



## **Registro documental com tecnologias digitais não convencionais na arquitetura: o estudo de caso do Museu da Cidade de Brasília /DF**

**Juan Carlos Guillen-Salas<sup>1</sup>, Luana Miranda Esper Kallas<sup>2</sup>, Neander Furtado Silva<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Laboratório de Fabricação Digital e Customização em Massa- Universidade de Brasília (UnB) e Faculdade de Artes Visuais - Universidade Federal de Goiás (UFG)  
70.904-970 – Brasília – DF – Brazil

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação Projeto e Cidade - Faculdade de Artes Visuais - Universidade Federal de Goiás (UFG)  
74.690-900 – Goiânia - GO - Brazil

<sup>3</sup> Laboratório de Fabricação Digital e Customização em Massa - Programa de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de Brasília (UnB)  
70.904-970 – Brasília – DF – Brazil

arq\_jcguisal@yahoo.com, luanakallas@ufg.br, neander@unb.br

**Abstract.** *The architectural heritage documentary record with photogrammetry is still uncommon in Brazil. The objective of this work was to demonstrate that low cost photogrammetry technologies can be used in the documentation. In this sense, the research was organized in four parts: theoretical review, case study, results and discussion, and conclusion. In this work it was observed that low cost point cloud photogrammetry technologies allow architectural heritage documentation, through 3D digital models and 3D prototypes at different scales. And it was confirmed that low-cost photogrammetry technologies can be used in architectural heritage documentation.*

**Resumo.** *O registro documental patrimonial arquitetônica com fotogrametria ainda é incomum no Brasil. O objetivo deste trabalho foi demonstrar que as tecnologias de fotogrametria de baixo custo podem ser utilizadas na documentação. Nesse sentido, a pesquisa foi organizada em quatro partes: revisão teórica, estudo de caso, resultados e discussão, e conclusão. Neste trabalho observou-se que as tecnologias de fotogrametria de nuvem de pontos de baixo custo permitem a documentação patrimonial arquitetônica, por meio de modelos digitais 3D e protótipos 3D em diferentes escalas. E confirmou-se que as tecnologias de baixo custo de fotogrametria podem ser utilizadas na documentação patrimonial arquitetônica.*



## 1. Introdução

Apesar do registro documental do patrimônio existir há muito tempo e ser utilizado de diversas formas, não existe um tipo de documentação considerada ideal, pois as tecnologias mudam com frequência, a primeira forma foram os desenhos manuais, depois a fotografia e mais recentemente a fotogrametria tem sido usada para a documentação patrimonial, mas devido aos valores ainda considerados impraticáveis no Brasil, esse artigo apresenta uma alternativa de documentação utilizando tecnologias digitais não convencionais na arquitetura.

O registro documental do patrimônio surge com os desenhos rupestres espalhados pelo mundo, imprimindo uma informação em pedras. Essas informações, que ao longo da história foram encontradas, e utilizando-se novos registros documentais, como a fotografia passou a registrar o patrimônio, catalogando e servindo para o ensino e a informação sobre o patrimônio em questão.

Com a evolução tecnológica e as ferramentas utilizadas no campo da arquitetura e do urbanismo, novas tecnologias foram sendo utilizadas para o registro documental, a reprodução da paisagem representada em 2D em *softwares* como CAD, depois na modelagem do patrimônio em *softwares* de modelagem de 3D, hoje existem muitos *softwares*, como *SketchUP*, o próprio CAD (na função 3D), entre outros, todas as tecnologias hoje convencionais.

Outras tecnologias desenvolvidas também foram incorporadas à arquitetura e ao urbanismo, como o escaneamento 3D e a fotogrametria, tanto para o seu uso original, o mapeamento, muito utilizado para fins militares, como também para uma ampliação e uma derivação, primeiramente utilizado no planejamento urbano e, posteriormente, na documentação patrimonial arquitetônica, que pode-se afirmar, como uma tecnologia não convencional.

Nesse sentido, e como hipótese deste artigo, é que tecnologias de baixo custo de fotogrametria podem ser utilizadas para documentação patrimonial arquitetônica.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é demonstrar que as tecnologias de baixo custo de fotogrametria podem ser utilizadas na documentação patrimonial arquitetônica.

Portanto, para se alcançar o objetivo proposto e a comprovação da hipótese, este artigo foi organizado em quatro partes: uma revisão teórica, um estudo de caso, apresentação dos resultados e discussão, e conclusão. Sendo que,

A primeira parte, a revisão teórica teve como objetivo formar um embasamento sobre as tecnologias de fotogrametria na documentação patrimonial. Esse embasamento abordou tópicos sobre documentação patrimonial, tecnologias de registro documental: convencionais e não convencionais, e o Museu da Cidade de Brasília.

A segunda parte aborda o estudo de caso de registro documental fotogramétrico, o Museu da Cidade de Brasília. Essa parte foi organizada em dois itens, materiais e processo metodológico.

A terceira parte foi a apresentação dos resultados e a discussão. Nessa parte, a principal observação foi que as tecnologias fotogramétricas de baixo custo podem ser aplicadas no registro documental patrimonial arquitetônico.



A quarta parte, refere-se à conclusão, onde foi demonstrado que as tecnologias de baixo custo de fotogrametria podem ser utilizadas na documentação patrimonial arquitetônica.

## 2. Revisão teórica

Objetivo desta parte é fornecer embasamento sobre os conceitos de documentação patrimonial, tecnologias de fotogrametria e o Museu da Cidade de Brasília.

### 2.1. Documentação patrimonial

A maioria de autores que a documentação patrimonial é uma forma de documentar um patrimônio usando diferentes tecnologias e; outros autores apontam a documentação como também o ensino e proteção de um bem. Tal como é apresentado a seguir.

Kallas, Guillen Salas e Silva (2020) apontam que a documentação patrimonial é uma forma de ensino, informação, registro, divulgação, promoção e proteção de um bem.

Buckland (citado por GRICOLETO, 2009; citado por KALLAS; GUILLEN SALAS; SILVA, 2020) afirma que a documentação é “[...] o ensino e informação sobre um determinado patrimônio”

Amorim (2010, p.10 citado por KALLAS; GUILLEN SALAS; SILVA, 2020) afirma “[...] que a documentação é um conjunto de tecnologias e ferramentas para capturar, processar, indexar, armazenar e publicar ou divulgar algum assunto.”

Oliveira (2008 citado por KALLAS; GUILLEN SALAS; SILVA, 2020) afirma que a documentação pode ser real e aparente, sendo que a primeira, segue com mais precisão e ortogonalidade; já a segunda, utiliza de “perspectivas exatas ou de observação”.

O Senado Federal assinala que a documentação é uma forma de promover e proteger um bem (KALLAS; GUILLEN SALAS; SILVA, 2020).

Assim, neste trabalho será adotado a definição de Kallas, Guillen Salas e Silva (2020) por ser uma definição mais abrangente. Neste sentido, neste trabalho a documentação patrimonial será entendida como uma forma de ensino, informação, registro, divulgação, promoção e proteção de um bem.

### 2.2. As tecnologias fotogramétricas

Alguns autores apontam que a documentação pode ser realizada por algumas ferramentas e instrumentos.

Entre eles estão que “a documentação de edificações, conjuntos arquitetônicos, centros históricos de cidades eram croqui com medição direta, levantamento topográfico, restituição fotogramétrica de fotografias aéreas ou terrestres ou fotogrametria Digital.” (AMORIM e CHUDAK, 2005, p.1 citado por KALLAS; GUILLEN SALAS; SILVA, 2020)

Definir quais os tipos de documentação, como descrita acima, se utiliza de tecnologias digitais convencionais ou não convencionais e parte de um breve processo histórico, e, claro, do que se trata ser convencional ou não convencional.

