

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

VINICIUS NUNES CARDOSO DE PINHO TAVARES

**GEOCIÊNCIAS VIRTUAIS PARÂMETROS DE CALIBRAÇÃO DOS
EQUIPAMENTOS PARA A CAPTAÇÃO DE IMAGENS E CONSTRUÇÃO DE
MODELOS 3D**

**Caçapava do Sul
2023**

VINICIUS NUNES CARDOSO DE PINHO TAVARES

**GEOCIÊNCIAS VIRTUAIS E PARÂMETROS PARA CRIAÇÃO DE MODELOS 3D:
APLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Geologia da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Geologia.

Orientador: Miguel Guterres Carminatti

Coorientador: Felipe Guadagnin

**Caçapava do Sul
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

T785g Tavares, Vinicius

Geociências virtuais e parâmetros para criação de modelos 3d: aplicações e divulgação do patrimônio geológico. /

Vinicius Tavares - 2023.

77 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pampa, GEOLOGIA, 2023.

"Orientação: Miguel Carminatti".

1. Geociências Virtuais . 2. Modelo 3D. 3. Modelos Virtuais de Afloramentos. I. Título.

VINICIUS NUNES CARDOSO DE PINHO TAVARES

GEOCIÊNCIAS VIRTUAIS: PARÂMETROS PARA CRIAÇÃO DE MODELOS 3D, APLICAÇÕES E DIVULGAÇÃO DO PATRIMÔNIO GEOLOGICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Geologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 18 de dezembro de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Miguel Guterres Carminatti

Orientador

Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr. Vinicius Matté

Universidade Federal do Pampa

Prof. Dr. Tiago Rafael Gregory

Universidade Federal do Pampa



Assinado eletronicamente por **VINICIUS MATTE, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 20/12/2023, às 09:21, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **MIGUEL GUTERRES CARMINATTI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/12/2023, às 13:33, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **TIAGO RAFAEL GREGORY, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/12/2023, às 15:18, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1336189** e o código CRC **62B932D7**.

Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul

Dedico este trabalho à Unipampa, por me prestar um ensino de qualidade e gratuito, aos amigos e familiares, e especialmente ao meu filho, que foi o principal combustível para continuar no caminho.

AGRADECIMENTOS

A Unipampa, ao Prof. Dr. Felipe Guadagnin, Prof. Dr. Miguel Guterres, Prof. Dr. Tiago Gregory, Prof. Dr. Vinicius Matte, Prof. Dr. Vicente Lopes, Prof. Dr. André Borba, ao diretor do campus Caçapava Prof. Dr. José Rojas e todos os demais professores que contribuíram para minha formação.

Aos amigos e colegas de curso, especialmente Layandra Pessanha, Pedro Manhães, Rennan Cardoso, Francisco Wollmann, Jaqueline Moreira, Isis Rodrigues.

Um agradecimento especial a Roberta Duran e Arthur Tavares, imprescindíveis nesta conquista.

E principalmente, agradeço ao meu filho Anthoni.

Agradeço também aos demais familiares e amigos.

“Viver é enfrentar um problema atrás do outro. O modo como você o encara é que faz a diferença.”

