

# TECNOLOGIAS DE CÓDIGO ABERTO PARA REGISTRO FOTOGRAMÉTRICO DO PATRIMÔNIO ARQUITETÔNICO

## OPEN-SOURCE TECHNOLOGIES FOR PHOTOGRAMMETRIC REGISTER OF ARCHITECTURAL HERITAGE

  **Vitor Cavalcanti Garcia**  
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil  
vitor\_garcia@discente.ufg.br

  **Juan Carlos Guillen Salas**  
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil  
juanguillen@ufg.br

  **Eline Maria Mora Pereira Caixeta**  
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil  
eline.caixeta@ufg.br

### Resumo

Nas últimas décadas, o desenvolvimento tecnológico instituiu novas ferramentas para o registro do patrimônio arquitetônico, sendo a fotogrametria uma delas. Concomitantemente, ampliaram-se as iniciativas para produção de tecnologias de código aberto, isto é, softwares cujo código-fonte está disponível para acesso remoto, acessível para estudo e modificação e disponível para redistribuição a outros. Este artigo, portanto, aborda o tema da preservação do patrimônio arquitetônico, sob a ótica das tecnologias de código aberto para seu registro fotogramétrico. A pesquisa teve como hipótese que existem softwares de código aberto para realizar o registro fotogramétrico de edificações reconhecidas como patrimônio arquitetônico. Logo, o objetivo da pesquisa foi identificar softwares para o registro fotogramétrico de código aberto. O procedimento metodológico adotado envolveu pesquisas bibliográficas sobre a técnica de fotogrametria aplicada à preservação do patrimônio arquitetônico e sobre as tecnologias fotogramétricas de código aberto. Como resultado principal deste estudo foram identificados oito softwares de código aberto para o registro fotogramétrico, com destaque aos sistemas VisualSMF, Meshlab, Regard 3D e COLMAP, pois verificamos casos em que estes programas foram utilizados para efetuar registros por fotogrametria de edifícios históricos

Palavras-chave: Patrimônio arquitetônico. Registro. Tecnologia. Código aberto.

### **Abstract**

*In the last few decades, technological development has instituted new tools for the register of architectural heritage, photogrammetry being one of them. At the same time, initiatives to produce open-source technologies were expanded, that is, software whose source code is available for remote access, accessible for study and modification and available for redistribution to others. This article, therefore, addresses the theme of preservation of architectural heritage, from the perspective of open-source technologies for its photogrammetric register. The research hypothesized that there is open-source software to carry out the photogrammetric register of buildings recognized as architectural heritage. Therefore, the objective of the research was to identify software for open-source photogrammetric register. The methodological procedure involved bibliographic research on the photogrammetry technique applied to the preservation of architectural heritage and on open-source photogrammetric technologies. As the main result of this study, eight open-source software for photogrammetric recording were identified, with emphasis on the VisualSMF, Meshlab, Regard 3D and COLMAP systems, as we verified cases in which these programs were used to perform photogrammetric register of historic buildings.*

*Keywords: Architectural heritage. Register. Technology. Open source.*

## Introdução

O registro do patrimônio arquitetônico<sup>1</sup> é um instrumento essencial para sua preservação, pois examina e resguarda informações sobre a composição tipológica e morfológica da edificação. Isso abrange tanto as técnicas e os materiais utilizados em sua criação quanto sua estrutura, eventuais imperfeições, dentre outros aspectos relevantes. Segundo Kühn (2006), todos esses elementos contribuem para uma compreensão abrangente das diversas fases pelas quais a obra passou ao longo do tempo, bem como para a identificação de seu arranjo e dos desafios contemporâneos que enfrenta. Por muito tempo esse inventário foi realizado exclusivamente por meio de medições diretas, isto é, utilizando fitas métricas para extrair manualmente as dimensões da construção, que eram anotadas em esboços e croquis para serem posteriormente digitalizadas em softwares de desenho auxiliado por computador.

3

Entretanto, nas últimas décadas, o desenvolvimento tecnológico instituiu novas ferramentas para essa atividade. A fotogrametria é uma delas, viabilizando a criação de modelos fotorrealísticos em três dimensões de uma edificação, pormenorizadamente capturando e armazenando em bancos de dados digitais suas características físico-materiais. Concomitantemente, ampliaram-se as iniciativas para produção de tecnologias de código aberto, quer dizer, softwares cujo código-fonte está disponível para acesso remoto, acessível para estudo e modificação e disponível para redistribuição a outros com poucas restrições, exceto o direito de garantir essas liberdades (Scacchi, 2007).

Portanto, diante dessa conjuntura, este artigo aborda o tema da preservação no patrimônio arquitetônico, especificamente sob a ótica das tecnologias de código aberto para seu registro fotogramétrico. A hipótese da pesquisa foi que existem softwares de código aberto para realizar o registro fotogramétrico de edificações

<sup>1</sup> Por 'patrimônio arquitetônico' nos referimos a uma categoria de 'patrimônio cultural', esta última aqui associada, conforme Gonçalves (2003), a tudo aquilo a que são reconhecidos valores e significados culturais, tornando-o singular e, por esse motivo, sendo protegido. Neste artigo, portanto, nos limitaremos ao patrimônio cultural "que compreende as edificações isoladas, os conjuntos arquitetônicos e os sítios urbanos aos quais são atribuídos valores culturais" (Andrade Júnior, 2020, p. 39), isto é, o 'patrimônio arquitetônico'.

reconhecidas como patrimônio arquitetônico. Logo, o objetivo desta pesquisa foi identificar softwares para registro fotogramétrico de código aberto. Nessa tecnologia vemos uma forma de viabilizar a difusão de uma técnica de registro cada vez mais precisa e de um sistema operacional que possibilita adaptações em seu funcionamento, características essenciais para lidar tanto com as exigências de detalhes de informação quanto com as recorrentes singularidades da arquitetura patrimonial.

