

USO DE ARP COMO SUPORTE A INTEGRAÇÃO BIM-GIS: ANÁLISE DA PRECISÃO NO LEVANTAMENTO DE ÁREAS

Ernandes Resende da Silva Júnior⁽¹⁾, Larissa Prado da Mata⁽²⁾, Augusto Tulio Mansour Simão⁽³⁾, Raquel Naiara Fernandes Silva⁽⁴⁾, Ana Carolina Fernandes Maciel⁽⁵⁾

(1) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, ID ORCID 0009-0005-2027-0491

(2) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, ID ORCID 0009-0005-3725-9010

(3) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, ID ORCID 0000-0002-7358-2879

(4) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, ID ORCID 0000-0002-8010-8251

(5) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, ID ORCID 0000-0003-1307-9291

Resumo

A integração entre *Building Information Modeling* (BIM) e *Geographic Information Systems* (GIS) tem se consolidado como abordagem promissora para a integração do planejamento urbano, ampliando a eficiência técnica, reduzindo riscos e qualificando a tomada de decisões. Enquanto o BIM foca em representar precisamente as informações construtivas, de custos, planejamento e ciclo de vida das edificações, o GIS complementa essa abordagem ao incorporar variáveis geográficas, ambientais, urbanísticas e de infraestrutura. Neste contexto, as Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) destacam-se como ferramentas úteis, dispondo de sistemas de posicionamento global (GPS), câmeras de alta resolução e térmicas, além de sensores de distância, possibilitando levantamentos eficientes do ambiente construído. Este estudo objetivou comparar a confiabilidade e a precisão da determinação de áreas obtidas por meio de levantamento aerofotogramétrico com ARP e por modelagem em ambiente BIM, utilizando os Blocos 1Y e 5E da Universidade Federal de Uberlândia como objeto de estudo. Concluiu-se que o levantamento fotogramétrico apresentou elevada precisão no cálculo de áreas construídas, com resultados similares a área de referência, enquanto o modelo BIM apresentou discrepâncias associadas a simplificações geométricas. Nesse contexto, a integração entre fotogrametria, nuvem de pontos e BIM mostrou-se uma abordagem tecnicamente robusta, capaz de subsidiar modelos informacionais mais consistentes e confiáveis.

1. Introdução

A multidisciplinaridade da Engenharia Civil se expressa na crescente integração com diferentes tecnologias, dentre as quais se destacam a metodologia BIM (*Building Information Modeling*) e os sistemas GIS (*Geographic Information System*). Essas ferramentas ampliam a capacidade de análise, planejamento e gestão de empreendimentos, promovendo maior eficiência técnica ao longo do ciclo de vida das obras.

O BIM baseia-se na modelagem digital paramétrica de edificações e infraestruturas, associando representação tridimensional a informações técnicas, funcionais e gerenciais. Na prática, o BIM é amplamente aplicado nas etapas de concepção, projeto, planejamento, execução e operação, permitindo compatibilização multidisciplinar, simulações construtivas, extração automatizada de quantitativos e suporte à tomada de decisão [1]. Já os sistemas GIS possibilitam a análise integrada de dados geoespaciais, sendo essenciais para o planejamento urbano, estudos de viabilidade locacional, avaliação ambiental e implantação de obras de infraestrutura [2].

Nesse contexto a integração entre BIM e GIS potencializa a compreensão do ambiente construído e de sua inserção territorial, favorecendo análises mais precisas sobre viabilidade, impactos e compatibilidade normativa. Essa abordagem integrada contribui para decisões mais assertivas, redução de riscos, maior coordenação entre agentes e suporte ao desenvolvimento urbano sustentável [3].

Embora amplamente difundidos em outros setores, os drones ainda apresentam adoção recente na construção civil, destacando-se como ferramentas promissoras para levantamentos rápidos e precisos [4]. Diante da crescente complexidade dos empreendimentos, este estudo teve como objetivo validar a precisão de levantamentos realizados por aeronaves remotamente pilotadas aplicados à modelagem fotogramétrica e ao cálculo de áreas construídas, comparando-os com métodos clássicos de levantamento.

2. Levantamento de áreas com drones

O levantamento de áreas urbanas por meio de tecnologias topográficas, como drones, estação total, sistemas GNSS de alta precisão e escaneamento a laser, constitui etapa essencial na Engenharia Civil, fornecendo dados georreferenciados que subsidiam o planejamento, projeto e execução de obras. Essas ferramentas permitem a obtenção de modelos digitais do terreno, curvas de nível, delimitação de áreas construídas e identificação de obstáculos com maior rapidez e eficiência, reduzindo custos e otimizando o tempo quando comparadas aos métodos tradicionais.