Benjamin Franklin

RESUMO

A Revolução das Geociências Virtuais é o processo de transformação digital que está em curso nos últimos anos na análise de dados de afloramentos rochosos na área que abrange disciplinas científicas sobre o estudo da Terra. De uma forma mais antiga, as informações geológicas sempre foram adquiridas de maneira presencial, como é o caso dos primeiros mapas geológicos e afloramentos descritos. O desenvolvimento tecnológico e o uso intensivo de ferramentas computacionais permitem que novas técnicas sejam empregadas na aquisição de dados geológicos realizados atualmente de forma remota. A integração de dados geológicos ao longo da história foi tradicionalmente feita em 2D (perfil colunar, mapas, gráficos cartesianos, seções geológicas). Atualmente devido ao avanço da tecnologia há técnicas acessíveis para toda a comunidade, que se tornaram importantes ferramentas para uma constante revolução nas geociências. O uso das ferramentas virtuais tem crescido progressivamente nas últimas décadas, o que possibilita a aplicação nas mais diversas atividades humanas. Nas geociências as ferramentas virtuais têm revolucionado a forma como as informações geológicas são adquiridas na superfície terrestre, permitindo a extração e a integração de grandes volumes de dados 1D, 2D e 3D. Os modelos virtuais de afloramento (MVA) são projeções 3D foto realistas da superfície de afloramentos rochosos com resolução milimétrica a centimétrica e que permitem a extração de uma série de informações geológicas que podem ser estruturais, estratigráficas e texturais, entre outras. Este trabalho tem o objetivo de demonstrar técnicas e aplicações na obtenção de imagens para criação de modelos 3D de forma remota nas geociências virtuais, demonstrando técnicas de calibração de equipamentos para uma captação de alta qualidade na geração de modelos tridimensionais, além do emprego dos melhores resultados nas aquisições e aplicações voltadas para o ensino, pesquisa, extensão e utilização no patrimônio geológico do geoparque Caçapava Mundial UNESCO, utilizando materiais e métodos que podem ser acessíveis.

Palavras-Chave: Fotografia; Modelos virtuais de afloramento; ; Panorâmicas esféricas.

ABSTRACT

The Virtual Geosciences Revolution is the process of digital transformation that has been underway in recent years in the analysis of data from rock outcrops in the area that covers scientific disciplines on the study of the Earth. In an older form, geological information has always been acquired in person, as is the case with the first geological maps and outcrops described. Technological development and the intensive use of computational tools allow new techniques to be employed in the acquisition of geological data currently performed remotely. The integration of geological data throughout history has traditionally been done in 2D (columnar profile, maps, Cartesian graphs, geological sections), currently due to the advancement of technology there are techniques accessible to the entire community, which have become important tools for a constant revolution in the geosciences. The use of virtual tools has grown progressively in recent decades, which makes it possible to apply them in the most diverse human activities. In the geosciences, virtual tools have revolutionized the way geological information is acquired on the Earth's surface, allowing the extraction and integration of large volumes of 1D, 2D and 3D data. Virtual outcrop models (MVA) are photorealistic 3D projections of the surface of rock outcrops with millimeter to centimeter resolution and that allow the extraction of a series of geological information that can be structural, stratigraphic and textural, among others. This work aims to demonstrate techniques and applications in the acquisition of images for the creation of 3D models remotely in virtual geosciences, demonstrating equipment calibration techniques for high-quality capture in the generation of 3D models, in addition to the use of the best results in acquisitions and applications aimed at teaching, research, outreach, and use in the geological heritage of the UNESCO World Geopark Caçapava, using materials and methods that can be accessible.

