



# XIV Semana de Iniciação Científica

28 e 29 de setembro

**FOTOGRAMETRIA PARA A CRIAÇÃO DE MODELO 3D DE EDIFICAÇÃO:** Uma ferramenta tecnológica em potencial para a engenharia civil

Anderson Gabriel Martins de Oliveira:<sup>1</sup>

Linda Jéssica Sotero Alves:<sup>2</sup>

Pedro Victor Lopes Mendes e Moura:<sup>3</sup>

## RESUMO

A Fotogrametria Digital é uma técnica que utiliza imagens para obter informações precisas de um objeto por meio da reconstrução 3D, processando as imagens em programas para gerar coordenadas tridimensionais. Com os avanços tecnológicos, como câmeras digitais e software de modelagem, a fotogrametria tem se desenvolvido rapidamente. Dado o progresso tecnológico e o potencial dessa técnica aliada à engenharia civil, o presente trabalho tem como objetivo criar uma estrutura 3D por meio do uso da fotogrametria. Para o estudo de caso, foi escolhida a capela de Nossa Senhora de Fátima como objeto de estudo. Foram realizadas capturas digitais utilizando um Veículo Aéreo Não Tripulado e o processamento das imagens foi realizado no software Metashape®. Na primeira tentativa de reconstrução 3D, houve problemas de alinhamento devido ao número de imagens e distorções causadas pelas sombras nas fotos. Na segunda tentativa, foram realizados ajustes manuais para corrigir o alinhamento e as altitudes das imagens, resultando em um modelo 3D mais preciso e completo. Observou-se também que a qualidade das imagens e uma iluminação adequada são cruciais para obter resultados precisos. A Fotogrametria mostrou-se eficiente na obtenção de medidas e na reconstrução tridimensional da edificação. A contínua evolução da tecnologia de imagem promete aprimorar a fotogrametria digital, ampliando suas possibilidades de aplicação e seu potencial de impacto em diversos setores. Ao aplicá-la no monitoramento e na inspeção de estruturas, bem como no levantamento de dados, essa técnica desempenha um papel importante no âmbito da engenharia civil, apresentando-se como uma ferramenta tecnológica de grande potencial.

**Palavras-chave:** Fotogrametria. Modelo 3D. Engenharia. Tecnologia.

## 1 INTRODUÇÃO

A técnica conhecida como Fotogrametria Digital é uma ciência que aliada a tecnologia de captura de imagens, permite a aquisição de informações de uma edificação ou objeto, como textura, dimensões, cores e geometria, a partir de registros fotográficos, aliando baixo custo, precisão e rapidez (SILVEIRA et al, 2017). Por meio do sistema de nuvem de

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil – Christus Faculdade do Piauí - contatogabriel001@gmail.com

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Civil - Christus Faculdade do Piauí.

<sup>3</sup> Engenheiro Civil e docente - Christus Faculdade do Piauí



# XIV Semana de Iniciação Científica

28 e 29 de setembro

... pontos, é possível forma um conjunto de vértices em um sistema tridimensional de coordenadas X, Y e Z a partir de diversas fotos em diferentes ângulos, que representa a superfície externa da estrutura, formando o objeto 3D (GOUVEIA et al, 2020; VICENTIN, 2021).

Müller Filho (2015) e Costa et al. (2022) afirma que essa é uma técnica conceitual na qual se tira múltiplas fotos de um mesmo objeto ou cenas de diferentes ângulos, a fim de se obter as coordenadas 3D das projeções dos pontos identificados a partir da sobreposição das imagens. Esse processo é feito de forma automática pelos programas, devido ao aprimoramento da computação em nuvem (JARDIM e GASPAR, 2020).