Nesse sentido, e segundo o dicionário Aurélio, Convencional é “Relacionado com convenção que segue ou resulta de um conjunto de costumes, hábitos e usos:



comportamento convencional; Estabelecido pelo uso ou pela prática; tradicional; Que obedece padrões ou regras já estabelecidas; comum.” E não convencional, e por oposição é exatamente o contrário.

Dessa forma, afirmar sobre as tecnologias digitais convencionais é o mesmo que afirmar que são tecnologias tradicionais. Nesse sentido e pelo costume, as tecnologias tradicionais podem ser consideradas dentre a documentação citada por Amorim e Chudak, como sendo croqui com medição direta, levantamento topográfico, incluído as fotografias. Já as tecnologias não convencionais ou não tradicionais são a restituição fotogramétrica de fotografias aéreas, ou terrestres, ou fotogrametria Digital.

Nesse sentido, para demonstrar que, na sua maioria, na atualidade as tecnologias digitais convencionais são as tipologias adotadas no Brasil, é possível identificar em editais de contratação de pessoal especializado, por meio de consultoria pela UNESCO e o Instituto de Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), uma autarquia do Governo Brasileiro. Essa contratação, como exemplo, é para o desenvolvimento de pesquisa documental como na Figura 1, que explicita os elementos para documentação e as tecnologias digitais adotadas, que vai ao encontro das tecnologias digitais convencionais já mencionadas. Nesse sentido, não há nenhuma citação de termos que se relacionem as tecnologias consideradas não convencionais.

#### **Produto 1. ENTENDENDO O LUGAR**

Esta etapa objetiva conhecer o processo de transformações pelo qual o lugar passou ao longo de sua história, suas características atuais e de seu entorno, as práticas sociais associadas, aspectos simbólicos e os atores que tem interesse no sítio ou são de alguma forma impactados por ele. Além dos textos, as informações devem ser representadas também em mapas, plantas ou outros elementos gráficos que permitam a compreensão de forma didática.

##### **1.1. COLETA DE DADOS**

Pesquisa documental: levantamento dos aspectos históricos, estéticos, artísticos, formais, ambientais, paisagísticos, arqueológicos. São de fundamental importância: processos de tombamento, processos relacionados a pesquisas arqueológicas, inventários do bem arquitetônico, bens móveis e integrados, fichas de cadastro de sítios arqueológicos, fichas de cadastro de bens arqueológicos móveis, planos, mapas, plantas, croquis, pinturas, fotografias antigas, fotos aéreas, reportagens, textos com descrições do lugar, registros de fatos ocorridos nele, descrição dos usos antigos e atuais, práticas sociais e aspectos simbólicos associados ao lugar entre outros. As fontes deverão ser identificadas e apresentadas junto com o material que será utilizado.

Pesquisa no local: registro da situação atual do bem através de relatório (s) fotográfico (s), croquis e/ ou mapas esquemáticos de forma que seja possível compreender as características do bem como ele está no momento.

Entrevistas com o IPHAN local, gestores e demais atores envolvidos.

Figura 1 – Trecho retirado do Edital de contratação de consultor IPHAN /UNESCO. Fonte: PROJETO 914BRZ4018 EDITAL Nº 001/2021 - Perfil: 02/2021-CGCO Fortificações BA

Ainda sobre as tecnologias digitais, vale ressaltar que nem toda tecnologia criada é utilizada para um único propósito. Inicialmente uma tecnologia é desenvolvida para o uso em uma área específica, mas com as possibilidades do *software* faz com que estudiosos apliquem esses recursos em outras áreas do conhecimento, podendo com o tempo, passar a ser usada como uma tecnologia convencional, que no caso pode ser aplicada na arquitetura e no urbanismo, como exemplo, o uso da fotografia.

Como esclarece Viollet-le-duc (2006), apesar de toda a controvérsia que o envolve sobre a restauração que adotava, “a fotografia tem um papel sério nos estudos científicos”, e nesse sentido, hoje ela é plenamente aceita. O autor ainda declarou, que



antes se utilizavam de desenhos para os registros documentais, e que, portanto, sempre havia algum tipo de falha ou incompletude do desenho podendo os relatórios até serem contestados; enquanto que, com a fotografia, devido a sua precisão, tornavam os relatórios incontestáveis.

Em relação as tecnologias não convencionais aqui tratadas, no ano de 2021, como a fotogrametria, ainda não são largamente utilizadas para documentação arquitetônica no âmbito governamental, como por exemplo, no IPHAN, embora possam ser visualizados estudos independentes e de forma isolada, no âmbito acadêmico, de trabalhos espalhados pelo Brasil sobre a fotogrametria arquitetônica.

Segundo Polidori (2020), a fotogrametria em termos gerais é a utilização de imagens fotográficas derivando em informações topográficas. Mas quando surgiu a fotogrametria?

Apesar do uso da fotogrametria ser bem antigo e com “várias fases de evolução: gráfica, analógica, analítica e digital” segundo Amorim (2012, p.64), ele cita a criação da técnica à duas pessoas, Aimé Laussedat (1849) e Albercht Meydenbauer (1859), onde as técnicas são semelhantes, mas considera Meydenbauer o introdutor do nome fotogrametria.

Já Polidori (2020) afirma que há um certo consenso que o pai da fotogrametria é o Aimé Laussedat e que a técnica teve inicialmente, o nome de metrofotografia e, assim como na atual fotogrametria, se utiliza de imagem fotográficas para levantamentos topográficos.

Mais de um século depois, que a precisão da fotogrametria foi demonstrada, sendo utilizada no exército norte-americano para o mapeamento, e se tornando um marco em 1940, depois que Russel Kerr Bean demonstrou a precisão do mapeamento por fotogrametria por meio de seu funcionamento de forma matemática e a relação da câmera, do filme, da impressora diapositiva e o projetor de mapeamento. (RADLINSKI, 1985)

Thompson (1958) demonstrou o uso da fotogrametria mapeando de forma precisa a configuração de dunas de areia no leito de um canal de rio experimental.

Da área militar, a fotogrametria passou para o planejamento urbano, e hoje é largamente utilizada no mapeamento de cidade por meio dessa tecnologia, chamando-se de aerofotogrametria, mas também, tem-se utilizado em alguns países para a documentação arquitetônica.

Como declara Amorim, as tecnologias avançam e com ela uma maior integração de “novas tecnologias para a documentação arquitetônica” (Amorim, 2012, p.66). Nesse sentido, o autor apresenta três tipos de levantamentos de edificação utilizando tais tecnologias, que são a Fotogrametria digital, o *3D Laser scanning* e *Photo-based Scanning*.

A fotogrametria já foi explicada anteriormente de forma breve, mas Amorim (2012) esclarece sobre a fotogrametria digital que possui diversos níveis de precisão e consequentemente de custos, assim como possibilitou que muitas pessoas sem muita especialidade pudesse ter acesso à essa tecnologia e o levantamento ainda poderia ser realizado por via terrestre e/ou aérea.



Em relação à acessibilidade, não ocorreu com o *3D Laser Scanning*, que de acordo com Amorim (2012) ainda não se popularizou devido ao seu alto custo. No entanto, sua precisão é superior e o equipamento (o *scanner 3D*) realiza uma varredura, criando nuvem de pontos que reproduz a edificação de forma geométrica bastante detalhada, seu escaneamento pode ser terrestre e aéreo.

E por último, o autor aponta o *Photo-based Scanning*, que nada mais é que *softwares* que se utilizam de uma série de fotografias que associadas à fotogrametria produz o que se chama de nuvem de pontos.

Nesse sentido, alguns softwares estão disponíveis e são acessíveis, pois alguns são do tipo Open Source, ou seja, de código aberto e de livre consulta e uso, como o Visual SFM e *Meshlab* e há outros softwares em versão estudante, como o *Recap PRO* da *Autodesk* (*Autodesk Recap Photo* e o *Autodesk Recap*) que serão utilizados no estudo de caso. E em todos, pode-se realizar o levantamento por via terrestre e aérea.