Para tanto, o procedimento metodológico adotado envolveu pesquisas bibliográficas acerca de noções sobre a técnica de fotogrametria aplicada à preservação do patrimônio arquitetônico e sobre as tecnologias fotogramétricas de código aberto. A pesquisa foi realizada em três momentos: no primeiro, compreendeu-se como a fotogrametria pode ser utilizada para registrar arquiteturas patrimoniais; no segundo, foram relacionados os parâmetros necessários para um software ser qualificado como de código aberto; e, no terceiro, foram elencados estudos que utilizaram a fotogrametria como ferramenta para registro de patrimônios arquitetônicos.

4

## Fotogrametria Para o Registro do Patrimônio Arquitetônico

O registro do patrimônio arquitetônico identifica e alista as características e particularidades físicas e morfológicas de determinada edificação histórica. Como explicam Groetelaars e Amorim (2008), essa documentação desempenha um papel crucial no âmbito da preservação obra arquitetônica, pois qualquer atividade a ser desenvolvida nesses exemplares demanda um registro abrangente e altamente preciso. O cadastro feito com asseio e precisão, além de informar as transformações do bem ao longo do tempo, é a base sobre a qual serão elaboradas quaisquer propostas e projetos de intervenção na edificação.

Segundo Tolentino e Feitosa (2014), o registro vem sendo convencionalmente realizado através do método designado como “medição direta”. Como mencionado, trata-se da execução de levantamentos *in loco* com a utilização de ferramentas

básicas, como fitas métricas, níveis e fios de prumo, anotando sobre esboços (croquis) as dimensões e outros dados da edificação a ser cadastrada. Em seguida, são geradas peças gráficas em softwares de desenho auxiliado por computador, tanto através de representações planificadas em duas dimensões quanto por meio de modeladores tridimensionais. Contudo, o tradicional método manual constantemente apresenta imprecisões, exige considerável equipe e tempo para execução, além de equipamentos como escadas, andaimes e/ou plataformas elevatórias (a depender da edificação), muitas vezes tornando o serviço dispendioso.

Por motivos como esses o campo da preservação está em constante busca de recursos que viabilizem maior precisão no registro do acervo arquitetônico, associado à redução de tempo de execução e de dispêndios. Para tanto, conforme Rodrigues e Agostinho (2020), o desenvolvimento tecnológico vem fornecendo alternativas ao introduzir ferramentas para aprimorar o processo de levantamento, processamento e armazenamento do inventário arquitetônico. Um desses instrumentos consiste na técnica da fotogrametria.

De acordo com Arruda (2013, p. 100-101), a fotogrametria é um processo:

[...] ótico e numérico que permite extrair das fotografias de um objeto a sua geometria: formas e dimensões, com a qualidade e precisão requeridas. Permite obter uma série de produtos a partir de fotografias tomadas do objeto, podendo ser usada para a documentação precisa de pequenos objetos, de edificações ou mesmo de áreas urbanas, a depender do tipo de foto (terrestre, aérea ou orbital) e da técnica utilizada, cujos resultados podem ser modelos tridimensionais do objeto ou imagens ortogonais em escala, restituições ou desenhos em CAD, com ou sem curvas de nível ou pontos cotados, sobre os quais se podem fazer medições de alta precisão. (Arruda, 2013, p. 100-101)

Em síntese, constitui-se em sistematicamente fotografar uma obra arquitetônica para, a partir de softwares específicos, realizar uma restituição digital da edificação, da qual se gera sua representação em 2D (plantas, cortes, fachadas) e 3D (modelos geométricos)<sup>2</sup>.

2 Alguns exemplos de modelos fotorrealísticos em 3D de edificações históricas a partir de levantamentos fotogramétricos podem ser encontrados em Groetelaars e Amorim (2008, p. 102) e Yanaga (2006, p. 50).

Segundo Soster e Ferrari (2021) a noção de fotogrametria associada à arquitetura foi introduzida no final do século XIX por Albrecht Meydenbauer, um arquiteto alemão que utilizava fotografias para registrar edificações de notável relevância arquitetônica em seu país. Entretanto, as autoras afirmam que somente recentemente o emprego da fotogrametria na área arquitetônica obteve um impulso significativo. Isso se deve à simplificação do processo e à redução de custos, resultado do desenvolvimento de novos softwares que são compatíveis com computadores convencionais. Por motivos como esses, a fotogrametria se tornou uma das ferramentas mais acessíveis aos responsáveis pela documentação patrimonial. Como explicam Rodrigues e Agostinho (Rodrigues; Agostinho, 2020, p. 31), ela “possui precisão, rapidez e baixo custo em sua operação, pois a principal ferramenta é a câmera fotográfica digital de uso comum” (embora, em alguns casos, drones também possam ser necessários para alcançar locais de acesso limitado).