A partir desse processo é possível desenvolver uma engenharia reversa, uma vez que comumente utiliza-se dos programas de modelagem para criar uma edificação, porém na fotogrametria, a modelagem 3D é desenvolvida mediante o uso de uma estrutura previamente construída (OLIVEIRA, 2019). Para Gonçalves (2021) essa é uma técnica promissora para a documentação patrimonial, tornando-se uma ferramenta fundamental para o monitoramento e gestão das edificações.

A Fotogrametria não é uma metodologia recente, o seu aprimoramento tornou-se possível em virtude do avanço tecnológico e a grande disseminação dos computadores, câmeras, fotografias digitais e softwares, possibilitando com que o estudo ganhasse novos interesses (DE OLIVEIRA e DE VARGAS, 2021). Segundo Santos e Santos (2022) têm-se registros de documentos datados de 1858, no qual o arquiteto Albrecht Meydenbauer teve a ideia de usar as fotografias para a documentação patrimonial, e isso de aprimorou, até a criação da primeira instituição fotogramétrica do mundo, em Berlim.

A criação da modelagem 3D também é possível por meio de tecnologias mais avançadas, como a utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Esse mecanismo apresenta grande relevância para a engenharia, o qual pode ser usado na reconstrução de objetos arquitetônicos ou no levantamento de áreas e cidades, como também é de suma importância nas inspeções e controle de infraestruturas. Esse sistema cria a possibilidade de salvar todas as informações de forma digital, usadas nas comparações durante o período de construção (ZOLLINI et al. 2020).

## 2 OBJETIVO

A fotogrametria contribui para o campo da engenharia civil mediante a resolução de diversas problemáticas visto que essa tecnologia auxilia na gestão e gerenciamento de

# XIV Semana de Iniciação Científica

28 e 29 de setembro

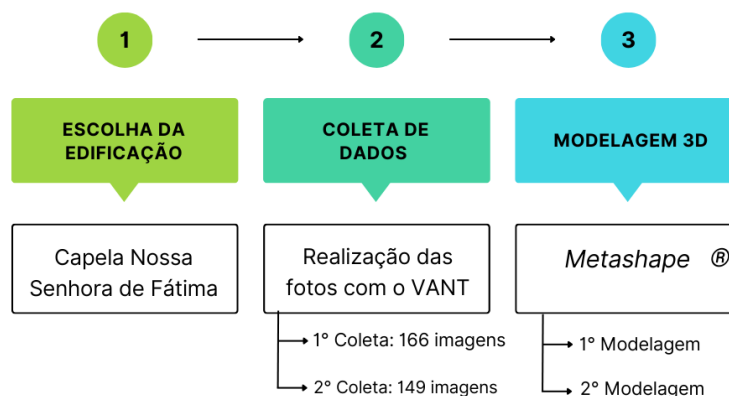


edificações, desse modo o presente estudo objetiva criar uma estrutura 3D a partir do uso da fotogrametria.

## 3 METODOLOGIA

Realizou-se um estudo de caso, que segundo Prodanov e Freitas (2013), é uma aplicação detalhada e ampla a cerca de um determinado objeto. O estudo foi realizado na capela de Nossa Senhora de Fátima, Bairro Anajás, em Piriipiri, no Estado do Piauí. Utilizou-se o software Metashape® e imagens coletadas por um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), seguindo as etapas apresentadas no fluxograma 1

Fluxograma 1: Etapas da realização do estudo



Fonte: Próprio autor (2023)

### 3.1 Escolha da edificação

A escolha da capela para a realização das fotos foi realizada levando em consideração a sua localização, pela ausência de prédios adjacentes, o qual elimina possíveis obstruções e sombras indesejadas durante a captura das imagens. Além disso, apresenta-se uma área livre ao seu redor, permitindo uma visão clara e abrangente do seu exterior. Essas condições favoráveis garantem que as fotografias sejam obtidas sem interferências significativas, possibilitando uma coleta de dados de alta qualidade para a posterior reconstrução tridimensional.