Tradicionalmente, os levantamentos de áreas construídas são realizados com equipamentos terrestres, como trenas, teodolitos, níveis e estações totais, exigindo medições diretas e presença constante da equipe em campo. Apesar da precisão, tais métodos apresentam limitações operacionais, sobretudo quanto ao tempo necessário para execução, configurando-se como um dos principais gargalos da atividade topográfica [5]. Nesse contexto, a adoção de aeronaves remotamente pilotadas (ARP) surge como alternativa promissora para otimização dos levantamentos, ampliando a produtividade e reduzindo riscos operacionais.

O uso de ARP permite a realização de levantamentos previamente programados, com definição precisa dos parâmetros de voo e verificação dos requisitos mínimos de segurança [6]. Após a coleta das imagens, o tratamento e a interpretação dos dados tornam-se etapas centrais, sendo a fotogrametria responsável pela extração confiável de medidas a partir das imagens captadas [7]. Em termos conceituais, a fotogrametria pode ser classificada segundo vertentes relacionadas aos dados de entrada, métodos de processamento, algoritmos, posicionamento do sensor, distância ao objeto e geometria de aquisição, conforme ilustrado na Figura 1.

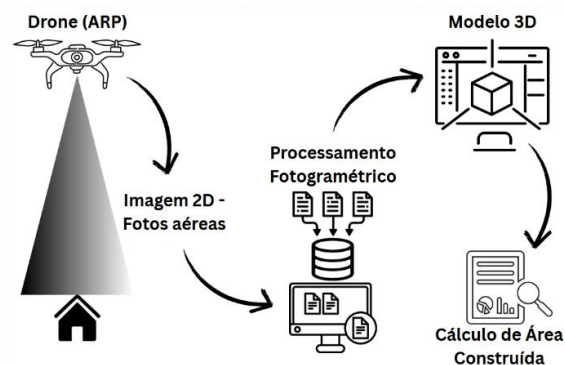


Figura 1: Fluxo conceitual de fotogrametria para cálculo de áreas construídas.

A qualidade dos produtos fotogramétricos depende diretamente do adequado planeamento de voo, que contempla parâmetros como trajetória, altitude, angulação da câmara, velocidade do drone, pontos de controle e sobreposição das imagens [8,9]. Adicionalmente, fatores ambientais exercem influência significativa na captação das imagens, sendo elementos como iluminação, presença de nuvens, sombras, vento e variações térmicas determinantes para a nitidez, estabilidade e alinhamento das imagens, impactando diretamente a acurácia dos resultados [10]. Para a reconstrução tridimensional a partir da sobreposição de imagens digitais, destaca-se a técnica Structure from Motion (SfM), que requer definição criteriosa dos parâmetros de sobrevoo e sobreposição mínima de aproximadamente 60% entre imagens, garantindo robustez geométrica ao modelo final [9]. Conforme ilustrado na Figura 2, o número de encontros entre as imagens aumenta proporcionalmente à densidade dos pontos definidos, refletindo na qualidade da nuvem de pontos e dos modelos tridimensionais.

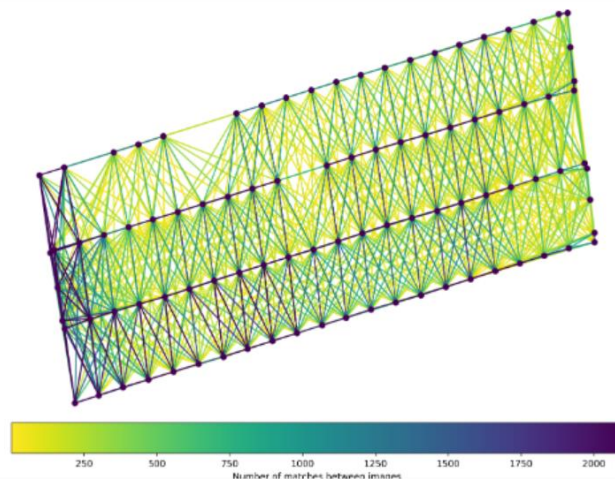


Figura 2: Número de encontros entre imagens.