## 6

Uma das principais vantagens da fotogrametria é a precisão no registro das características espaciais e geométricas do patrimônio arquitetônico. Por exemplo, as pesquisas de Groetelaars e Amorim (2008), Tolentino e Feitosa (2014) e Canuto, Moura e Salgado (2016), ao compararem peças gráficas realizadas através da medição direta com as elaboradas por registros fotogramétricos, concluíram que os segundos apresentaram nível de detalhamento e precisão muito superior aos primeiros.

Além desse benefício, a fotogrametria facilita o acesso às informações sobre os bens culturais, pois estabelece “novas formas de visualização, manipulação e interação com os modelos e registros documentais” (Canuto; Moura; Salgado, 2016, p. 256). Ela também permite uma documentação mais versátil e completa das obras:

As edificações históricas contêm muitas informações importantes de cores, como mosaicos e pinturas. A documentação não deve estar restrita à captura da geometria da edificação, mas deve também incluir informações contidas nas fotografias, tais como cores e texturas. Através desses novos produtos (fotos retificadas, ortofotos e modelos fotorrealísticos) possíveis de serem obtidos através da Fotogrametria Digital, é possível aumentar o

realismo do modelo (2D ou 3D) e registrar um número maior de detalhes, sejam elementos decorativos, sejam problemas estruturais ou estado de conservação da edificação ou objeto de interesse. (Groetelaars; Amorim, 2008, p. 93)

Ademais, a fotogrametria vem proporcionando outras formas de preservar o patrimônio arquitetônico. Um exemplo é a experiência de replicação do grupo Factum Arte, pioneiros no que chamam de “preservação sem contato”. Trata-se da digitalização em alta definição de edificações - utilizando, entre outras, a técnica da fotogrametria - e da consequente criação de reproduções (através de impressões) dessas obras com um alto nível de exatidão. O objetivo do grupo é encontrar meios de enfrentar as mais diversas ameaças ao patrimônio. Por exemplo, a fac-símile do túmulo de Thutmose III<sup>3</sup>, no Vale dos Reis (Egito), protege o original do turismo de massa, enquanto também transfere habilidades e conhecimentos para outras localidades, pois pode ser desmontada e remontada em inúmeros lugares (Otero-Pailos; Langdalen; Arrhenius, 2016).

## 7

Entretanto, a fotogrametria ainda apresenta algumas especificidades que a tornam uma ferramenta que requer especialização. Por exemplo, para Soster e Ferrari (2021), apenas o processamento do software não assegura a excelência do modelo resultante. As autoras enfatizam a importância de garantir que as informações capturadas nas fotografias possuam uma qualidade elevada tanto em relação à resolução quanto aos elementos visuais, como composição e iluminação. Além disso, é necessário aplicar uma técnica adequada durante a captura das imagens, selecionar o momento apropriado (com menor tráfego de veículos e iluminação ideal) e empregar dispositivos próprios para essa tarefa.

Groetelaars e Amorim (2008) também verificaram que o planejamento do levantamento em campo é extremamente importante exerce uma influência direta sobre a qualidade do registro. Conforme os autores, esse momento é crucial para definir os recursos a serem empregados, determinar a quantidade de fotografias

3 Imagens da réplica do túmulo de Thutmose III estão disponíveis em: <https://www.factum-arte.com/pag/31/facsimile-of-the-tomb-of-thutmose-iii>. Acesso em: 31 dez. 2022.

necessárias e selecionar os ângulos apropriados para a captura das imagens *in loco*. Ademais, indicam que a ferramenta:

[...] requer o conhecimento dos fundamentos da Fotogrametria e de outras disciplinas, como a Geometria Projetiva, a Fotografia e a Ciência da Computação. Além disso, faz-se necessário o domínio conceitual das técnicas de restituição fotogramétrica e dos sistemas de aquisição de imagens, para permitir o conhecimento dos limites e as possibilidades de seu uso. (Groetelaars; Amorim, 2008, p. 104)

Apesar disso, as discussões apresentadas até aqui revelam as possibilidades de integração da fotogrametria ao desenvolvimento do registro do patrimônio arquitetônico, permitindo o cadastro de informações cada vez mais fidedignas à construção, possibilitando ampliar as possibilidades de atuação profissional para sua preservação. Ainda há muito a aprender, especialmente quando se trata de edifícios históricos. Contudo, a fotogrametria demonstra potencial para tornar o trabalho de registro mais eficaz, tanto em questões de cronograma e orçamento quanto na qualidade do produto.