Além disso, a fotogrametria pode ser utilizada para qualquer forma, como apresentado por Guillen Salas (2020) utilizando um objeto não euclidiano para obter as nuvens de pontos e restituir o objeto com maior precisão, visto que a nuvem de pontos cria uma malha com mais informações e, portanto, com maior qualidade.

O uso das tecnologias não convencionais, como o *Meshlab* e *Autodesk Recap PRO* entre outros *softwares* existentes no mercado, apresentam-se como uma alternativa para a documentação do patrimônio arquitetônico, como uma forma de abrir um “leque” de opções para aqueles que documentam e registram o patrimônio, não se limitando as tecnologias tradicionais.

### 2.3. Museu da Cidade de Brasília

O primeiro Museu da Cidade, o Museu da Cidade de Brasília.

De acordo com Brasil

[...] Consideram-se museus [...] as instituições sem fins lucrativos que conservam, investigam, comunicam, interpretam e expõem, para fins de preservação, estudo, pesquisa, educação, contemplação e turismo, conjuntos e coleções de valor histórico, artístico, científico, técnico ou de qualquer outra natureza cultural. (BRASIL, 2009)

Nesse sentido, Oscar Niemeyer, o autor do projeto do Museu da Cidade de Brasília cita que o então chamado “Museu de Brasília [...] destina-se a preservar os trabalhos referentes à construção da nova Capital- ou melhor, tudo que se refira ao empreendimento da transferência do Governo Federal para o centro do país.” (NIEMEYER, 1959, sic)

Mesmo que a lei, que estabelece o estatuto dos Museus tenha ocorrido somente em 2009, o Museu de certa forma, sempre foi consenso que é um lugar de preservação como referiu Niemeyer, ainda em 1959.

O programa proposto para o Museu da Cidade de Brasília, de acordo com Niemeyer (1959) tinha que atender ao que ele cita “conveniências arquitetônicas de monumento, condição inseparável daquele tipo de construção”. Assim, contemplava

um grande salão com 170m<sup>2</sup>, contido entre duas vigas de 85 metros de comprimento [...], apoiadas em duas colunas paredes de concreto armado,

entre as quais se situa a escada de acesso. No interior, onde uma abertura no teto garante a iluminação adequada à exposição, serão apresentados painéis, fotos, desenhos maquetes, manuscritos- abrangendo desde o concurso para o plano piloto, a construção de estradas, edifícios, aos problemas materiais e econômicos que vão surgindo durante a construção da Nova Capital.

A forma plástica desse monumento exprimindo por seu arrôjo as possibilidades de concreto armado, atende, também às características procuradas de sobriedade e beleza. (NIEMEYER, 1959)

O Museu está localizado na Praça dos três Poderes em Brasília, projeto de Oscar Niemeyer e que foi executado ao longo da construção de Brasília e inaugurado com a cidade de Brasília em 21 de abril de 1960. Portanto, o Museu completa 61 anos em 2021. Há vários registros documentais desse patrimônio de Brasília, uma vez que foi tombado em as duas instâncias: a primeira, em 1982, em nível Distrital e a segunda, em 2007, em nível Federal (KALLAS; SILVA; GUILLEN SALAS, 2020). Os desenhos esquemáticos do Museu da Cidade de Brasília podem ser visto na Figura 2.

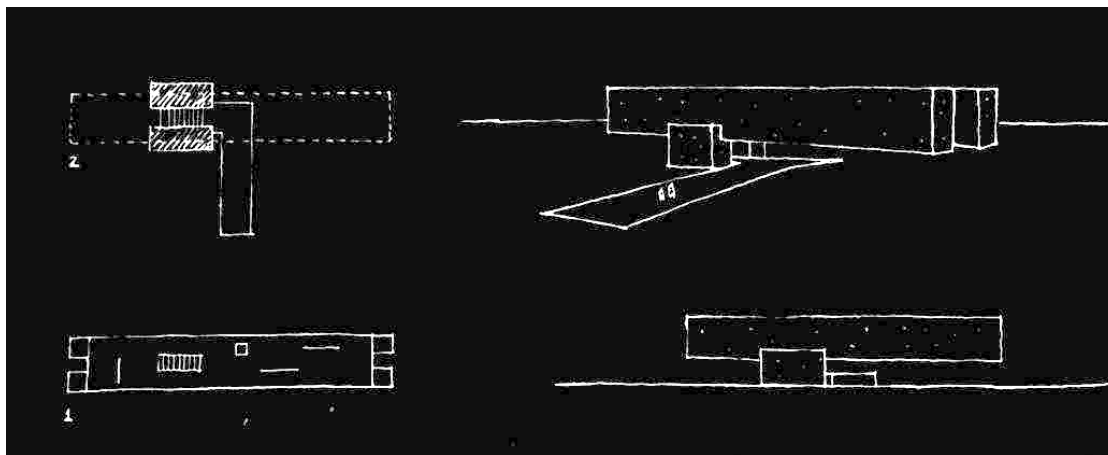


Figura 2- Maquete e croquis explicativos do Museu da Cidade de Brasília por Oscar Niemeyer. Fonte: Niemeyer (1959)

Nesse sentido, o primeiro registro documental que se tem notícia do Museu da Cidade, parte do Periódico criado pela Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (Novacap) durante a construção de Brasília, período em que o Museu também foi construído e a intenção era de levar um “boletim informativo para abastecer a opinião pública nacional e internacional sobre o andamento das obras” segundo o Distrito Federal (2021). A revista foi publicada mensalmente durante o período de construção da capital com 44 edições de janeiro de 1957 a agosto de 1960, com registros sobre a Nova Capital. E na atualidade, a Revista é o primeiro documento sobre o processo de construção da cidade de Brasília, entre as várias obras importantes da cidade, como o Museu da Cidade de Brasília.

Nesse sentido, uma revisão nas 44 edições da Revista Brasília foi realizada a fim de obter todos os registros originais sobre o Museu da Cidade de Brasília e foram encontrados os seguintes registros e sua respectiva fonte sistematizada na Quadro 1, apresentando as Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 e Figura 8.

É importante salientar que esses registros foram documentados com tecnologias convencionais e apesar desses registros serem extensos, por meio das fotografias existentes e disponíveis no Arquivo público do Distrito Federal, será apresentado no item estudo de caso, o uso das tecnologias digitais não convencionais na documentação

do patrimônio arquitetônico, com a fotogrametria de baixo custo do Museu da Cidade de Brasília, apresentando a metodologia para essa documentação.

#### Quadro 1 - Documentos registrados na Revista Brasília.



Figura 3-Construção do Museu de Brasília.  
Fonte: Distrito Federal, 2021. Revista Brasília, Nº28. ano 3. Abril de 1959.



Figura 4 - O museu de Brasília localizado na Praça dos tres poderes. Fonte: Distrito Federal, 2021. Revista Brasília, Nº29. ano 3. Abril de 1959.



Figura 5 - Manifestação na Praça dos Três Poderes, por ocasião das comemorações do «Dia do Trabalho». À direita, o Museu de Brasília e o Palácio do Supremo Tribunal. Fonte: Distrito Federal, 2021. Revista Brasília, Nº29. ano 3. Abril de 1959.



Figura 6- O museu em construção. Fonte: Distrito Federal, 2021. Revista Brasília, Nº29. ano 3. Abril de 1959.



Figura 7 - Museu de Brasília, localizado na Praça dos Três Poderes, com a parte de concreto concluída. Fonte: Distrito Federal, 2021. Revista Brasília, Nº30. ano 3. Abril de 1959.

