



## CAPTURA DE REALIDADE COM FOTOGRAMETRIA: COMPARANDO APLICATIVOS NA DIGITALIZAÇÃO DO PATRIMÔNIO EDIFICADO

GULITT ROSSI GRAFOLIN<sup>1</sup>; MARIANNE COSTA AVALONE<sup>2</sup>; LALINE E. CENCI<sup>3</sup>; JÚLIO PIRES<sup>4</sup>; OLAVO AVALONE NETO<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul – [grafolingulitt@gmail.com](mailto:grafolingulitt@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Catarina – [marianne.costa@posgrad.ufsc.br](mailto:marianne.costa@posgrad.ufsc.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul – [laline.cenci@ufsm.br](mailto:laline.cenci@ufsm.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul – [julio.pires@ufsm.br](mailto:julio.pires@ufsm.br)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul – [olavo.neto@ufsm.br](mailto:olavo.neto@ufsm.br)

### 1. INTRODUÇÃO

As técnicas de levantamento e registro do ambiente construído tem melhorado gradativamente, permitindo que arquitetos e urbanistas possam projetar com base em modelos de melhor qualidade, que registram o contexto do patrimônio edificado com maior eficácia, e incluem um volume de informações muito maior quando comparados a métodos tradicionais de levantamento (Peña Villasenín et al., 2020).

Por exemplo, hoje é relativamente comum o uso de diversos aplicativos para captura de realidade com base na fotogrametria como estrutura de movimento (*structure from motion* - SfM). Assim pode se obter o registro de edifícios em diferentes etapas de seu ciclo de vida (pré-projeto, construído, patrimônio histórico) e utilizá-lo em processos de pesquisa, desenvolvimento ou apresentação de projetos (Achille et al., 2015; Murphy, McGovern, & Pavia, 2013; Sužiedelytė-Visockienė, Bagdžiūnaitė, Malys, & Maliene, 2015).

No entanto, as técnicas envolvidas na coleta de dados, processamento e produção de modelos digitais e as suas aplicações são diversas, sendo impossível prever qual o valor de adotar algum fluxo de trabalho específico, ou tampouco, qual seria a qualidade de modelo resultante dele.

A fim de avaliar a eficácia de diferentes aplicativos no levantamento, registro e modelagem de obras em diferentes escalas, este artigo descreve e analisa o resultado da aplicação de diferentes técnicas e ferramentas utilizadas na criação de modelos de malha de três patrimônios edificados na cidade de Cachoeira do Sul, no sul do Brasil em nível de detalhe LOD3 (Boeters et al, 2015).

Primeiramente, descrevem-se os aplicativos e técnicas testadas nas diferentes etapas de trabalho: coleta de dados, registro e modelagem. A seguir, com base na análise dos aplicativos e técnicas utilizadas, sugere-se um fluxo de trabalho para a captura da realidade de edifícios em diferentes escalas com foco no uso de software que permitem o desenvolvimento automático de modelos com alto grau de precisão geométrica (Peña Villasenín et al., 2020).

### 2. METODOLOGIA

Para as metas de digitalização deste estudo, nós selecionamos três patrimônios edificados na cidade de Cachoeira do Sul, no sul do Brasil: uma Catedral, um Monumento e um Painele de Arte (Figura 1). O fluxo de trabalho necessário para a digitalização dessas obras compreende uma sequência de 3 atividades: coleta de dados, registro de dados e modelagem (El-Hakim, 2001).

A partir dessa sequência, com o auxílio de software apropriado, foram elaborados modelos de malha 3D dessas três obras com base em um conjunto de fotografias tiradas a partir de diferentes pontos, em um processo comumente conhecido como fotogrametria.

Para identificar o software mais adequado ao desenvolvimento do processo, adotaram-se duas técnicas de coleta de dados, três software de processamento de dados e um software de modelagem. As diferentes técnicas e aplicativos utilizados em cada atividade serão descritas a seguir.



Figura 1: Catedral, monumento e painel levantados.

#### COLETA DE DADOS:

Em virtude da altura da catedral e do monumento, optou-se pela utilização de um drone para coleta de dados. Um vôo livre usando um DJI Mavic Pro com dados de localização geográfica capturou 190 fotos da catedral e 174 fotos do monumento, em vários pontos de visada e alturas distintas. Para o Painel de Arte, por se tratar de um elemento de menor altura, utilizou-se uma câmera DSLR sem georreferenciamento. Para obtenção de fotos a partir de diferentes pontos de visada e duas alturas diferentes, a câmera foi operada de forma manual com o auxílio de um bastão de *selfie*, resultando na captura de um total de 345 fotos.

