa seguinte consiste em densificar a nuvem de pontos esparsa, aumentando a quantidade de pontos na nuvem de pontos diminuindo os espaços vazios para representar melhor a área mapeada. A nuvem de pontos densa, representada na Figura 4, é empregada para geração do Modelo Digital de Superfície (MDS), representado na Figura 5.

Figura 4 Dense Cloud da varredura com drone

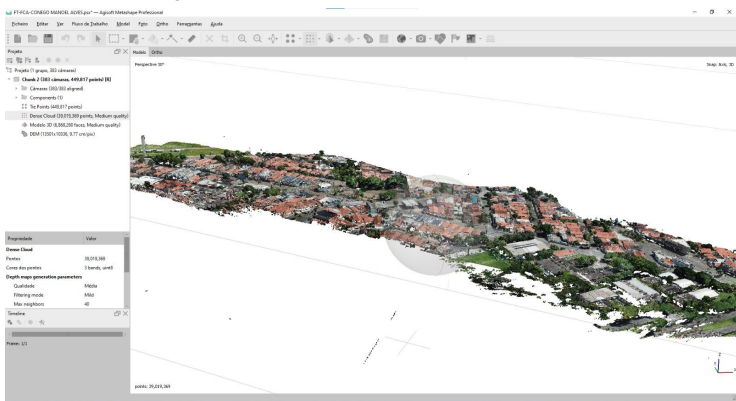
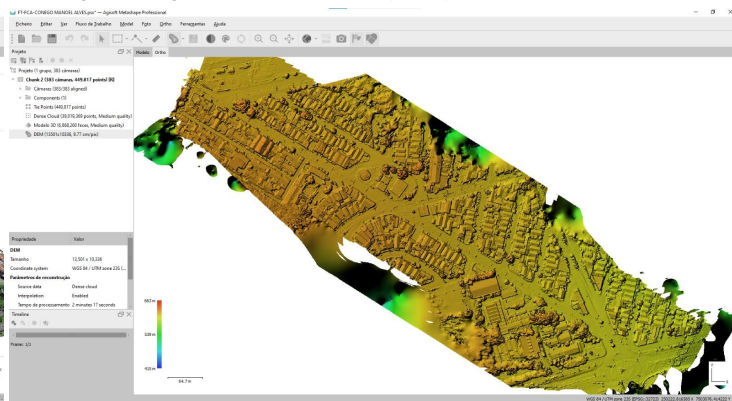
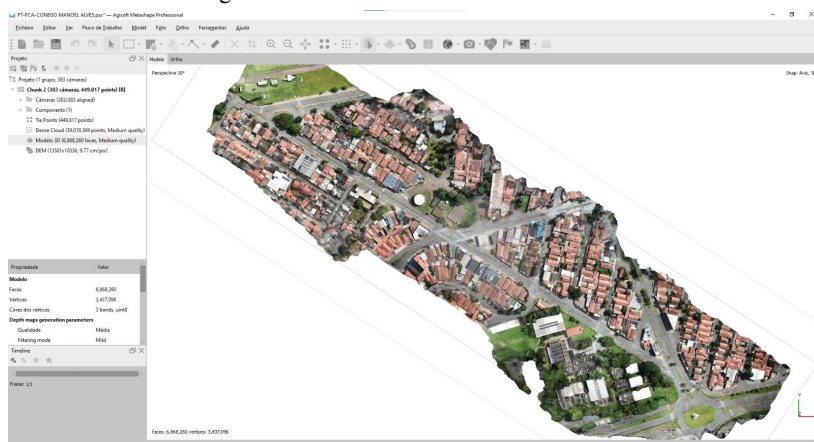