## 8

### Tecnologias de Código Aberto

Como mencionado, por tecnologia de código aberto nos referimos, entre outros fatores, aos softwares cujo código-fonte está disponível para acesso remoto, acessível para estudo e modificação e disponível para redistribuição com poucas restrições, exceto o direito de garantir essas liberdades (Scacchi, 2007). Ou seja, são antagônicos aos softwares designados de proprietários, assim caracterizados por serem licenciados com direitos exclusivos para o produtor, tratados comercialmente como um bem de propriedade intelectual, protegido por copyright e licenças. De acordo com Carvalho, Gomes e Parreiras (2015), empreendimentos de código aberto existem desde o início da informática, mas perderam espaço por interesses comerciais a partir dos anos 1970:

Dos anos 1960 a meados de 1970 o código fonte dos softwares era compartilhado, sem valor comercial, sendo o foco do mercado nessa época. A partir da segunda metade de 1970, começou a comercialização de licenças de software e, conseqüentemente, o “fechamento” do código fonte. (Carvalho; Gomes; Parreiras, 2015, p. 372)

Conforme Scacchi (2007), a principal diferença entre softwares de código aberto e softwares proprietários está na forma que o sistema é desenvolvido. O autor esclarece que, em termos legais, os softwares de “código fechado” restringem as modificações no código-fonte apenas aos seus desenvolvedores. Consequentemente, quando um usuário adquire uma licença desse tipo de software, como nos casos dos pacotes populares da Adobe e do Microsoft Office, ela se destina apenas ao uso do programa. Por outro lado, nos softwares de “código aberto”, parte do código-fonte do programa é disponibilizada em plataformas públicas, permitindo que os usuários o acessem e o modifiquem conforme suas necessidades. Esses programas apresentam uma variedade de licenças e condições de uso, proporcionando uma ampla flexibilidade no emprego e adaptação do software para diversas finalidades.

Ainda, também segundo Scacchi (2007), é importante compreender que esse tipo de tecnologia não é engenharia malfeita, é apenas uma forma diferente de elaborar sistemas, reconhecida por produzir programas sustentáveis e de alta qualidade. Trata-se, pois, de uma abordagem de desenvolvimento comunitário através de comunicações de acesso aberto e disponíveis publicamente na web, uma maneira de globalmente construir, implantar e sustentar grandes sistemas de software. Em geral, os desenvolvedores dessas tecnologias costumam ser seus usuários finais, mas seus produtos também podem ser utilizados por múltiplos outros atores.

Consoante a Open Source Initiative<sup>4</sup>, para ser considerado de código aberto o software deve atender a determinados critérios<sup>5</sup>. Alguns deles são: a licença do programa não pode restringir o acesso gratuito por meio de venda ou permuta; o software deve incluir acesso ao código-fonte e deve permitir sua distribuição; a licença do programa não pode discriminar pessoas, grupos ou áreas de atuação; nenhuma cláusula da licença pode depender de uma tecnologia específica ou de um estilo de interface; e as licenças não podem restringir outros programas e nem ser específica a um produto.

4 Corporação pública da Califórnia (EUA) ativamente envolvida na promoção a conscientização da importância de softwares não-proprietários.

5 Mais informações sobre os critérios disponíveis em: <https://opensource.org/osd>. Acesso em: 23 jan. 2023.

Hoje, de acordo com Duarte e Gonçalves (2015, p. 3), “os pacotes de programas de código aberto são “amplamente utilizados em todas as áreas científicas, devido tanto ao fator econômico como à transparência dos métodos e algoritmos que são utilizados”. Para os autores, a capacidade de examinar e gerenciar as ações e processos do algoritmo de um programa é de suma importância, especialmente para compreender e avaliar potenciais fontes de imprecisão que podem impactar o funcionamento do software. Já para Carvalho, Gomes e Parreiras (2015), o movimento de código aberto vem tendo sucesso por três fatores principais: as necessidades dos usuários por sistemas operacionais que melhor satisfaçam suas necessidades; a rejeição por parte de alguns movimentos filosóficos à ideia de propriedade de um software; e a facilitação da comunicação e compartilhamento de informações com a expansão da internet.

Scacchi (2007) complementa que cada vez mais o conceito de softwares de código aberto está se consolidando como uma alternativa para o desenvolvimento de grandes sistemas. Pois, ao empregar novas práticas de trabalho sociotécnicas, em comparação aos encontrados em projetos de software industrial e aqueles retratados em livros didáticos de engenharia de software, novas categorias de procedimentos e estruturas de organização estão emergindo para explorar, observar, simular e modelar sistemas inovadores.

Entretanto, conforme Charleaux (2021), dispositivos que adotam o código aberto não estão isentos de potenciais deficiências em termos de qualidade, segurança ou desempenho. Assim como qualquer software, existem produtos que apresentam falhas ou outras questões que afetam seu uso. Programas de código aberto também podem exigir conhecimentos não muito comuns para os não especializados em programação, tornando-os, em alguns casos, pouco práticos para determinados indivíduos. Além disso, podem demandar drivers específicos ou, em alguns casos, até uma configuração do sistema computacional que difira das opções convencionalmente comercializados.

Mesmo assim, vemos na associação entre a fotogrametria e tecnologias de código aberto um instigante caminho para tornar os registros do patrimônio arquitetônico mais eficientes. Pois, como mencionado, essa junção pode ser uma forma de viabilizar a difusão de uma técnica de registro cada vez mais precisa e de um sistema operacional que possibilita adaptações em seu funcionamento, características essenciais para lidar tanto com as exigências de detalhes de informação quanto com as recorrentes singularidades da arquitetura patrimonial. Por isso (e diante o objetivo da pesquisa), no item seguinte identificamos alguns softwares de código aberto para registro fotogramétrico do patrimônio arquitetônico.