#### REGISTRO DE DADOS:

As imagens foram processadas através de três aplicativos: *Pix4Dmapper* (exige aquisição de licença), *Autodesk ReCap Photo* (permite o uso gratuito com restrições) e *Meshroom* (software gratuito de código aberto). O registro de dados e a qualidade dos modelos resultantes se deram em função dos potenciais e limitações de cada software na condição de uso gratuito ou período de teste.

#### MODELAGEM:

O refinamento do modelo produzido pelo processamento das imagens foi feito com o auxílio do *Blender*, um software de modelagem gratuito com código aberto amplamente usado para modelagem 3D, efeitos visuais e animação que oferece uma vasta gama de ferramentas para edição, esculturação, texturização e sombreamento de malha. O software Meshmixer da Autodesk também foi testado, por oferecer um conjunto de ferramentas de correção de malhas e de uso intuitivo, mas o tamanho da malha gerada nos projetos analisados acabou por inviabilizar seu uso, uma vez que o processo de análise de malhas muito extensas ocupa muito espaço de memória do computador, por vezes travando os processos do software.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### COLETA DE DADOS:

A coleta de dados utilizando a câmera DSLR sem georreferenciamento pode fornecer dados de qualidade suficiente para criação de um modelo de malha 3D, desde que haja uma sobreposição considerável das imagens e diferentes pontos de visada, especialmente a alturas diferentes. A variação horizontal e vertical do ponto de visada vertical permite a triangulação de pontos, gerando modelos de boa qualidade, como se pode obter no caso do painel de arte. A qualidade da malha depende diretamente do número de fotos que cada software permite processar, dado que uma quantidade limitada de fotos acaba restringindo a quantidade de pontos disponíveis para comparação.

#### REGISTRO DE DADOS:

Os três aplicativos foram comparados por meio de análises quantitativas e qualitativas, baseadas em indicadores de desempenho com o software *Meshroom* obteve o melhor desempenho geral. Esse software produziu modelos nítidos e precisos, embora tenha exigido bastante poder de processamento e armazenamento e gerado arquivos mais pesados (Fig. 2).

#### MODELAGEM:

*Blender* fornece uma ampla gama de ferramentas para edição, esculturação, texturização e sombreamento da malha, mas possui um curva íngreme de aprendizagem. Por permitir a seleção de faces, arestas e vértices específicos, facilita a manipulação e edição de modelos de grande escala ou malhas densas.