Figura 5 Digital Elevation Model (DEM) da varredura com drone



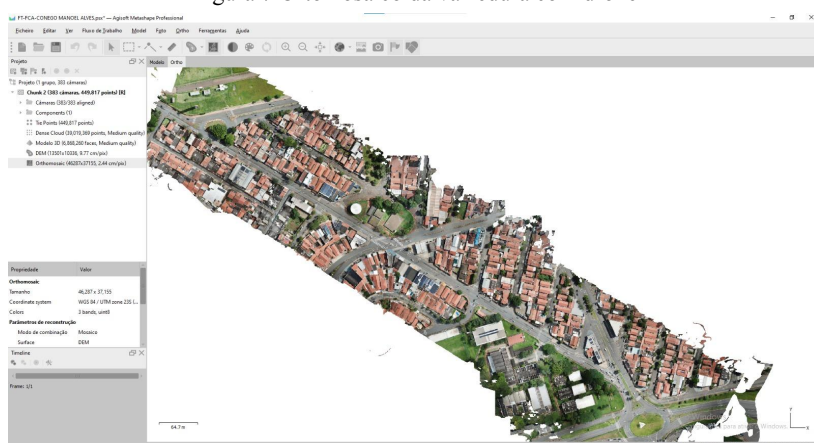
Além disso, a partir da nuvem de pontos densa, é possível gerar superfícies tridimensionais, como o mesh, ou malha TIN (triangulated irregular network), como apresentado na Figura 6.

Figura 6 Modelo 3D da varredura com drone



Por fim, para gerar um mosaico de ortofotos, é necessário realizar a ortorretificação das imagens, projetando as feições de forma ortogonal e com uma escala constante, o que corrige os deslocamentos decorrentes do relevo e da inclinação da câmera. Após a conclusão desse processo, o software é capaz realizar a mosaicagem das ortofotos e produzir um produto como apresentado na Figura 7.

Figura 7 Ortomosaico da varredura com drone



Varredura scanner a laser

Apesar de terem sido coletados 16 pontos ao longo da Avenida Cônego Manoel Alves, foi possível processar apenas os pontos 1 ao 10, pois eles apresentavam sobreposição suficiente para o registro dos diferentes escaneamentos. No entanto, a partir do cruzamento com a Avenida Dr. Fabrício Vampré, foi necessário complementar os pontos coletados devido à falta de sobreposição suficiente para o registro dos escaneamentos. As figuras 8 e 9 apresentadas a seguir referem-se aos pontos 1 a 10.

Figura 8 Nuvem de Pontos em visualização normal



Figura 9 Nuvem de Pontos em padrão RGB



CONCLUSÕES:

O desenvolvimento do BIM para o setor de pontes se apresenta mais avançado que outros setores de transporte o que é muito importante para a integralização da ferramenta com o setor. Além disso, o uso de scanner laser e a fotogrametria com drone à varredura digital e obtenção de nuvens de pontos contribui para uma maior precisão e detalhes de dados para o modelo BIM, fornecendo informações com alta confiabilidade.

A aplicação da varredura digital na infraestrutura de transportes mapeada possibilita a análise da infraestrutura já existente de maneira digital, com alta precisão de detalhes em curto espaço de tempo.

Em suma, o campo de infraestrutura de transporte possui alto potencial da aplicação de recursos BIM, podendo se beneficiar dos seus recursos e tecnologias.

BIBLIOGRAFIA

- AMMAR, Ashtarout; DADI, Gabriel; NASSEREDDINE, Hala. Transportation asset data management: BIM as a holistic data management approach. In: **Construction Research Congress 2022**. 2022. p. 208-217.
- AUTODESK. How BIM Changes the game for transportation. **Informed Infrastructure White Paper**, 2015. Disponível em: www.informedinfrastructure.com. Acessado em: 5 set. 2022.
- COSTIN, Aaron *et al.* Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure—Literature review, applications, challenges, and recommendations. **Automation in construction**, v. 94, p. 257-281, 2018.
- MOURAD OUZZANI, Hossam Hammady, Zbys Fedorowicz, and Ahmed Elmagarmid. Rayyan — a web and mobile app for systematic reviews. **Systematic Reviews (2016)** 5:210, DOI: 10.1186/s13643-016-0384-4.
- ŠIMENIĆ, Denis. Building Information Modelling (BIM) For Road Infrastructure: TEM Requirements and Recommendations. 2021.
- SMART MARKET REPORT. The Business Value of BIM for Infrastructure 2017. Bedford, MA, 2017.