Segundo [11], o SfM tem sido amplamente empregado na reconstituição volumétrica de edificações e objetos devido à sua eficiência operacional e baixo custo. Entre as ferramentas disponíveis para processamento fotogramétrico destaca-se o Web Open Drone Map (WebODM), uma plataforma de código aberto desenvolvida para o processamento de imagens obtidas por ARP, permitindo a execução completa dos fluxos fotogramétricos [12], apresentando desempenho estável e custo reduzido quando comparada a soluções comerciais [13].

No processamento das imagens, métodos de classificação baseados em regiões, desenvolvidos desde a década de 1980, possibilitam a segmentação automática de feições do terreno por meio da análise de grupos homogêneos de pixels, superando limitações dos métodos tradicionais pixel a pixel [14]. Essa abordagem permite identificar com maior precisão áreas construídas, vegetação, corpos d'água e superfícies pavimentadas.

A segmentação automática de áreas, fundamentada em dados quantitativos, apresenta resultados satisfatórios em frações menores de tempo quando comparada à segmentação manual, tornando-se essencial para a interpretação eficiente das imagens e extração de informações espaciais relevantes [15]. Nesse contexto, o avanço das pesquisas em processamento de dados de aerolevantamentos contribui significativamente para o aprimoramento da precisão, da eficiência e da aplicabilidade dessas técnicas, ampliando seu uso em engenharia, planejamento urbano, monitoramento ambiental e agricultura de precisão.

3. Metodologia

Para se atingir os objetivos estabelecidos, desenvolveu-se um estudo de caso, no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. O estudo de caso é um método de investigação científica que consiste na análise aprofundada e detalhada de um objeto, fenômeno ou situação específica, permitindo compreender suas particularidades e contextos. Essa abordagem é importante para a pesquisa científica pois possibilita aplicação de conhecimentos, validação de teorias e identificação de soluções práticas, oferecendo subsídios para a tomada de decisões e para o avanço do conhecimento em áreas específicas [16].

Os procedimentos metodológicos da pesquisa podem ser ilustrados pelo fluxograma presente na Figura 3.



Figura 3: Fluxograma metodológico.

Para a execução do voo, o drone empregado foi o DJI Phantom 4 Pro V2.0, equipado com câmera de alta resolução de 20 MP, abertura ajustável entre f/2.8 e f/11, sensor CMOS de 1 polegada e capacidade de capturar imagens em formato RAW. Quanto ao processamento dos dados, foi realizado em um computador Dell G5, com 16 GB de RAM, SSD de 1 TB, placa de vídeo NVIDIA GeForce RTX 4060 e processador Intel Core i7 de 10ª geração. Para a execução das etapas da pesquisa, foram utilizados: o Pilot para o planejamento de voo do drone; o WebODM para o processamento de imagens obtidas pelo drone; o QGIS para análise e cálculo de áreas e o Revit para a modelagem BIM das edificações. Para servir como referência para o comparativo das áreas, foi modelado no software Revit o conjunto de edificações pertencentes à região de interesse. A modelagem compreendeu os elementos de vedação, estrutura, pisos e cobertura, em LOD 300, de forma a delimitar a projeção da edificação e sua área construída. Por não ser essencial ao objetivo do estudo, não se modelou instalações elétricas e hidrossanitárias, detalhamentos de acabamentos, iluminação e detalhamento de armaduras de elementos estruturais. Com a modelagem finalizada, foi extraído o relatório de áreas dentro do próprio software.

Dentre as diversas geotecnologias disponíveis no mercado para manipulação de dados espaciais, o QGIS é um software gratuito, que se destaca pela incorporação de ferramentas por meio de plugins e por uma ampla comunidade de usuários e desenvolvedores [17]. O programa oferta várias ferramentas de visualização, análise de dados, composição e impressão de mapas, com interface de simples manuseio e uma lista de recursos ainda mais detalhada [18].

A área de estudo correspondeu aos blocos 1Y e bloco 5E da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), situado no campus Santa Mônica, em Uberlândia/MG, que podem ser visualizados na Figura 4.



Figura 4: Região de Interesse.

A área de interesse foi delimitada, abrangendo o perímetro da cobertura dos blocos 1Y e 5E da UFU, que serviram como região de análise principal (Figura 4). Em seguida, foi elaborado um plano de voo utilizando o software Pilot: altitude de voo de 35 metros e sobreposição de 75% longitudinal e 80% transversal, como apresentado na Figura 5. Após a definição do plano de voo, no dia 23/11/2024, sob condições climáticas amenas, foi realizado o voo do drone, capturando imagens de alta qualidade.