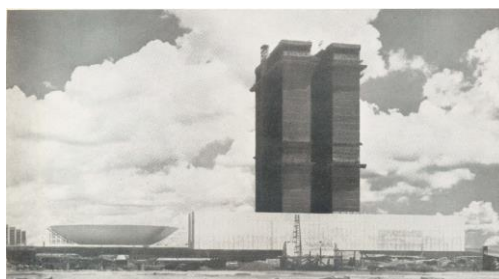


Figura 8 - O Museu de Brasília em acabamento externo. Fonte: Revista Brasília, Nº39. ano 4. 1960.

Fonte: Informações da Revista Brasília, sistematização realizada a partir das revistas disponíveis em Distrito Federal, 2021.



### 3. Estudo de caso: o Museu da Cidade de Brasília

#### 3.1 Materiais

Nesse sentido, para o desenvolvimento deste estudo, um levantamento fotográfico do Museu da Cidade de Brasília foi realizado com uma câmera fotográfica DSLR de marca Nikon de modelo D600. Foram utilizados para restituição das fotografias dois tipos de *softwares*: *Open source* e de versão estudante. Os *softwares Open source* foram: *Visual SFM* e *Meshlab*. E os *softwares* de versão estudante foi: Autodesk Recap PRO. E para a prototipagem foi utilizado o *software Rhinoceros* e uma impressora 3D de marca *Uberblock*.

#### 3.2 Processo metodológico

O estudo de caso foi organizado em 7 etapas. As etapas foram desde a caracterização do alvo para registro até a prototipagem 3D do alvo. Ver Figura 9.

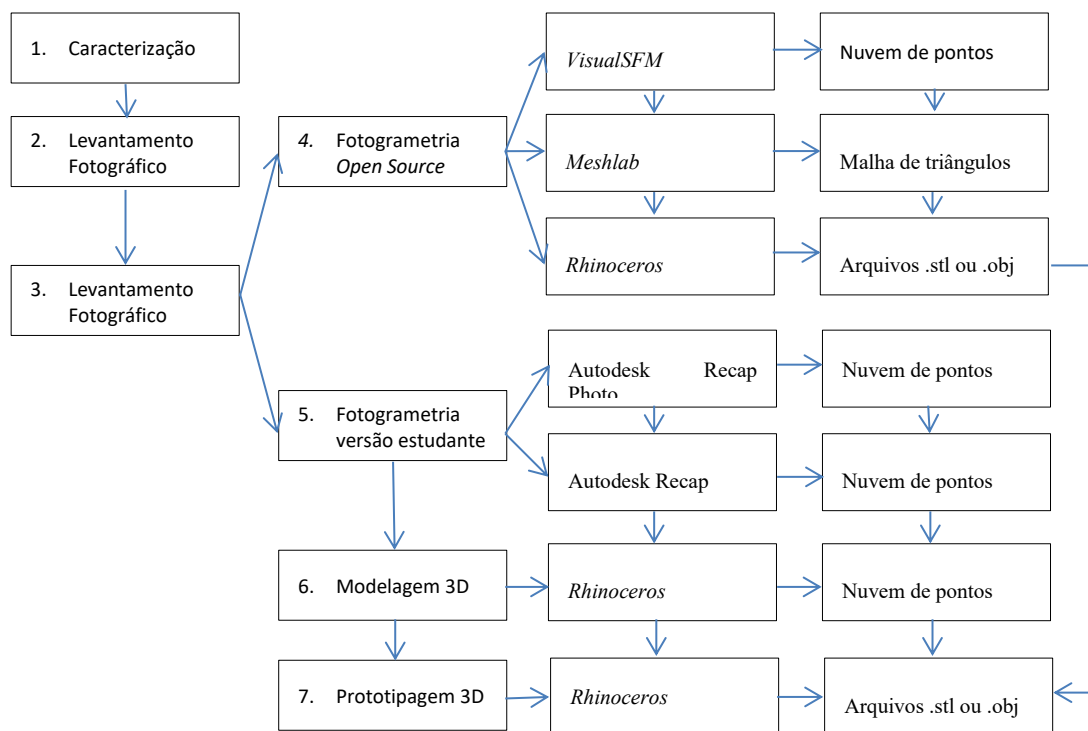


Figura 9 - Processo Metodológico. Fonte: Juan Guillen

##### 3.2.1 Caracterização

Nesta etapa foi realizada uma visita prévia para fazer o reconhecimento do alvo e do entorno imediato. O reconhecimento do alvo consistiu em analisar as formas geométricas dos componentes do alvo, o material construtivo e o acesso em volta do

alvo. E o reconhecimento do entorno imediato do alvo consistiu na observação do uso do espaço, os dias e horários da semana de maior intensidade de uso.

O alvo para registro, o Museu da Cidade de Brasília, apresenta formas geométricas regulares e como material construtivo, concreto armado revestido com mármore branco. E, ele se encontra localizado na Praça dos Três Poderes. A localidade é uma área de alta intensidade de uso de segunda-feira à sexta-feira por veículos e pedestres nos horários de pico. Ver Figura 10.

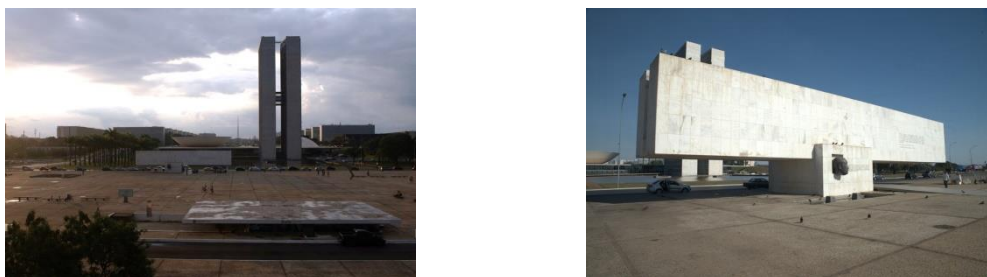


Figura 10 - Praça dos Três Poderes (esquerda) e Museu da Cidade (direita). Fonte: Juan Guillen

Devido às formas geométricas simples e a localização do alvo optou-se pelo uso da estratégia de levantamento fotográfico em dia de sábado no período das 08h00min às 12h00min.

### 3.2.2 Levantamento fotográfico

Nesta etapa foi estabelecida a rota a ser seguida no levantamento fotográfico. A rota foi estabelecida em função da necessidade do enquadramento na íntegra do alvo e liberdade de acesso.

A rota da sequência de fotografias foi realizada a uma distância média de 15 metros de distância do alvo. Esse percurso foi realizado com posições dentro da Praça dos Três Poderes, na pista e no jardim de grama do Congresso da República.

### 3.3.3 Material fotográfico

Nesta etapa foram revisadas todas as fotografias para descartar as que apresentaram problemas de foco e nitidez. 373 fotografias foram selecionadas para o processo de restituição. Essas fotografias foram tiradas no sábado, dia 10 de outubro de 2015, das 8h00min às 12h00min.

### 3.3.4 Fotogrametria *open source*

Nesta etapa foi processado o material fotográfico utilizando *softwares* fotogramétricos *open source* para conseguir a restituição do alvo. Os *softwares* permitiram utilizar as 373 fotografias que foram selecionadas.

Este processo passou por três fases. Na primeira fase, as fotografias foram organizadas nos softwares *VisualSFM* e *PMVS-CMVS* para conseguir uma nuvem de pontos. Ver Figura 11.