### 3.2 Levantamento dos dados

O levantamento foi realizado por meio do uso do VANT Phantom 4, quadricóptero com gimbal de 3 eixos, câmera digital de 12.4 MP com tempo de voo de 30 minutos. Foram realizadas capturas digitais em torno de toda a edificação e na parte superior, para a obtenção

# XIV Semana de Iniciação Científica

28 e 29 de setembro

das imagens de diferentes ângulos. O projeto foi realizado com dois levantamentos de imagens, na primeira coleta obteve-se 166 fotografias da edificação, na segunda etapa foram obtidas 149 imagens.

## 3.3 Modelagem 3D

As imagens coletadas foram importadas para o software de fotogrametria Metashape® para gerar o modelo 3D da edificação, mediante o auxílio da nuvem de pontos, seguindo o manual especificado pelo software. O seu processamento foi realizado pelas seguintes etapas: importação das fotos, alinhamento, criação das nuvens de pontos densa e da malha, desenvolvimento da textura para uma maior fidelidade visual da modelagem 3D, no qual foi finalizado com a exportação. Para cada coleta das imagens, foi realizado o mesmo processo.

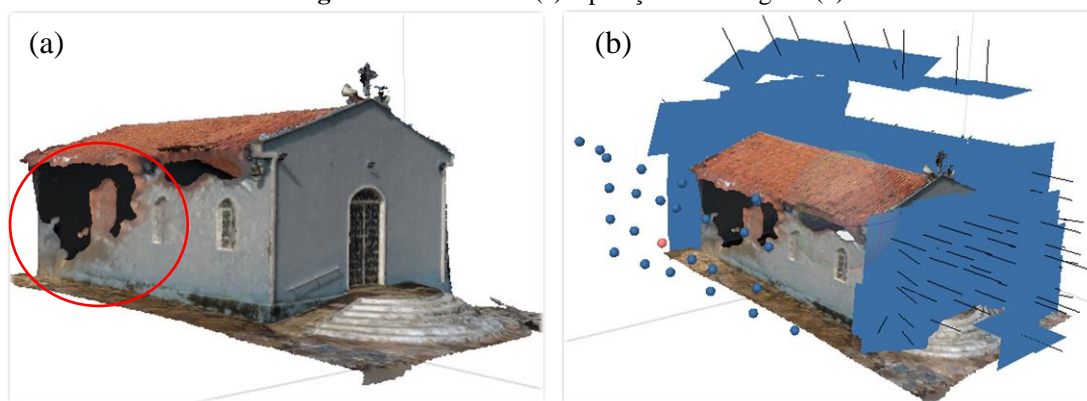
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultado do primeiro teste da fotogrametria

As fotografias capturadas foram processadas no software Metashape®. O software utilizou algoritmos de fotogrametria para reconstruir a estrutura tridimensional a partir dos pontos de interesse entre as imagens. Ao utilizar as 166 imagens do primeiro levantamento, observou-se uma deficiência ao gerar o modelo virtual 3D, como mostra as figuras 1a e 1b.

A modelagem 3D da edificação apresenta um erro (figura 1a) no qual não é possível completar a parede lateral da estrutura. A Figura 1b apresenta planas e pontos destacados em azul, as superfícies representam as imagens que foram alinhadas (140 fotos), e os pontos, as capturas que não passaram por esse processo (26 fotos), nela os pontos coincidiram com a região na qual não foi possível concluir o objeto 3D.