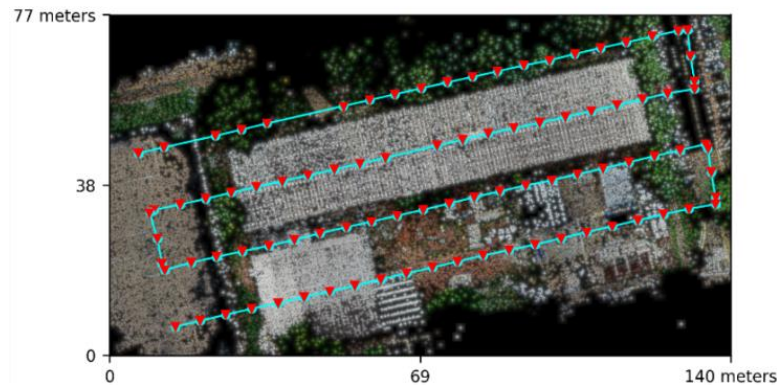


Figura 5: Imagem produzida pelo voo com linhas de captura de vetores.

As imagens coletadas foram processadas no WebODM, onde foram aplicados parâmetros rigorosos para assegurar a qualidade dos dados gerados. Entre os parâmetros utilizados destacam-se: Fast Ortho ativado, Feature Ultra ativado, Force GPS ativado, PC Quality Ultra ativado, Radiometric Calibration Ultra ativado, SFM Algorithm Planar ativado e a exclusão de todos os elementos que não fossem *orthofotos*.

4. Comparativo e discussões

Após a definição da área de interesse foi desenvolvido o modelo BIM da edificação componente da região de estudo. Na Figura 6 se observa a visualização 3D da modelagem.

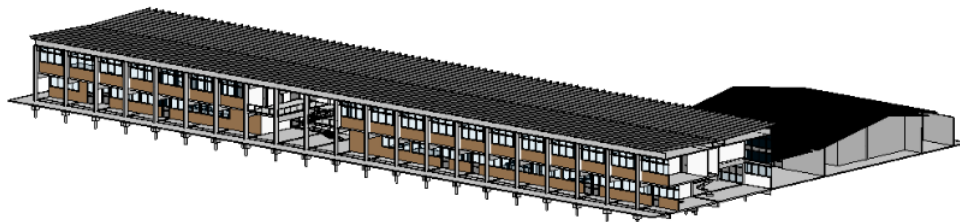


Figura 6: Modelo BIM de referência.

Com a modelagem desenvolvida, foram extraídos os dados de área construída por meio dos relatórios de área do software (Figura 7). Para este estudo, considerou-se a área construída correspondente a área de projeção da cobertura da edificação, visto que a visualização bidimensional da ortofoto tem essa região com maior definição e nível de qualidade pós-processamento.

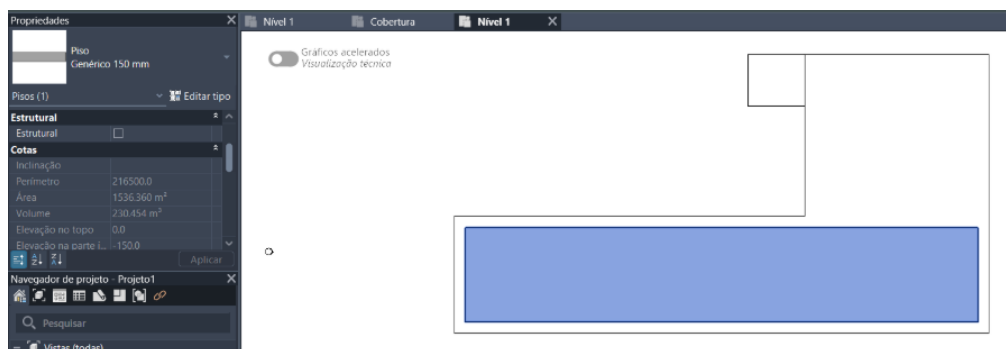


Figura 7: Relatório de Área extraído do Revit.

O voo foi realizado em Uberlândia, Minas Gerais, Brasil, no dia 23/11/2024, por volta das 15h. O céu estava limpo e sem nuvens. De acordo com a plataforma online Climate Data (2024), a velocidade do vento estava com média de 1,03km/h. Após a realização do voo, os dados fotogramétricos foram processados e gerou-se a *orthofoto*, que posteriormente foi analisada e teve a região de interesse delimitada. Com essa delimitação, dentro do QGis, foi calculada a área de projeção da edificação, conforme apresentado na Figura 8.