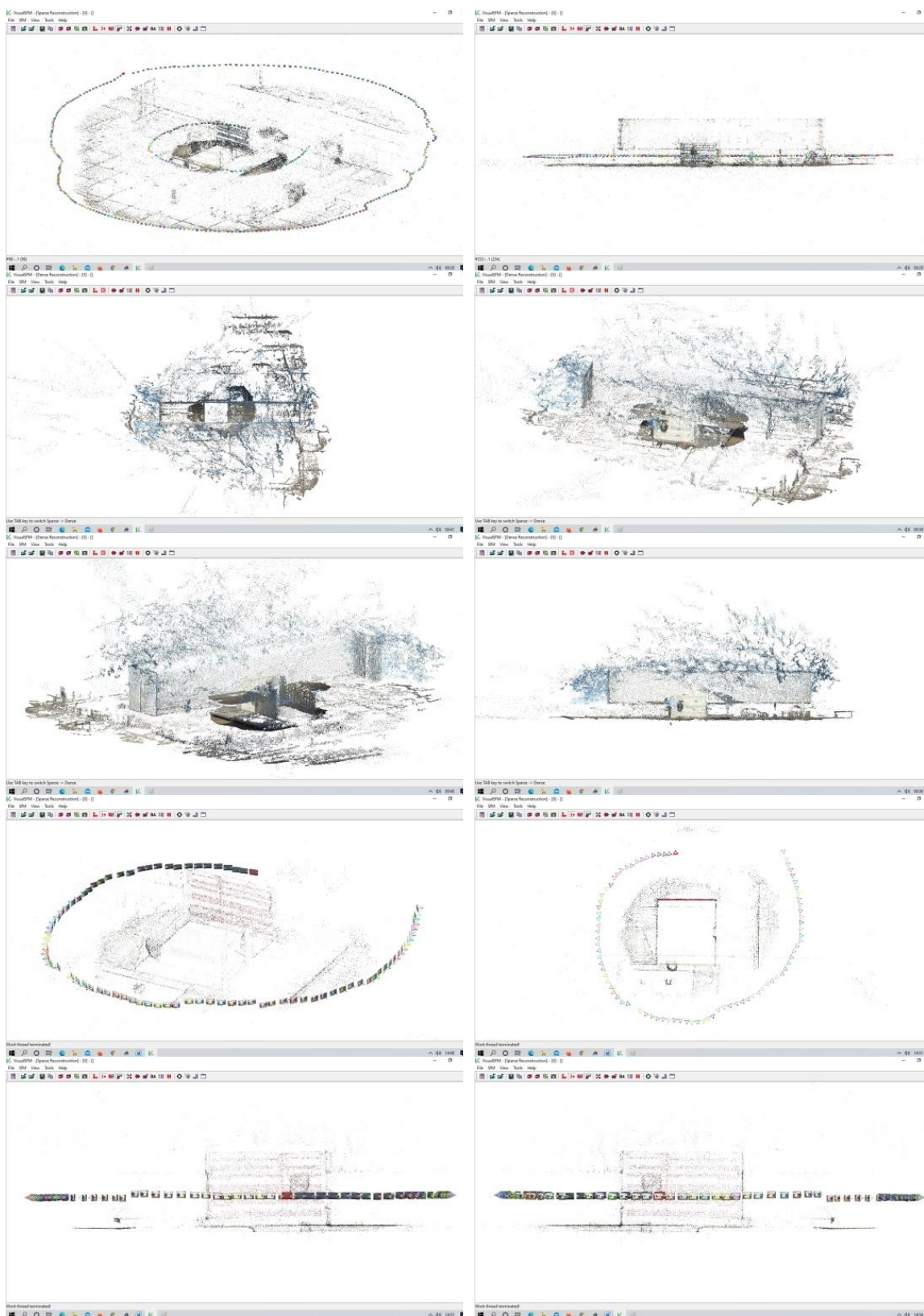


Figura 11 - Processamento nos Softwares Fotogramétricos Open Source: VisualSFM e PMVS-CMVS.  
Fonte: Juan Guillen

Na segunda fase, a nuvem de pontos foi processada no *software meshlab* para gerar uma malha de triângulos. A partir desse arquivo foi gerada uma superfície

descontínua, esperava-se que fosse uma malha de superfície contínua. Essa superfície descontínua apresentou limitações para a realização do registro, mas permitiu observar que o procedimento de tomada de fotografias praticado gerou ruído na restituição do alvo nessa tecnologia. Ver Figura 12.

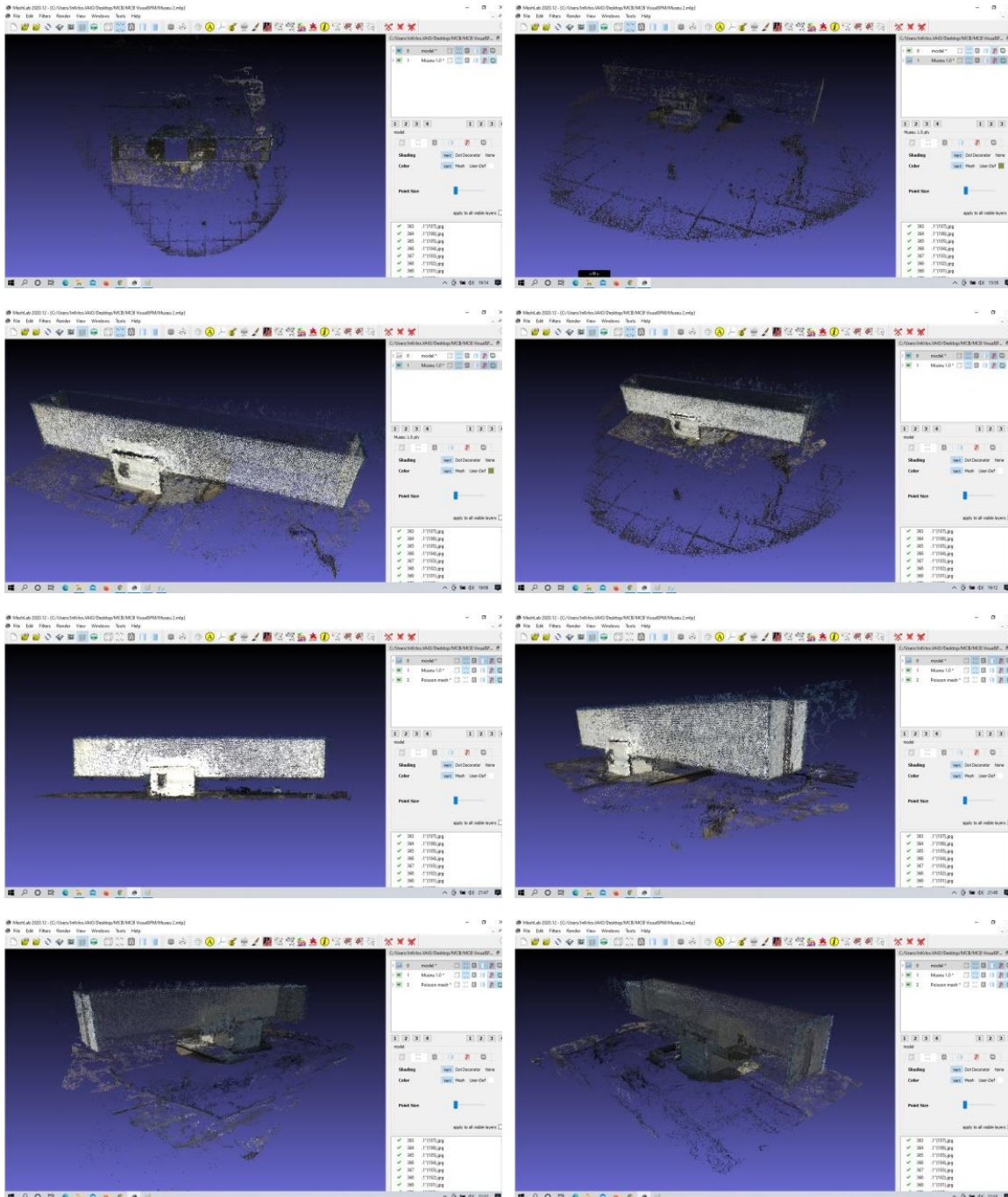


Figura 12 - Processamento no Software Fotogramétrico Open Source: Meshlab. Fonte: Juan Guillen

Na terceira fase, a nuvem de pontos resultante da edição foi analisada em software de modelagem 3D. A nuvem de pontos foi importada no software de modelagem 3D de marca *Rhinceros 5* e analisadas as informações que o arquivo guardou. Ver Figura 13.