**Figura 1:** Modelo 3D (a) e posição das imagens (b)



Fonte: Próprio autor (2023)

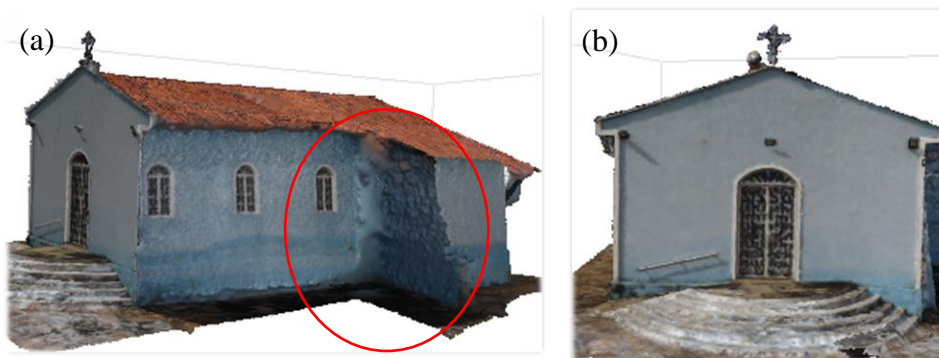
# XIV Semana de Iniciação Científica

Isso ocorre devido à falha no alinhamento, nessa situação as imagens não alinharam  
28 e 29 de setembro

pela falta de pontos de intercessão entre si (VICENTIN, 2021). Esse processo envolve a correspondência precisa dos pixels nas diferentes capturas, que garante a sobreposição adequada, fundamental para garantir que as informações de profundidade e geometria sejam corretamente capturadas e representadas na reconstrução tridimensional.

A reprodução em 3D do outro lado da edificação também enfrentou dificuldades devido à presença de sombras nas imagens que foram usadas para obtenção da nuvem de pontos, embora os pontos fossem alinhados a qualidade do modelo 3D apresentou distorção, como mostra a figura 2a. Diferentemente da parte frontal da edificação (figura 2b), que não apresentou distorções, uma vez que na imagem não havia interferência de sombras.

**Figura 2:** Lateral do modelo 3D (a) e vista 3D frontal (b)



Fonte: Próprio autor (2023)

A presença de sombras nas fotografias é consequência das variações na iluminação causando assim distorção na textura da superfície, para Melo Júnior (2016) as condições de iluminação são importantes para os resultados finais e nessa fase as sombras implicam negativamente sobre os objetos que desejam alcançar, essa circunstância compromete a reconstrução tridimensional, pois as áreas afetadas pelas sombras aparecem com menos detalhes, resultando em uma reprodução 3D com baixa precisão e realidade (SILVA, 2022).

## 3.2 Resultado do segundo teste da fotogrametria

A fim de obter informações adicionais e melhorar a qualidade e precisão da reconstrução 3D, foram realizadas novas fotos da edificação, resultando em 149 novas imagens, especificamente nos locais onde apresentaram erros referentes a primeira tentativa. No segundo teste foram utilizadas as imagens das duas coletas, que resultou em 315 capturas. Observou-se



# XIV Semana de Iniciação Científica

que ao tentar agrupar as duas coletas de imagens, elas não se alinharam adequadamente, sendo necessário realizar uma correção manual.

28 e 29 de setembro

## 3.2.1 Ajuste manual de altitude

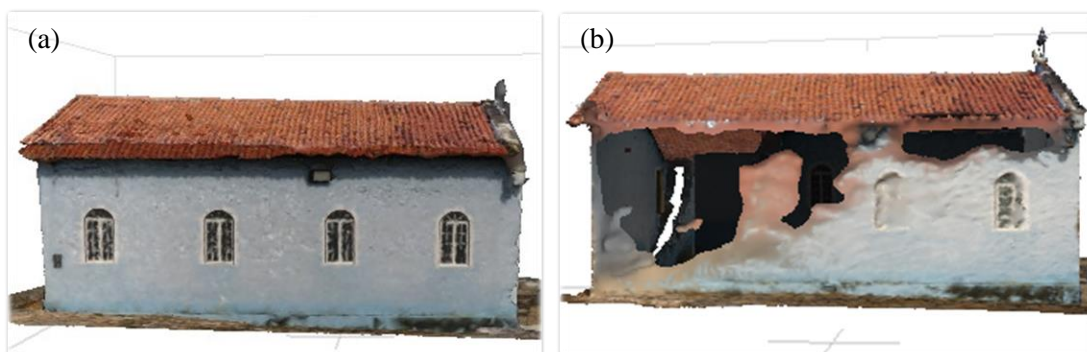
A escolha manual das fotos permitiu uma seleção mais criteriosa, levando em consideração aquelas que apresentavam mais pontos em comum. Ao ter uma maior quantidade de pontos em comum entre as imagens, torna-se mais fácil estabelecer correspondências e realizar um alinhamento preciso. Além disso, as fotos repetidas foram identificadas e eliminadas, evitando duplicidades e reduzindo a redundância no conjunto de imagens.