Keywords: Photography; Virtual outcrop models; 3D models; Geosciences; Spherical panoramas.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: A placa de estanho que foi utilizada na época por Niepce para a obtenção da primeira fotografia. Hoje com o passar dos anos já não se pode notar os traços da paisagem da janela de sua propriedade em Saint-Loup-de-Varennes, na França em 1826. 21
- Figura 2: A Primeira fotografia registrada por Niepce em sua varanda, conhecida como "Vista da Janela em Le Gras", possuía um tamanho de 6,2 por 10,2 centímetros. 21
- Figura 3: Imagem de Louis Daguerre, registrada por um daguerreótipo, Louis Daguerre foi uma das principais personalidades dar "vida" a fotografia. 22
- Figura 4: O daguerreótipo, a primeira máquina fotográfica comercializada em grande escala. 23
- Figura 5: A - Câmera Browne, produzida em 1900, com um custo de venda de US\$ 1 dólar. Fonte: Kodak Company. B - Uma garota tirando uma fotografia com uma câmera Kodak Box Brownie (por volta de 1935). 24
- Figura 6: Replica do modelo de estereográfico de Holmes. Era feito de madeira com duas lentes que se posicionava na frente de duas fotografias para uma observação 3D. 27
- Figura 7: Câmera Stereo Realist, a mais popular entre as câmeras estereótipo, possuía um conjunto de duas lentes para a captura e uma lente central para a visualização da cena externa a ser fotografada. 28
- Figura 8: Intitulada "The Grand Canyon" de autoria de John Wesley Powell, de sua expedição para exploração do Grand Canyon, em seu livro ele conta as dificuldades que passaram. 30
- Figura 9: Foto tirada pela sonda Mariner 9, da caldeira do Monte Olympus no planeta Marte. 32
- Figura 10: "Pilares da Criação", esquerda Hubble direita James Webb, o James Webb com seu sensor infravermelho consegue captar imagens além da poeira cósmica. 34
- Figura 11: Pixelamento com ISO alto, configuração de ISO 3200, imagem registrada no Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo, em um dia sem lua. 35
- Figura 12: Limite da profundidade de campo de acordo com a abertura (F), representado pela cor azul na imagem. 36
- Figura 13: Profundidade de campo e distância, a melhor profundidade de campo é um equilíbrio entre um plano proximal e distal, onde se tem o melhor aproveitamento e qualidade na obtenção da imagem. 37
- Figura 14: Amplitude do foco da imagem, para não se ter muitas distorções, a maioria das amostras criadas nesse artigo foram feitas usando a distância focal de 70mm, onde se obteve os melhores resultados. 38
- Figura 15: Mapa de localização da cidade de Caçapava do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. 41
- Figura 16: Trajeto de Caçapava a Porto Alegre, pelas Rodovias BR-290 e BR-392. 42

Figura 17: Mapa geológico regional do Supergrupo Camaquã e da região da Província Polimetálica Camaquã.	43
Figura 18: Amostra de Basalto com cristais de plagioclásio, matriz vítrea e amígdalas preenchidas por zeolitas. Vulcanismo efusivo máfico do Membro Rodeio Velho - Supergrupo Camaquã.	43
Figura 19: Amostra de Riolito com cristais de quartzo e feldspato potássico e matriz vítrea. A amostra conta com foliação e dobras de fluxo. Vulcanismo efusivo félsico da Formação Acampamento Velho - Supergrupo Camaquã.	44
Figura 20: Amostra de Lamprófire com cristais de anfibólio e matriz vítrea. Rocha subvulcânica intermediária da Formação Hilário - Supergrupo Camaquã.	44
Figura 21: Amostra de Ignimbrito com cristaloclastos de quartzo e feldspato potássico, púmices de composição ácida, litoclastos de rochas subvulcânicas e matriz vítrea. Vulcanismo explosivo félsico da Formação Acampamento Velho - Supergrupo Camaquã.	45
Figura 22: Localização do Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo. Mapa de localização do Parque municipal da Pedra do Segredo.	45
Figura 23: Mapa de localização da Toca das Carretas.	46
Figura 24: Percurso de Caçapava do Sul até o Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo.	47
Figura 25: Fotografia do Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo. A geoforma corresponde à chamada Pedra do Segredo.	47
Figura 26: Imagem equirretangular do Salão das Estalactites, hospedado no site Momento 360, abra o Qrcode para visualizar o modelo 360°.	48
Figura 27: Imagem equirretangular da gruta na Toca das Carretas, hospedado no site Momento 360, abra o Qrcode para visualizar o modelo 360°..	48
Figura 28: Percurso de Caçapava do Sul até a Toca das carretas.	49
Figura 29: Posicionamento da câmera, com as configurações de foco manual já reguladas..	51
Figura 30: Cobrimento da imagem em no mínimo 60% da imagem registrada do objeto. (A) Imagem 1, (B) Imagem 2 sobrepondo a imagem 1 em uma boa porcentagem para a costura das imagens.	52
Figura 31: Posição inicial utilizando uma lente grande angular Sigma 17-70mm, com essa lente foi possível dar giros de 20° latitudinal, assim recobrando mais de 60% da imagem gerada anteriormente..	52
Figura 32: Posição de giro latitudinal de 30° recobrando a porcentagem de 60% das imagens anteriores captadas latitudinalmente.	53
Figura 33: Posição de giro da amostra em curtos ângulos. A amostra deve ficar fixa e o fotógrafo se movimenta em 360° em torno da amostra..	54
Figura 34: Posição do giro da amostra. A câmera fica fixa e a plataforma se movimenta para completar um giro 360°.	55
Figura 35: (A) amostra em uma plataforma giratório, (B) câmera fixada no tripé coma visão da amostra. Posicionamento dos indicado dos equipamentos..	56