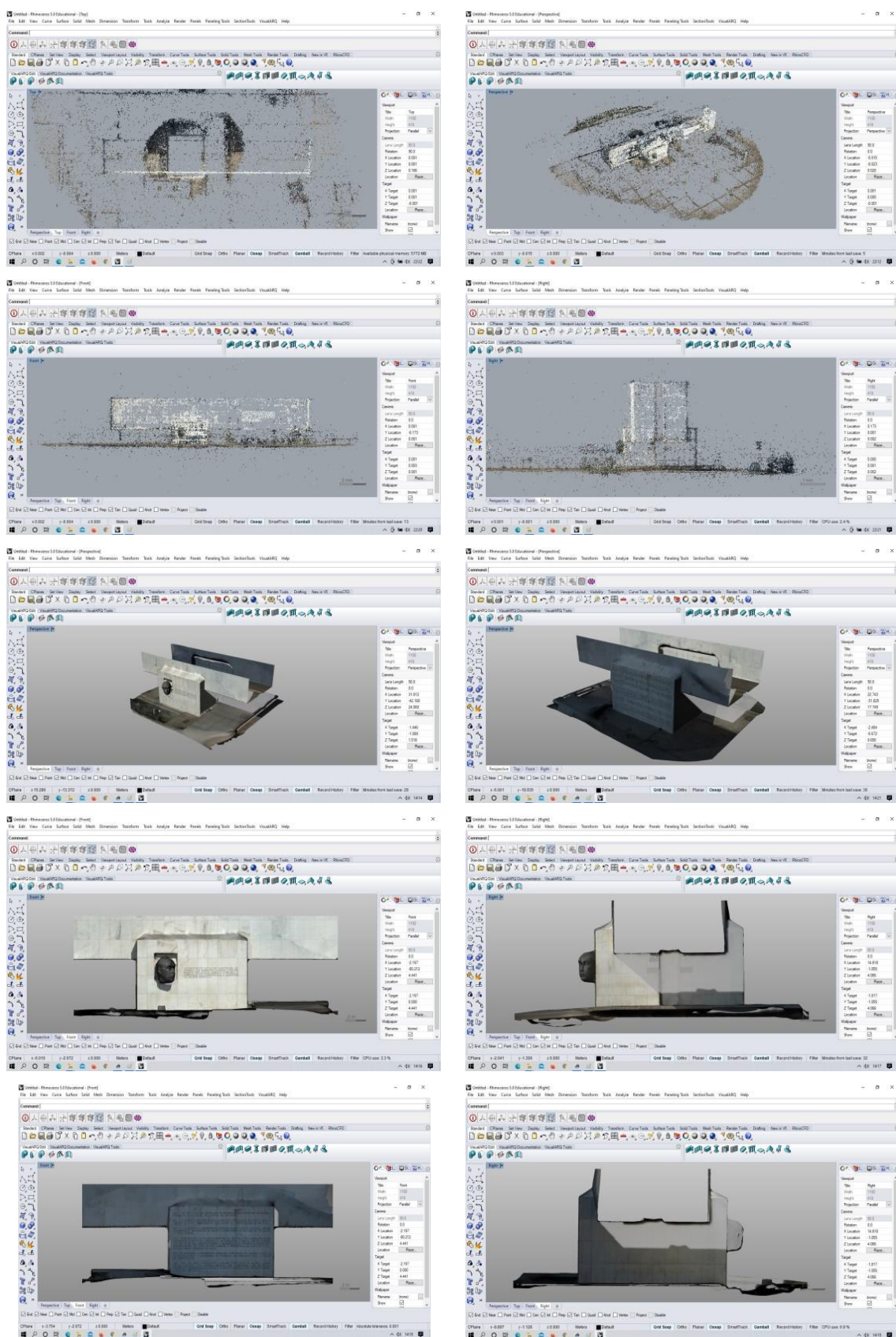


Figura 13 - Análise da nuvem de pontos gerada no Software Fotogramétrico Open Souce – Meshlab no Software de Modelagem 3D – Rhinoceros 5. Fonte: Juan Guillen

Para posteriores levantamentos fotográficos se considerou utilizar um *drone* para tirar as fotografias e evitar presença de ruído. Essa observação ainda precisa de maior pesquisa.

### 3.3.5 Fotogrametria versão estudante

Nesta etapa foi processado o material fotográfico em *software* fotogramétrico versão estudante para conseguir a restituição do alvo. O *software* permitiu processar 100 fotografias por cada vez.

Este processo passou por duas fases. Na primeira fase as fotografias foram organizadas no *software Autodesk Recap Photo* para conseguir uma malha de triângulos e uma nuvem de pontos. Ver Figura 14.

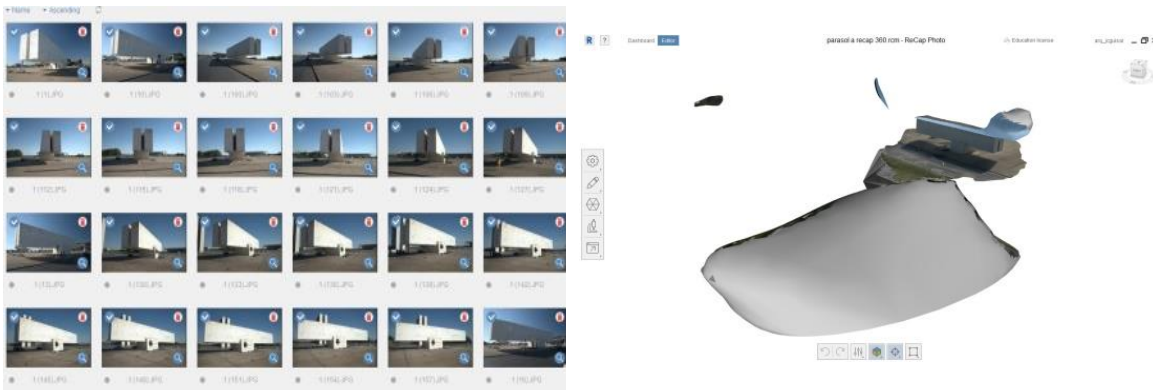


Figura 14 - Material fotográfico e malha de triângulos. Fonte: Juan Guillen

Na segunda fase, a nuvem de pontos foi editada no *Software Autodesk Recap*. A nuvem de pontos foi escolhida para edição devido a que ela permite conseguir uma melhor definição das formas geométricas componentes do alvo. Ver Figura 15.