Apesar de terem sido utilizadas as duas coletas de imagens, ainda foram necessários ajustes adicionais para garantir um alinhamento adequado. Um desses ajustes foi realizado especificamente nas altitudes das imagens. Embora alguns programas de fotogrametria possuam recursos de ajuste automático das coordenadas, nesse caso em particular, foi necessário realizar a tarefa manualmente, isso se explica devido a variações nas medições de GPS ou outras imprecisões nas informações de localização das imagens. Ao ajustar manualmente as altitudes das imagens, foi possível corrigir eventuais desvios e garantir que as imagens estivessem devidamente alinhadas em relação à sua posição real no espaço.

## 3.2.2 Resultado do modelo 3D

Na figura 3a apresenta a vista do modelo 3D referente a lateral da capela após a utilização das novas imagens. Observou-se que a partir dos novos dados coletados foi possível completar a estrutura, antes impossibilitado em virtude do não alinhamento entre as imagens (Figura 3b).

**Figura 3:** Vista lateral do segundo teste (a) e do primeiro teste (b)



Fonte: Próprio autor (2023)

# XIV Semana de Iniciação Científica

28 e 29 de setembro

Em outro ângulo da edificação também se obteve êxito na reconstrução do modelo tridimensional. A figura 4 apresenta uma vista lateral desse modelo, nela foi possível observar a estrutura do modelo 3D, livre de distorções, antes apresentadas no primeiro teste realizado. O modelo também apresenta superfícies planas e forma geométrica das paredes bem definidas, consequência da utilização de um maior número de imagens que tornou o modelo mais detalhado e preciso na reconstrução.

**Figura 4:** Vista lateral do modelo 3D



Fonte: Próprio autor (2023)

A utilização de imagens claras e sem interferência de sombras foi uma característica importante quando relacionado a qualidade das imagens, uma vez que a nitidez na captura é responsável pela criação de uma estrutura livre de imperfeições.