## Tecnologias de Código Aberto Para Registro Fotogramétrico

No intuito de discernir softwares de código aberto para registro fotogramétrico do patrimônio arquitetônico, em um primeiro momento recorreremos a pesquisas empíricas que utilizaram a técnica da fotogrametria para registrar obras patrimoniais, sem verificar se os softwares utilizados foram de código aberto ou proprietário. Identificamos oito estudos que atenderam a esses critérios, que trabalharam com sete programas e oito objetos de estudo, conforme indicado abaixo (ver Quadro 1).

**Quadro 1** -relação dos softwares para fotogrametria identificados

	Software	Referência	Objeto Do Estudo	Equipamento
01	<i>RolleiMetric MSR Plan</i>	(Yanaga, 2006)	Igreja Nossa Senhora da Glória, Curitiba (PR)	câmera semi-métrica digital dp3210 com 3,2 megapixel, da Rollei
02	<i>PhotoModeler</i>	(Groetelaars; Amorim, 2008)	Copela de Nossa Senhora da Escada, Salvador (BA)	Nikon Coolpix 5400
		(Tolentino; Feitosa, 2014)	Capela de Nossa Senhora do Vencimento, São Francisco do Conde (BA)	(não informado)
		(Bastian, 2015)	Trecho do Centro Histórico de Mucugê (BA)	NIKON D300
		(Rodrigues; Agostinho, 2020)	Igreja Nossa Senhora Mãe dos Homens, Coqueiro Seco (AL)	Fuji Film, modelo FinePix SL240

03	123D Catch da Autodesk	(Oliveira; Guimarães; Harris, 2015)	Chafariz do Mundéu, Cuiabá (MT)	SLR Nikon modelo D5100, lente objetiva Nikkor
04	PhotoScan (Metashape)	(Soster; Ferrari, 2021)	Estação Ferroviária de São Carlos, São Carlos (SP)	Nikon modelo 5100 com lente fator 18-55 mm
05	Recap da Autodesk	(Guillen Salas; Kallas; Silva, 2021)	Museu da Cidade de Brasília, Brasília (DF)	câmera fotográfica DSLR de marca Nikon de modelo D600
06	VisualSFM			
07	Meshlab			

Fonte: Elaborado por Vitor Garcia, 2023.

Em geral, apesar de alguns empecilhos enfrentados, as conclusões dos trabalhos foram positivas quanto aos métodos e softwares utilizados, conforme indicaram Yanaga (2006, p. 99), Groetelaars e Amorim (2008, p. 105) e Oliveira e Guimarães (2015, p. 9). Tal como apresenta-se a seguir:

[...] o levantamento e a restituição fotogramétrica são realmente ferramentas de auxílio que facilitam e agilizam a documentação arquitetônica de um bem cultural e que, atualmente, estão ao alcance de todos. (Yanaga, 2006, p. 99)

Pode-se comprovar que as técnicas digitais simplificaram o processo de restituição, reduziram os custos e ampliaram o leque de aplicações, graças à maior flexibilidade das técnicas e equipamentos necessários. Espera-se que a Fotogrametria seja utilizada de modo crescente por profissionais da área de preservação de sítios e monumentos históricos [...] (Groetelaars; Amorim, 2008, p. 105)

O resultado da modelagem realizado pelo Autodesk 123D Catch foi satisfatório, permitindo a visualização de pequenos detalhes, como a superfície rugosa do vidro e as curvas de ferro fundido do gradil. A forma dos elementos arquitetônicos foi fielmente modelada e o resultado das texturas aproxima-se muito da situação real do edifício [...] (Oliveira; Guimarães; Harris, 2015, p. 9)

Como essas pesquisas não tinham o objetivo de identificar se os softwares utilizados eram de origem de código aberto, em um segundo momento nos dedicamos a investigar a natureza desses sete sistemas. Para tanto, confrontamos os critérios para um software ser considerado de código aberto (segundo a Open Source Initiative, conforme indicado no item anterior) com informações sobre os programas indicadas tanto nas pesquisas supramencionadas quanto nos endereços eletrônicos oficiais desses softwares. Nesse processo, constatamos que

apenas os programas VisualSFM e Meshlab foram produzidos através de princípios de código aberto, pelos motivos relatados abaixo.

Sobre o RolleiMetric MSR, Yanaga (2006, p.77) explica que ele trabalha com um formato específico de arquivo fotográfico da marca Rollei, denominado de RDC, uma estratégia comercial, “para que o usuário obrigatoriamente tenha que adquirir, ou a câmera, ou o software MSRPlan”. O que diverge da diretriz de código aberto de que as licenças não podem restringir outros programas e nem ser específica a um produto. Esse software não está mais disponível para download, assim como o 123D Catch da Autodesk, que foi desativado pela empresa em janeiro de 2017<sup>6</sup>. O PhotoModeler<sup>7</sup>, da Eos Systems Inc., o PhotoScan (Metashape)<sup>8</sup>, da Agisoft, e o Recap<sup>9</sup>, da Autodesk, ainda estão disponíveis mediante aquisição de licenças pagas, divergindo do princípio de código aberto da licença do programa não poder restringir o acesso gratuito por meio de venda. Além disso, esses cinco softwares mostraram ser licenciados com direitos exclusivos para o produtor, sendo comercialmente considerados ativos de propriedade intelectual e resguardados por direitos autorais. Portanto, não são softwares de código aberto.