Figura 8: Cálculo de área pela identificação *orthofoto* x nuvem de pontos.

Na Tabela 1 sintetizam-se as informações extraídas sobre as áreas verificadas.

Tabela 1: Comparativo de Áreas.

Dados	Levantamento Fotogramétrico (LF)	Modelagem BIM de Referência (MB)
Área Construída (m²)	2.518,816m²	2.692,08m²
Relação Percentual entre as áreas (%) – [MB/LFx100%]		95,94%

A análise comparativa entre a área obtidas pelo levantamento fotogramétrico com ARP e a extraída do modelo BIM evidencia diferenças relevantes que devem ser interpretadas à luz das

características intrínsecas de cada metodologia. Essa diferença pode ser parcialmente explicada pela natureza do processo de modelagem BIM adotado. O BIM não se limita à representação geométrica, mas incorpora regras paramétricas, abstrações construtivas e decisões de modelagem que podem influenciar diretamente a quantificação automática de áreas. Dependendo do nível de desenvolvimento (LOD) empregado, elementos como espessuras de paredes, projeções de coberturas, balanços e simplificações geométricas podem resultar em superestimações ou subestimações quando comparadas a métodos baseados em dados capturados diretamente da realidade física [19]. No presente estudo, a modelagem foi desenvolvida em LOD 300, com foco na delimitação volumétrica e na projeção da edificação, adequado para análises preliminares, mas pode introduzir diferenças quando comparado a levantamentos baseados em *orthofotos* de alta resolução.

Por outro lado, o levantamento fotogramétrico por ARP apresenta como principal vantagem a aderência direta à geometria existente, uma vez que a área é calculada a partir da projeção real da edificação capturada pelas imagens aéreas [8]. Quando adequadamente planejados, os aerolevantamentos apresentam erros métricos compatíveis com aplicações de engenharia, especialmente para cálculo de áreas e volumes em edificações existentes [20].

A integração conceitual entre BIM e dados provenientes de aerolevantamentos tem sido amplamente discutida na literatura recente. Sabe-se que o BIM, quando alimentado por dados geoespaciais confiáveis, como *orthofotos* e nuvens de pontos geradas por drones, pode atuar como um ambiente centralizador de informações, combinando precisão geométrica e riqueza semântica [3]. Nesse contexto, o levantamento fotogramétrico pode ser compreendido como uma fonte primária de dados geométricos, enquanto o BIM atua como um modelo interpretativo e gerencial dessas informações.

5. Considerações Finais

O presente estudo demonstrou que o levantamento fotogramétrico por aeronaves remotamente pilotadas apresentou elevado nível de precisão para o cálculo de áreas construídas em edificações existentes, alcançando resultado praticamente coincidente com a área de referência oficial do projeto arquitetônico. Em contrapartida, a área obtida a partir do modelo BIM, desenvolvido em nível de desenvolvimento LOD 300, apresentou discrepância mais significativa em relação ao valor real, evidenciando que modelos BIM elaborados com foco em representação volumétrica e informacional podem incorporar simplificações geométricas que impactam diretamente a extração de quantitativos métricos. Tal fato evidencia que a precisão das informações oriundas de modelos BIM, quando não integrados à outras instâncias de modelagem, ainda depende das configurações e manejo do projetista.

Para o caso em questão, recomenda-se que estudos futuros explorem o aproveitamento da nuvem de pontos na modelagem BIM, de modo a ampliar a integração entre as tecnologias BIM e GIS. Além disso, ressalta-se que, por se tratar de um estudo de caso individualizado, os resultados obtidos não devem ser generalizados quanto às divergências e discussões apresentadas. Nesse sentido, sugere-se que pesquisas futuras promovam a comparação destes resultados com outros estudos de caso, especialmente em edificações com geometrias distintas, a fim de ampliar a validade e a abrangência das análises.

De toda forma, o estudo ratificou que a integração entre levantamentos fotogramétricos por drones e a modelagem BIM configura uma abordagem tecnicamente robusta, na qual a captura fiel da geometria real subsidia modelos informacionais mais consistentes e confiáveis.