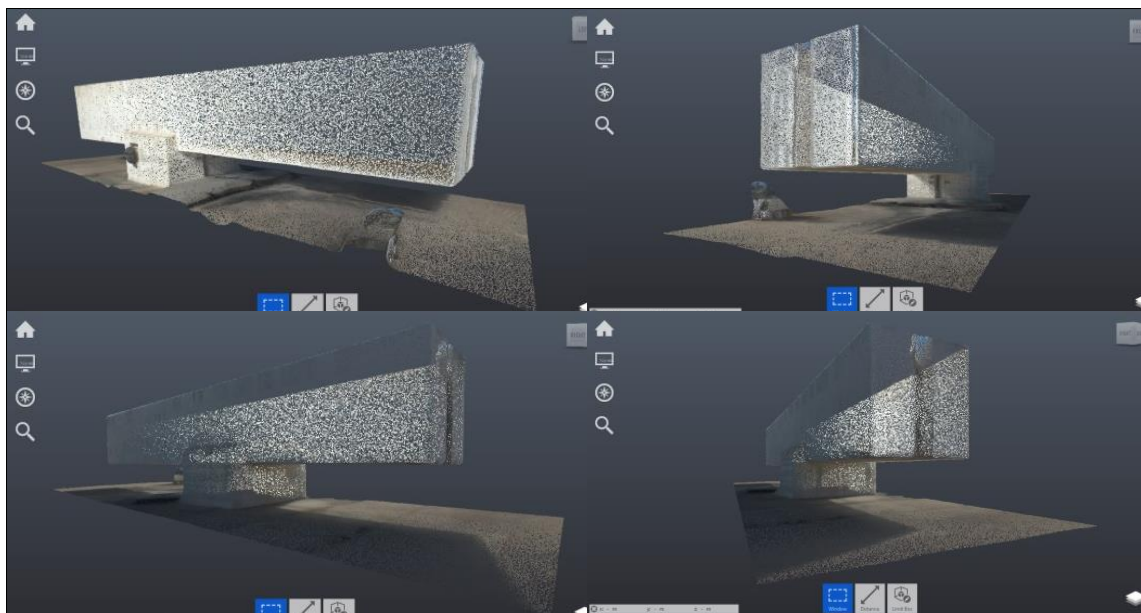


Figura 15 - Edição da nuvem de pontos. Fonte: Juan Guillen

A nuvem de pontos resultante guarda informação de texturas, cores e proporções das formas geométricas componentes do alvo. A nuvem de pontos foi passível de ser exportada para um *software* de modelagem 3D.

### 3.3.6 Modelagem 3D versão estudante

**Nesta etapa, a nuvem de pontos foi salva em arquivo de extensão obj e logo exportada para um *software* de modelagem 3D versão estudante. O arquivo obj foi importado no *Software Rhinoceros 5* e nele realizadas as edições de escala. Ver**

Figura 16.

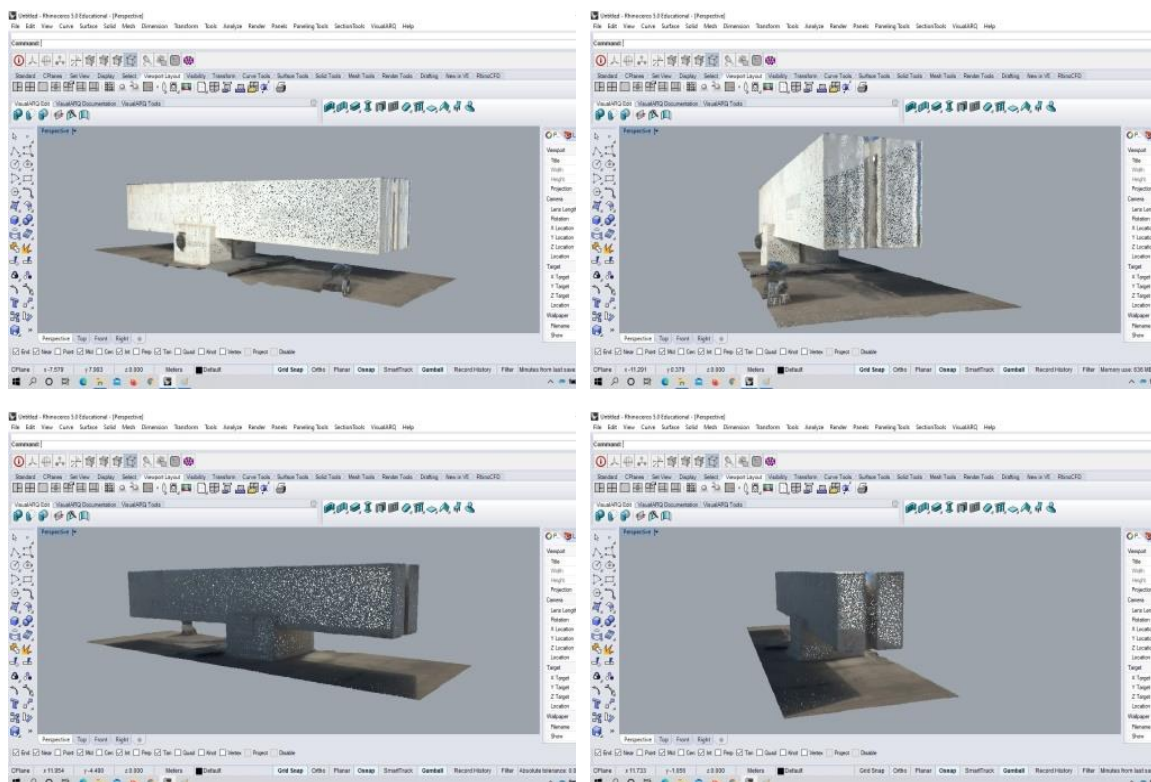


Figura 16 - Edição da escala da nuvem de pontos. Fonte: Juan Guillen

O arquivo resultante da edição ficou pronto para a prototipagem do alvo na íntegra ou da parte de interesse para análise. Maior detalhe pode ser observado em protótipos de maior tamanho.

### 3.3.7 Prototipagem 3D

Nesta etapa final, o alvo foi prototipado em escala reduzida em impressora 3D *RepRap* com deposição de filamento fundido. A prototipagem foi realizada em uma impressora 3D *RepRap* de marca *Uberblock*, desenvolvida no laboratório de Fabricação Digital e

Customização em Massa – LFDC – da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Ver Figura 17.