Já o VisualSFM<sup>10</sup> e o Meshlab<sup>11</sup> são softwares de código aberto, consoante seus sites oficiais e a pesquisa de Guillen Sallas, Kallas e Silva (2021). Na pesquisa desses autores esses dois programas foram utilizados para restituir digitalmente o objeto de estudo. O VisualSFM organizou as 373 fotografias do Museu da Cidade de Brasília para conseguir uma nuvem de pontos da obra. Em sequência, a nuvem de pontos foi processada no Meshlab para gerar uma malha de triângulos da edificação. Em uma terceira fase foi gerado o modelo 3D da construção (ver Figura 1). Contudo,

6 Informações disponíveis em: <https://www.autodesk.com/solutions/123d-apps>. Acesso em: 26 jan. 2023.

7 Informações sobre o produto disponíveis em: <https://www.photomodeler.com/products/>. Acesso em: 26 jan. 2023.

8 Informações sobre o produto disponíveis em: <https://www.agisoft.com/buy/licensing-options/>. Acesso em: 26 jan. 2023.

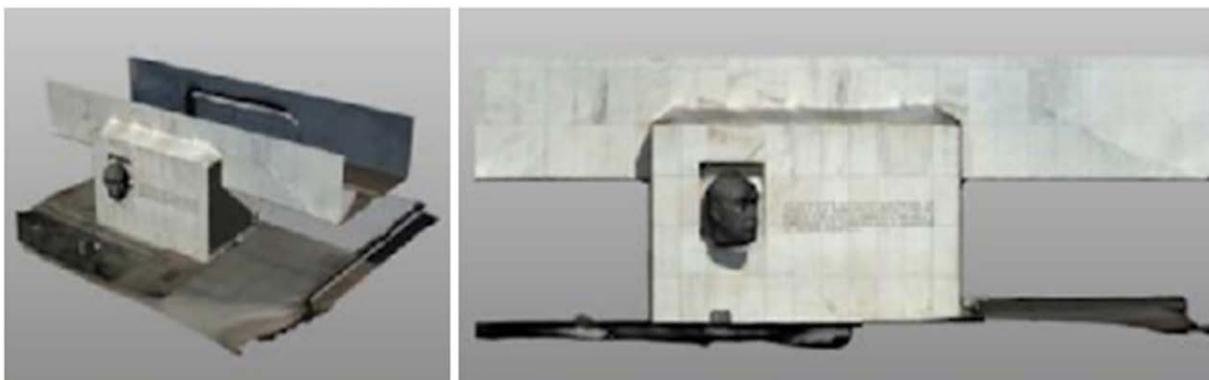
9 Informações sobre o produto disponíveis em: <https://www.autodesk.com/products/recap/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>. Acesso em: 08 fev. 2023.

10 Informações sobre o produto disponíveis em: <http://ccwu.me/vsfm/index.html>. Acesso em: 08 fev. 2023.

11 Informações sobre o produto disponíveis em: <https://www.meshlab.net/>. Acesso em: 08 fev. 2023.

nessa etapa foi utilizado o software proprietário Rhinoceros 5, mostrando que esses softwares de código aberto possuem limitações para o registro fotogramétrico do patrimônio arquitetônico.

**Figura 1** – modelagem 3D pelo software Rhinoceros 5



Fonte: Guillen Sallas, Kallas e Silva (2021, p. 13). Adaptado por Vitor Garcia, 2023.

Para complementar a pesquisa, também buscamos por experimentos que tivessem utilizado a fotogrametria para registros de outras naturezas e não só de patrimônios arquitetônicos, pois conjecturamos que os softwares utilizados também podem estar aptos para registros de arquiteturas históricas. Nesse contexto, a pesquisa de Rahaman e Champion (2019) confrontou diferentes programas para registro fotogramétrico utilizando como objeto de estudo uma escultura de pequenas proporções. Os autores trabalharam com cinco sistemas, os já mencionados PhotoScan (Metashape) e VisualSFM, além de outros três softwares de código aberto para registro fotogramétrico: o Python Photogrammetry Toolbox<sup>12</sup>, o Regard 3D<sup>13</sup> e o COLMAP<sup>14</sup>. Os dois últimos, em especial, apresentam em seu sítio eletrônico registros de emblemáticas arquiteturas patrimoniais realizados exclusivamente pelo software, como o Coliseu, o Fórum Romano, o Museu do Louvre e a Ópera de Paris<sup>15</sup>.