Referências

- [1] R. C. Ruschel and C. Kehl, “Diretrizes para o desenvolvimento de plano de implementação BIM curricular e sua aplicação piloto no Projeto Construa Brasil,” in *Proc. 4th Encontro Nacional sobre o Ensino de BIM (ENEBIM)*, Porto Alegre, Brazil, 2022, p. 1. doi: 10.46421/enebim.v4i00.1942. [Online]. Available: <https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim/article/view/1942>. Accessed: Jan. 13, 2026.
- [2] F. P. Freiman and C. O. Carvalho, “Modelagem espacial de áreas suscetíveis a inundações baseada em um modelo multicritério híbrido e sistema de informação geográfica: um estudo de caso aplicado à bacia do Rio Bengalas,” *Revista Brasileira de Geografia Física*, vol. 13, no. 3, pp. 1145–1161, 2020, doi: 10.26848/rbgf.v13.3.p1145-1161.
- [3] Y. Cao, C. Xu, N. M. Aziz, and S. N. Kamaruzzaman, “BIM–GIS integrated utilization in urban disaster management: The contributions, challenges, and future directions,” *Remote Sensing*, vol. 15, no. 5, p. 1331, 2023, doi: 10.3390/rs15051331.
- [4] M. Tkáč and P. Mésároš, “Utilizing drone technology in civil engineering,” *Selected Scientific Papers – Journal of Civil Engineering*, vol. 14, no. 1, pp. 27–37, 2019.
- [5] R. S. Lima, M. Caldeira, and C. Caldeira, “Análise comparativa entre métodos de levantamento planialtimétrico para elaboração do plano diretor da comissão regional de obras em Belém – PA,” 2020. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/An%C3%A1lisecomparativaentrem%C3%A9tod osdelevantamentoLimaCaldeira/71072a15bb8d79a10fe6f0e40b035b27dbff695e>
- [6] R. Szeliski, *Computer Vision: Algorithms and Applications*. New York, NY, USA: Springer, 2010. [Online]. Available: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-84882-935-0>
- [7] S. I. Granshaw, “Photogrammetric terminology: Fourth edition,” *The Photogrammetric Record*, vol. 35, no. 170, pp. 143–288, 2020.
- [8] G. F. V. Ribeiro and F. A. Cavichioli, “Agricultura de precisão,” *Revista Interface Tecnológica*, vol. 19, no. 2, pp. 561–571, 2022.
- [9] PASCOAL JÚNIOR, J.; MECATE, E.V.T.; SANTOS, E.T.; CORRÊA, F.R. influência dos parâmetros de aquisição de imagens com auxílio de drone para geração de nuvem de pontos de obras civis. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas, SP.
- [11] M. L. Turco and C. Santagati, “Do SfM aos objetos BIM semânticos de elementos arquitetônicos,” in *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation and Protection*. Cham, Switzerland: Springer, 2016, pp. 600–612.
- [12] G. Vacca, “Web Open Drone Map (WebODM): A software open source to photogrammetry process,” in *Proc. FIG Working Week 2020 – Smart Surveyors for Land and Water Management*, Amsterdam, The Netherlands, 2020, pp. 1–9.
- [13] S. Patel *et al.*, “WebODM: An open-source alternative to commercial image stitching software for uncrewed aerial systems,” *Edis*, vol. 2024, no. 1, pp. 1–9, 2024.
- [14] C. N. Francisco and C. Almeida, “Evaluating the performance of statistical and textural attributes for an object-based land cover classification,” *Boletim de Ciências Geodésicas*, vol. 18, no. 2, pp. 302–326, 2012.
- [15] P. R. Meneses and T. Almeida, *Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília, Brazil: UnB, 2012.

- [16] YIN, R. K., *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Trad. D. Grassi. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- [17] M. Rosas-Chavoya, J. L. Gallardo-Salazar, P. M. López-Serrano, P. C. Alcántara-Concepción, and A. K. León-Miranda, “QGIS a constantly growing free and open-source geospatial software contributing to scientific development,” *Cuadernos de Investigación Geográfica*, vol. 48, no. 1, pp. 197–213, May 2022, doi: 10.18172/cig.5143.
- [18] N. L. Turchetto, R. Queiroz, C. Peyrot, E. R. Patatt, C. H. Langner, L. Ochoa, and E. Koppe, “Uso do Quantum GIS (QGIS) para caracterização e delimitação de área degradada por atividade de mineração de basalto no município de Tenente Portela (RS),” *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, vol. 18, no. 2, pp. 710–717, 2014, doi: 10.5902/2236117013101. [Online]. Available: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/13101>
- [19] C. Eastman *et al.*, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling*, 2nd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2011.
- [20] M. F. Granata *et al.*, “UAV photogrammetry for building survey and BIM modeling,” *ISPRS Archives*, 2021.