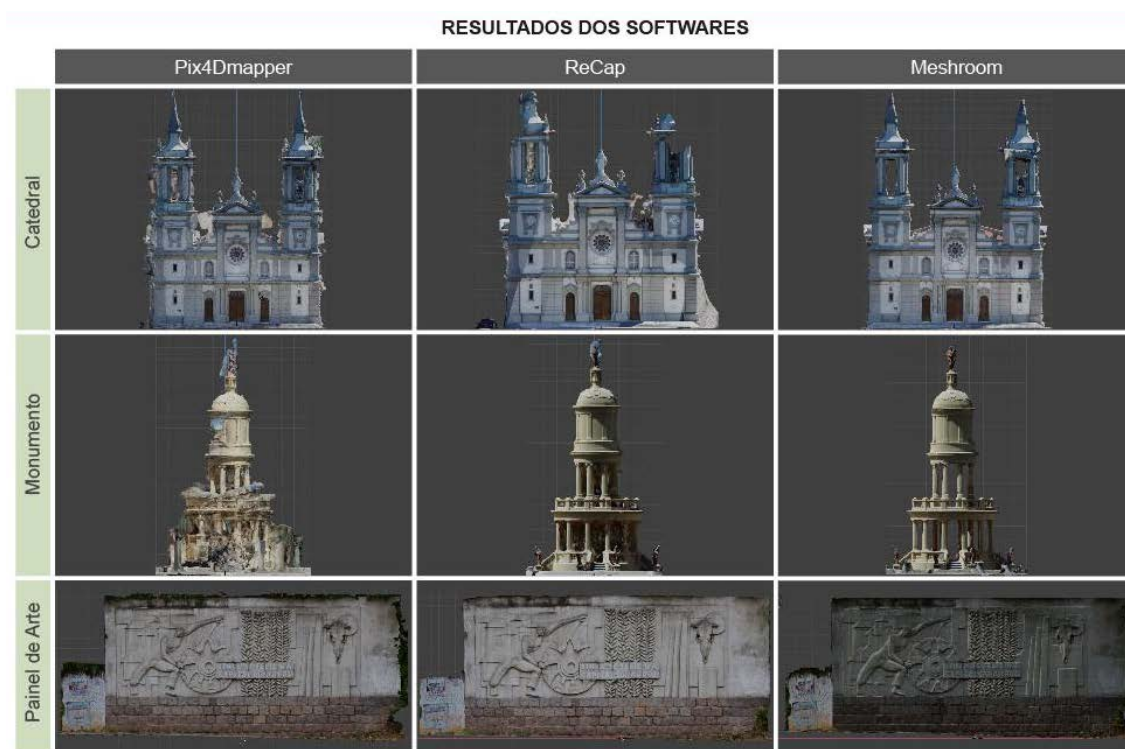


Figura 2: Registro dos dados de cada elemento nos softwares testados.

## 4. CONCLUSÕES

Para obter modelos com a melhor qualidade possível, os dados devem ser coletados com drones, uma vez que este equipamento permite melhor controle sobre os pontos de visada da obra a ser levantada (edifício/fachada/objeto) garantindo a sobreposição de imagens e fornecendo imagens georreferenciadas.





As fotografias tiradas com uma câmera de mão também fornecerão os dados necessários para o registro, contanto que sejam capturados por vários pontos de visada horizontais e verticais e com suficiente sobreposição das imagens. Isso pode ser feito com o auxílio de diferentes estruturas, dependendo do objeto: através do uso de um bastão de selfie, escadas, carros altos, edifícios frontais, balões climáticos, guindastes, entre outros.

Os modelos criados com o software *Meshroom* obtiveram a melhor qualidade, com grande número de detalhes, porém com uma malha de elevado número de triângulos. Comparado com outros, esse aplicativo gerou modelos mais precisos, com maior distinção entre o objeto de interesse e seu pano de fundo, independentemente da escala do projeto. A desvantagem desse software é o espaço de disco necessário para o processamento das imagens, embora o processo possa ser interrompido e reiniciado livremente, mantendo o progresso das etapas anteriores.

Para a criação de modelos cujo propósito seja apenas a visualização ou simulação, a malha do *Meshroom* é demasiadamente densa e detalhada, sendo mais adequada para inspeção de perto, medições e registro de edifícios históricos e patrimônio. Para visualização com textura, os modelos do *Meshroom* devem ser trabalhados para criar modelos mais leves.

A etapa de modelagem pode ser feita usando o software *Blender* independentemente do tamanho do projeto, embora para modelos menores, o software *Meshmixer* pode ser a melhor opção em função das ferramentas de reparo de malhas oferecidas e o fato de criar um modelo adequado tanto para a visualização quanto para a impressão 3D.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achille, C. A., Chiarini, S., Cremonesi, S., Fassi, F., Fregonese, L., & Taffurelli, L. UAV-based photogrammetry and integrated technologies for architectural applications—methodological strategies for the after-quake survey of vertical structures in Mantua (Italy). **Sensors**, Switzerland, 2015. DOI: 10.3390/s150715520.
- Boeters, R., Arroyo O., K., Biljecki, F., & Zlatanova, S. Automatically enhancing CityGML LOD2 models with a corresponding indoor geometry. **International Journal of Geographical Information Science**, 29(12), 2248–2268, 2015. DOI: 10.1080/13658816.2015.1072201.
- El-Hakim, S. 3D modeling of complex environments. **Videometrics and Optical Methods for 3D Shape Measurement**, 4309(4309), 162–173, 2001. DOI: 10.1.1.28.1970
- Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. Historic Building Information Modelling - Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 76, 89–102, 2013. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006.
- Peña-Villasenín, S., Gil-Docampo, M., & Ortiz-Sanz, J. Desktop vs. cloud computing software for 3D measurement of building façades: The monastery of San Martín Pinario. **Measurement: Journal of the International Measurement Confederation**, 149, 2020. DOI: 10.1016/j.measurement.2019.106984.
- Sužiedelytė-Visockienė, J., Bagdžiūnaitė, R., Malys, N., & Maliene, V. Close-range photogrammetry enables documentation of environment-induced deformation of architectural heritage. **Environmental Engineering and Management Journal**, 2015. DOI: 10.30638/eemj.2015.149.