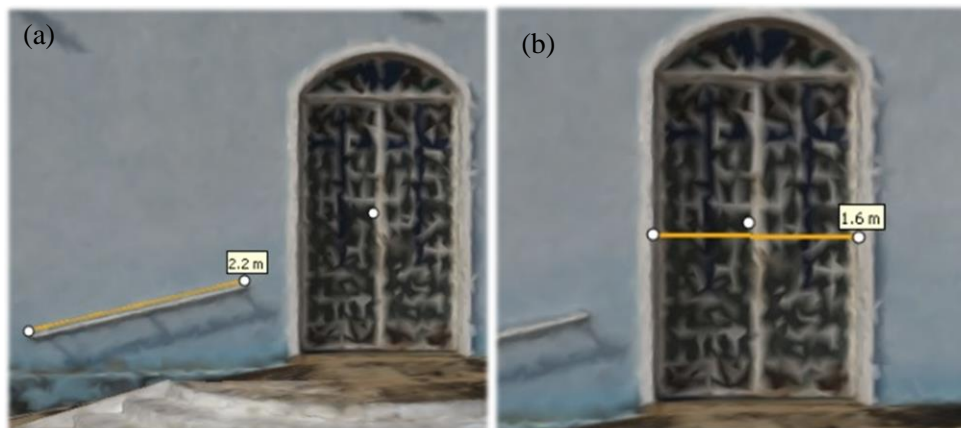
### 3.3 Precisão do modelo 3D

A captura de dados por meio de fotografias permite uma coleta mais ágil em comparação com os métodos tradicionais de medição manual. As medidas obtidas manualmente do corrimão e da largura da esquadria da porta foi de 2,2 metros e 1,6 metros, respectivamente. Ao comparar esses dados com as medidas obtidas pelo software, essas representadas nas figuras 5a e 5b, pôde-se observar que uma das vantagens significativas dessa técnica é a eficiência e economia de tempo no levantamento de dados, considerando a alta precisão de medidas nesse método. A fotogrametria possui um elevado grau de precisão para se obter medidas a partir de fotografias(SANTOS, 2022), ela oferece uma alternativa confiável e precisa para a obtenção de medidas e a reconstrução tridimensional de edificações

# XIV Semana de Iniciação Científica

28 e 29 de setembro

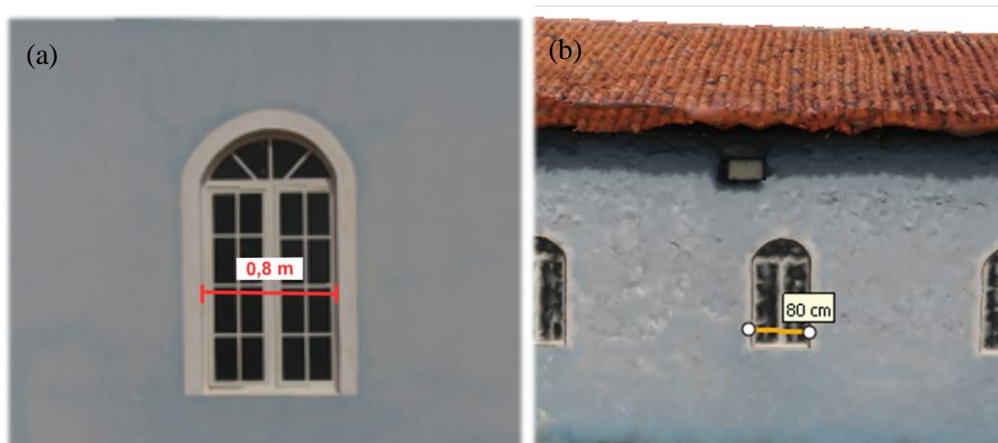
**Figura 5:** Medida do corrimão (a) e medida da esquadria (b)



Fonte: Próprio autor (2023)

Com base em dados confiáveis e detalhados, os engenheiros podem realizar análises mais precisas, desenvolver projetos mais acurados e monitorar o progresso das obras com maior eficiência. A comprovação da veracidade das medidas também foi realizada com a esquadria da janela, na qual a figura 6a apresenta os dados obtidos por um levantamento manual e a figura 6b as medidas geradas pelo software.

**Figura 6:** Medida real (a) e medida do modelo 3D (b)



Fonte: Próprio autor (2023)

A partir dos dados coletados de forma manual e pelo software Metashape® foi observado a compatibilidade entre as medidas, ao realizar a comparação entre os valores, no qual, mediante os resultados, foi comprovado a eficiência da técnica de fotogrametria para a realização de levantamento de dados das edificações.

## 5 CONCLUSÕES





# XIV Semana de

## Iniciação Científica

28 e 29 de setembro

Diante do exposto, nota-se que é possível obter um modelo 3D a partir da utilização da técnica de fotogrametria com o auxílio do uso de um VANT. Para isso é necessário considerar cuidadosamente as condições de iluminação durante a captura de imagens, planejar a sessão fotográfica em momentos em que o sol está posicionado de maneira mais favorável, evitando sombras intensas, fornecendo uma representação mais precisa e realista do objeto, uma vez que as sombras podem ocultar detalhes importantes e introduzir distorções na reconstrução.