12 Informações sobre o produto disponíveis em: <https://github.com/decentropy/photogrammetry>. Acesso em: 08 fev. 2023.

13 Informações sobre o produto disponíveis em: <https://www.regard3d.org/>. Acesso em: 08 fev. 2023.

14 Informações sobre o produto disponíveis em: <https://colmap.github.io/>. Acesso em: 26 jan. 2023.

15 Imagens dos registros do Museu do Louvre e da Ópera de Paris realizados através do software COLMAP estão disponíveis em: <https://colmap.github.io/>. Acesso em: 26 jan. 2023

Ademais, nessa conjuntura ampliada, encontramos mais três softwares de código aberto, o WebODM <sup>16</sup>, o Meshroom <sup>17</sup> e o PAMP. Sobre este último, Duarte e Gonçalves (2015) o utilizaram para o registro fotogramétrico de áreas urbanas:

O PAMP (Pastis/Apero/Micmac/Porto) é um pacote de programas de código aberto criado por Marc Pierrot-Deseilligny do Instituto Geográfico Francês. Inicialmente continha apenas ferramentas para a correspondência de imagens. No entanto, foram integradas outras ferramentas já existentes, podendo atualmente realizar a maioria das tarefas, a montante e a jusante da correspondência de imagens com vista à modelação 3D de objetos a partir dum conjunto de imagens. (Duarte; Gonçalves, 2015, p. 4)

## Conclusões

Este estudo confirmou a hipótese guia da pesquisa - de que existem softwares de código aberto para realizar o registro fotogramétrico de edificações reconhecidas como patrimônio arquitetônico - pois o objetivo da pesquisa foi atingido. Identificamos oito softwares de código aberto para registro fotogramétrico: VisualSFM, Meshlab, Python Photogrammetry Toolbox, Regard 3D, COLMAP, WedODM, Meshroom e PAMP. Destes, destacamos o VisualSFM, o Meshlab, o Regard 3D e o COLMAP, porquanto verificamos casos em que eles foram utilizados para efetuar registros por fotogrametria de edifícios históricos.

Também inferimos sobre o crescente potencial da tecnologia de fotogrametria para executar registros cada vez mais precisos e realísticos do patrimônio arquitetônico, mostrando-se uma ferramenta com tendência a se tornar imprescindível para o campo da preservação. Ademais, deduzimos que a associação deste método ao conceito de tecnologia de código aberto pode resultar em softwares mais adaptados às particularidades do patrimônio arquitetônico, uma vez que os próprios usuários desses sistemas poderão ajustá-lo às suas demandas, instituindo programas mais intuitivos e inteligíveis para o serviço.

16 Informações sobre o produto disponíveis em: <https://opendronemap.org/webodm/>. Acesso em: 26 jan. 2023.

17 Informações sobre o produto disponíveis em: <https://alicevision.org/#meshroom>. Acesso em: 26 jan. 2023.

Para pesquisas futuras, sugerimos estudos de caso de registro fotogramétrico do patrimônio arquitetônico utilizando os programas de código aberto identificados (similarmente aos trabalhos indicados no Quadro 1), para comparar a qualidade dos sistemas operacionais e dos produtos dos softwares proprietários e dos softwares de código aberto.

Assim, longe de almejarmos chegar à uma conclusão resolva sobre o assunto, nossa expectativa é gerar uma contribuição consistente para continuarmos a refletir sobre as práticas de registro do patrimônio arquitetônico, destacando o mérito do uso das novas tecnologias para sua preservação, tema de tamanha sensibilidade e pertinência na contemporaneidade.

## Referências

ANDRADE JÚNIOR, N. V. de. Patrimônio arquitetônico. In: CARVALO, A.; MENEGUELLO, C. (orgs.). **Dicionário temático de patrimônio: debates contemporâneos**. 1ª ed. Campinas: Editora da Unicamp, 2020, p. 39-42.

ARRUDA, A. K. T. de. **Preservação e gestão do patrimônio construído: a contribuição do Heritage Information System**. 2013. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013. Disponível em: [https://ppgau.ufba.br/sites/ppgau.ufba.br/files/tese\\_completa\\_imprensaofinal\\_anna\\_karla.pdf](https://ppgau.ufba.br/sites/ppgau.ufba.br/files/tese_completa_imprensaofinal_anna_karla.pdf). Acesso em: 26 jan. 2023.

BASTIAN, A. V. Citygml e fotogrametria digital na documentação arquitetônica: potencialidades e limitações. In: Encontro brasileiro de tecnologia de informação e comunicação na construção, 7, 2015, Recife. **Anais eletrônicos** [...] Porto Alegre: ANTAC, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/283568423\\_CITYGML\\_E\\_FOTOGAMETRIA\\_DIGITAL\\_NA\\_DOCUMENTACAO\\_ARQUITETONICA\\_POTENCIALIDADES\\_E\\_LIMITACOES](https://www.researchgate.net/publication/283568423_CITYGML_E_FOTOGAMETRIA_DIGITAL_NA_DOCUMENTACAO_ARQUITETONICA_POTENCIALIDADES_E_LIMITACOES). Acesso em: 31 dez. 2022.

CANUTO, C. L.; MOURA, L. R. de; SALGADO, M. S. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 7, n. 4, 2016, p. 252-264 Disponível em: <http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8647456>. Acesso em: 31 dez. 2022.

CARVALHO, L.; GOMES, O.; PARREIRAS, F. Características da adoção de software de código aberto: Um estudo sobre o setor de tecnologia da informação de Minas Gerais. In: **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**. SBC, 2015. p. 371-378. Disponível

em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi/article/view/5839/5737>. Acesso em: 23 jan. 2023.

CHARLEAUX, L. **Open Source**: o que é e como funciona. Tecmundo, 11 abr. 2021. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/software/215130-open-source-funciona.htm#:~:text=Os%20programas%20com%20c%C3%B3digo%20aberto%20n%C3%A3o%20est%C3%A3o%20livres%20de%20falhas,que%20podem%20prejudicar%20a%20experi%C3%A>ncia. Acesso em: 20 ago. 2023.