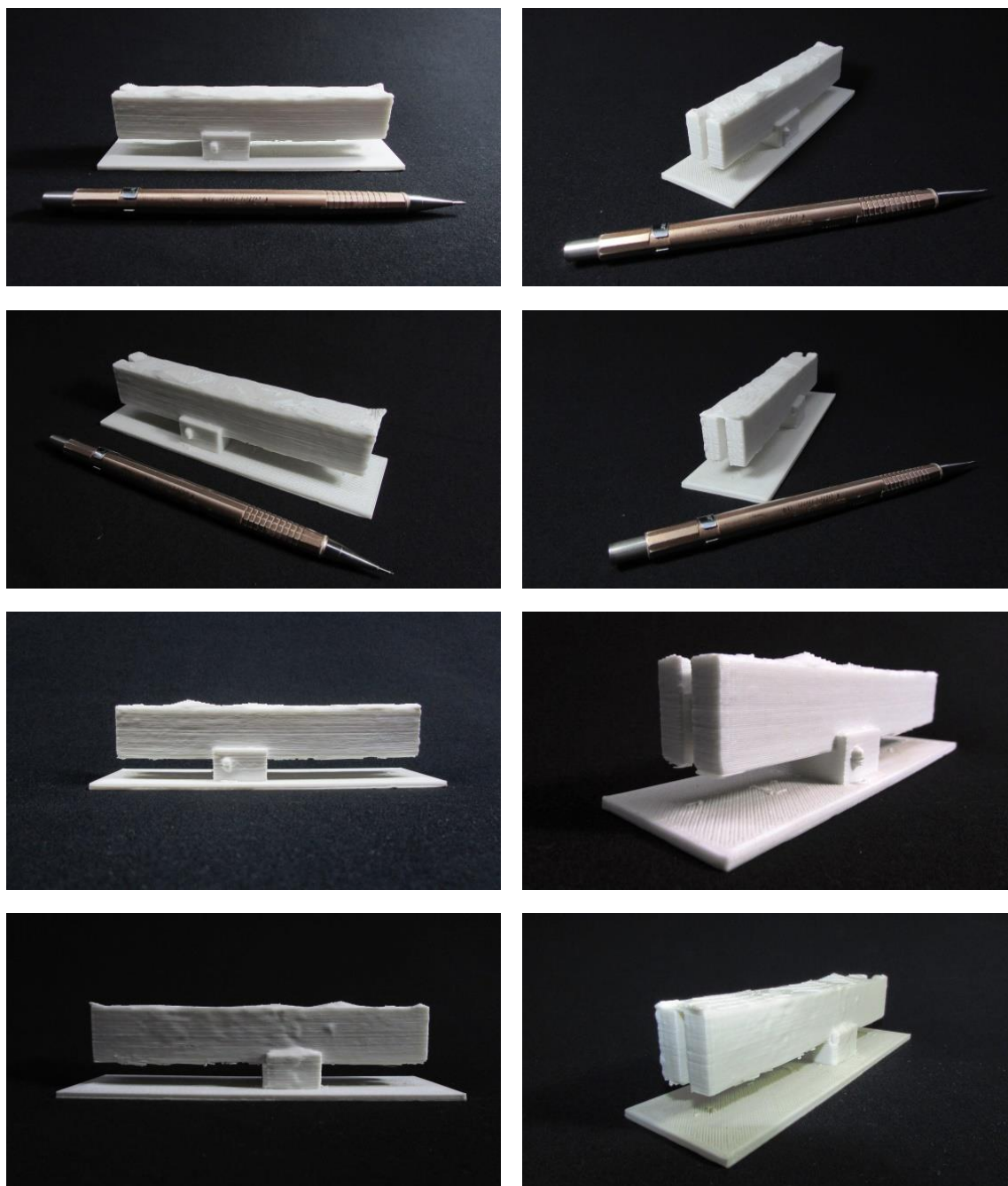


Figura 17 - Protótipo em modelo reduzido do Museu da Cidade. Fonte: Juan Guillen

#### 4. Resultados e discussão

No estudo de caso se realizaram as observações a seguir:

Que, as tecnologias de fotogrametria de nuvem de pontos de baixo custo permitem a documentação patrimonial arquitetônica, por meio de modelos digitais 3D e protótipos 3D em diferentes escalas.





Que, os modelos 3D produzidos apresentaram uma alta e média qualidade na restituição. Essa diferença de qualidade foi devido à distância entre o objeto fotografado e a posição de disparo da fotografia. Isso pode ser observado na restituição do Museu na íntegra e na restituição do busto do Juscelino Kubitschek. As fotografias da restituição do busto de Juscelino Kubitschek foram tiradas mais próximas do alvo e isso permitiu uma melhor qualidade da imagem e em consequência uma melhor qualidade na restituição do modelo 3D.

Que, a qualidade do protótipo 3D fabricado em impressão 3D depende da qualidade da restituição do modelo 3D. Quanto maior a escala de impressão, maior detalhamento no protótipo. É importante salientar que a qualidade dos detalhes também depende da tecnologia utilizada para a impressão 3D.

Que, a documentação fotogramétrica possibilita um inventário como requerida ainda na Carta de Atenas de 1931, mas com maior precisão. Além disso, e por uma eventualidade, o patrimônio que já passou por uma documentação fotogramétrica, venha a sofrer algum dano irreversível, sendo necessário sua reconstrução, conforme preceitua a Carta de Florença de 1981, essa fotogrametria se tornará uma documentação irrecusável.

## 5. Conclusões

Esta experiência confirmou a hipótese guia da pesquisa. As tecnologias de fotogrametria de baixo custo podem ser utilizadas para a documentação patrimonial arquitetônica.

Nesse sentido, deve-se salientar alguns pontos observados durante o processo de documentação fotogramétrica:

A qualidade da documentação por modelos 3D e protótipos 3D utilizando a tecnologia de fotogrametria por malha de triângulos ou nuvem de pontos depende da acuidade na manipulação das câmeras fotográficas e a escolha da rota para o levantamento fotográfico.

As vibrações do ambiente interferem na qualidade de imagem das fotografias. As maiores vibrações correspondem aos veículos motorizados, como os Ônibus e caminhões de carga. Para a realização da sessão fotográfica deve-se procurar o momento de maior tranquilidade no ambiente.

Se observou que é imprescindível o uso de um tripé na tomada das fotografias para maior estabilidade da câmera, e, conseqüentemente, uma melhor imagem de fotografia.

Na tomada das fotografias deve-se considerar o limite de processamento de imagens nos *softwares* que são escolhidos para a realização a restituição fotogramétrica. Os *softwares VisualSFM* não apresentou limites de processo de imagem. E o *software Autodesk Recap* só permitiu processar 100 imagens por vez.

Na tomada de fotografias, se observou a necessidade de se utilizar tomar uma medida do prédio como referência para o escalamento do modelo restituído no *software de modelagem 3D*. O escalamento da restituição fotogramétrica foi realizado dentro do *software Rhinoceros 5*.



E finalmente, para a prototipagem 3D do objeto é importante utilizar um software de modelagem 3D que permita exportar o arquivo em extensões obj ou stl. Arquivos que são lidos pela impressoras 3D.

## 6. Referências

- AMORIM, A. (2012). Fotogrametria: uma introdução In: PRATINI, EF; SILVA, EA. **Criação, Representação e Visualização Digitais**. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. 2012.
- BRASIL. (2009). Lei nº 11.904, de 14 de janeiro de 2009. Institui o Estatuto de Museus e dá outras providências. **Lex**. Brasília, DF, 15 jan. 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/11904.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11904.htm) .. Acesso em: 8 abr. 2021.
- DISTRITO FEDERAL. (2021). Arquivo Público do Distrito Federal. Governo do Distrito Federal. **Revista Brasília**. Disponível em: <http://www.arpdf.df.gov.br/revista-brasilia/>.. Acesso em: 7 abr. 2021.
- GRIGOLETO, M. C. (2009). **A Documentação Patrimonial: Gênese e Fluxo dos Processos de Tombamento do Museu “Prudente De Moraes”**. f. 169 Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Faculdade de Filosofia e Ciências – Campus Marília, Unesp – Universidade Estadual Paulista.
- GUILLEN SALAS, Juan Carlos. (2020). **Projetação e fabricação de pavilhão biomimético de forma complexa, celular e responsivo com tecnologias digitais e robótica em Brasília – DF**. 378f. Tese (Doutorado em Arquitetura e urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- KALLAS, L. M. E. .; GUILLEN-SALAS, J. C. and SILVA, E. A. S. da. (2020). Resgate, valorização, educação e documentação do patrimônio por meio de sketches. **Revista Jatobá, [S. l.]**, v. 2, Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/revjat/article/view/66526>. Acesso em: 8 abr. 2021.
- KALLAS, L. M. E. .; SILVA, E. A. S. da and GUILLEN-SALAS, J. C. (2020). O patrimônio edificado e urbanístico do plano piloto de Brasília [DF]: documentação, valorização e resgate por meio dos ‘sketches’. **Labor e Engenharia**, Campinas, SP, v. 14, p. e020014, Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8663414>. Acesso em: 8 abr. 2021.
- NIEMEYER, O. (1959). **Museu de Brasília**. Revista Módulo, v. 2, n. 12, p. 36-37, Fev. 1959.
- POLIDORI, L.(2020). On Laussedat’s contribution to the emergence of photogrammetry., **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences** . Volume XLIII-B2-2020, 2020 XXIV ISPRS Congress (2020 edition).
- RADLINSKI, W.A. (1985) Russel Kerr Bean. Memorial Address. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**.
- SENADO FEDERAL. (2014). **Patrimônio Cultural**. Secretaria de Editoração e Publicações Coordenação de Edições Técnicas.



THOMPSON, M.M. (1958). Photogrammetric Mapping of Sand Beds in a Hydraulic Test Flume. **Photogrammetric Engineering**. p. 468-475p.

VIOLET-LE-DUC, E.E. (2006). **Restauração** - Coleção Artes e Ofícios, Cotia – SP : Ateliê Editorial.