Foi possível obter um alinhamento mais preciso ao selecionar cuidadosamente as fotos, eliminar duplicidades e realizar ajustes manuais nas coordenadas, conseqüentemente, resultou em uma reconstrução 3D mais satisfatório. Isso ressalta a necessidade de flexibilidade e adaptação durante o processo de fotogrametria, aproveitando tanto recursos automáticos quanto intervenções manuais para alcançar o resultado desejado.

O levantamento de dados mediante o uso da fotogrametria gera uma obtenção de informações rápida e precisa quando comparado ao método tradicional, o qual é realizado manualmente. Conclui-se que essa técnica apresenta um grande potencial tecnológico no âmbito da engenharia civil para a geração de modelo 3D de edificação, com elevado grau de precisão, na qual pode ser aplicada em diversas áreas como levantamento de dados, reconstrução 3D, como também controle e inspeção de estruturas.

### REFERÊNCIAS

COSTA, Rayara Pinto et al. Uso da fotogrametria para obtenção de modelo 3D de edificações a partir da captura de imagens com veículo aéreo não tripulado (VANT). ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 19, p. 1-13, 2022.

GOUVEIA, Vitor Bez et al. COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS AS BUILT TRADICIONAL E COM MODELAGEM BIM SOBRE NUVEM DE PONTOS. 2020.

GONÇALVES, Pedro Henrique et al. Fotogrametria do Patrimônio: da documentação à realidade aumentada. Revista Jatobá, v. 3, 2021.

JARDIM, Hugo César Mendes; GASPAS, Geisla Aparecida Maia Gomes. UTILIZAÇÃO DA FOTOGAMETRIA PARA LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2020.

MELO JÚNIOR, Carlos Mariano. Metodologia para geração de mapas de danos de fachadas a partir de fotografias obtidas por veículo aéreo não tripulado e processamento digital de imagens.

# XIV Semana de

# Iniciação Científica

Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2016.

28 e 29 de setembro

MULLER FILHO, Alexandre Victor et al. Captura da realidade por laser scanner e fotogrametria para a geração de BIMs. 2015.

OLIVEIRA, Daniel Cosmo De. ENGENHARIA REVERSA DO CASCO DE UM MODELO DE REBOCADOR EM ESCALA REDUZIDA ATRAVÉS DA FOTOGRAMETRIA. 2019.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

SANTOS, Bethsaide Souza; SANTOS, Rosângela Leal. Fotogrametria arquitetônica digital: uma técnica de preservar e documentar prédios históricos. Anais do Seminário do Programa de Pós-Graduação em Desenho Cultura e Interatividade, v. 1, n. 1, 2022.

SANTOS, Rosângela Leal et al. Fotogrametria ao alcance de todos: a modelagem 3d com celulares. Anais do Seminário do Programa de Pós-Graduação em Desenho Cultura e Interatividade, v. 1, n. 1, 2022.

SILVA, Gabriela Linhares da. Realidade virtual para a visualização e difusão do patrimônio arquitetônico: estudo de métodos e técnicas para a criação de ambientes virtuais interativos 3D. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal da Bahia, 2022.

DA SILVEIRA, Melina Monks et al. ESTUDO DA FOTOGRAMETRIA DIGITAL NA DOCUMENTAÇÃO DO PATRIMÔNIO EDIFICADO DE LAGUNA. In: I Congresso Nacional para Salvaguarda do Patrimônio Cultural. 2017.

VICENTIN, Ricardo Cardoso. Criação de nuvens de pontos a partir da fotogrametria: Análise de sensibilidade. 2021. Tese de Doutorado. Instituto Politecnico de Viseu (Portugal).

ZOLLINI, Sara et al. UAV Photogrammetry for Concrete Bridge Inspection Using Object-Based Image Analysis (OBIA). Remote Sensing, 2020.