DUARTE, D.; GONÇALVES, G. Produção automática de ortofotos em áreas urbanas utilizando veículos aéreos não tripulados e software de código aberto. **Atas das Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnologias da Informação Geográfica, Coimbra**, v. 11, p. 705-722, 2014. Disponível em: <http://www.mat.uc.pt/~gil/downloads/ProducaoAutomaticaOrtos.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2023.

GONÇALVES, J. R. O patrimônio como categoria de pensamento. In: ABREU, R.; CHAGAS, M. (Orgs.). **Memória e patrimônio: ensaios contemporâneos**. Rio de Janeiro: DP&A. 2003, p. 21-29.

GROETELAARS, N. J.; AMORIM, Arivaldo L. A Fotogrametria digital na documentação do Patrimônio Arquitetônico. **Fórum patrimônio: ambiente construído e patrimônio sustentável**, v. 2, n. 2, 2008, p. 92-105. Disponível em: [https://www.academia.edu/50469263/A\\_Fotogrametria\\_Digital\\_Na\\_Documenta%C3%A7%C3%A3o\\_Do\\_Patrim%C3%B4nio\\_Arquitet%C3%B4nico](https://www.academia.edu/50469263/A_Fotogrametria_Digital_Na_Documenta%C3%A7%C3%A3o_Do_Patrim%C3%B4nio_Arquitet%C3%B4nico). Acesso em: 31 dez. 2022.

GUILLEN SALAS, J. C.; KALLAS, L. M. E.; SILVA, N. F. Registro documental com tecnologias digitais não convencionais na arquitetura: o estudo de caso do Museu da Cidade de Brasília /DF. **RCT - Revista de Ciência e Tecnologia**. Edição Especial, 2021. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rct/article/view/7015>. Acesso em: 08 fev. 2023.

KÜHL, B. M. História e ética na conservação e na restauração de monumentos históricos. **Revista CPC**, [S. l.], n. 1, p. 16-40, 2006. DOI: 10.11606/issn.1980-4466.v0i1p16-40. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/cpc/article/view/15579>. Acesso em: 20 ago. 2023.

OLIVEIRA, M.; GUIMARÃES, P.; HARRIS, A. Sistematização de método para modelagem tridimensional de patrimônio arquitetônico mediada pelo software Autodesk 123D Catch. In: *Projetar*, 7, 2015, Natal. **Anais eletrônicos [...]** Natal: *Projetar*, 2015, p. 1-10. Disponível em: <http://projedata.grupoprojetar.ct.ufrn.br/dspace/handle/123456789/1149>. Acesso em: 31 dez. 2022.

OTERO-PAILOS, J; LANGDALEN, E; ARRHENIUS, T. **Experimental preservation**. 1ª ed. Zurique: Lars Müller Publishers, 2016.

RAHAMAN, H.; CHAMPION, E. To 3D or not 3D: Choosing a photogrammetry workflow for cultural heritage groups. **Heritage**, v. 2, n. 3, p. 1835-1851, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2571-9408/2/3/112>. Acesso em: 08 fev. 2023.

RODRIGUES, R. L.; AGOSTINHO, C. J. Documentação digital do patrimônio arquitetônico: a igreja Nossa Senhora Mãe dos Homens - Coqueiro Seco/AL. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 26-41, 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/152125>. Acesso em: 31 dez. 2022.

SCACCHI, W. Free/open source software development: recent research results and emerging opportunities. **Advances in computers**, v. 69, p. 459-468, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065245806690050>. Acesso em: 31 dez. 2022.

SOSTER, S. S.; FERRARI, F.. Documentação digital do patrimônio arquitetônico: Antiga Estação Ferroviária de São Carlos-SP. **Revista de Ciência e Tecnologia**, 2021. Disponível em: <http://revista.ufr.br/rct/article/view/7021>. Acesso em: 31 dez. 2022.

TOLENTINO, M. M. A.; FEITOSA, B. B. L. A utilização de tecnologias digitais na documentação do patrimônio arquitetônico. In: Arqdoc: informação e conhecimento para preservação, 3, 2014, João Pessoa. **Anais eletrônicos** [...] João Pessoa: Arqdoc, 2014. Disponível em: [https://www.academia.edu/55506402/A\\_Utiliza%C3%A7%C3%A3o\\_De\\_Tecnologias\\_Digitais\\_Na\\_Documenta%C3%A7%C3%A3o\\_Do\\_Patrim%C3%B4nio\\_Arquitet%C3%B4nico](https://www.academia.edu/55506402/A_Utiliza%C3%A7%C3%A3o_De_Tecnologias_Digitais_Na_Documenta%C3%A7%C3%A3o_Do_Patrim%C3%B4nio_Arquitet%C3%B4nico). Acesso em: 31 dez. 2022.

YANAGA, S. S. **Fotogrametria digital à curta distância na documentação do patrimônio arquitetônico - estudo de caso**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88335>. Acesso em: 31 dez. 2022.

## NOTA

### *Publisher*

Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-graduação Projeto e Cidade. Publicação no Portal de Periódicos UFG.

As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

RECEBIDO EM: 27/01/2023

APROVADO EM: 08/08/2023

PUBLICADO EM: 20/08/2023