Figura 36: Rotacionamento da amostra, onde se deve respeitar um giro curto de no máximo 13°. 56

Figura 37: Modelo virtual de afloramento da Pedra da Abelha, Caçapava do Sul, RS. Fonte: Projeto BrGeo, hospedado na plataforma Sketchfab. Modificado pelo Autor. 58

Figura 38: Modelo virtual de afloramento da Pedra Pintada, Caçapava do Sul, RS 59

Figura 39: Modelo 3D do Canion de Furnas. Criado por Guadgnin para BrGeo. Hospedado no Skethfab. 60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos	17
1.1.1 Objetivos específicos	18
1.2 Justificativa	18
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 História do surgimento da fotografia	20
2.2 História da fotografia 3D	26
2.3 História da fotografia 3D na geologia	29
2.4 Construção de modelos 3D	32
2.4.1 Funções da câmera para a realização das capturas de imagem	33
2.5 TIPOS DE MODELAGEM	39
2.5.1 Structure-from-motion with multi-view-stereo (SFM- MVS)	39
2.5.2 Modelo virtual de afloramento (MVA)	40
2.5.3 Panorâmicas esféricas	40
2.5.4 Imagens de alta resolução (ORTOFOTOMOSAICOS)	41
3 METODOLOGIA	41
3.1 Áreas de estudo	41
3.2 Amostra de mão	43
3.3 Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo	48
3.4 Toca das Carretas	50
3.5 MVA E IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO	51
3.5.1 Panorâmicas esféricas	51
3.5.2 Processamento	51
4.2 Divulgação do patrimônio geológico do Geoparque Caçapava	59
4.3 Outras aplicações de modelos 3D na geologia	61
4.4 Fontes de Erro	62
4.4.1 Erros de enquadramento	63
4.4.2 Erros de iluminação e BW	63
4.4.3 Erros de movimento	63

4.4.4 Erros de software	63
4.4.5 Amostras muito pequena	64
4.4.6 Outros erros	64
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
6 REFERÊNCIAS	65
APÊNDICES	70
Parâmetros recomendados para uma boa captação de fotografias para a criação de um modelo 3D:	
70	
GLOSSÁRIO	74

1 INTRODUÇÃO

As Geociências, na definição mais abrangente, são as ciências que estudam a Terra, e se dedicam a analisar as rochas, as placas tectônicas, a atmosfera, os oceanos, os recursos naturais, entre outros aspectos do planeta (Claudiomarinho 2016). As Geociências Virtuais são uma subárea das Geociências que utilizam tecnologias digitais, combinando recursos e ferramentas virtuais atuais para a representação 3D de feições relacionadas ao planeta Terra, para o ensino, pesquisa, extensão e gestão (Howell 2021). A revolução das Geociências Virtuais é o processo de transformação digital que está em curso nos últimos anos na análise de dados de afloramentos rochosos na área que abrange disciplinas científicas sobre o estudo da Terra (Brgeo 2021).

As informações geológicas eram sempre obtidas de forma presencial, como nos primeiros mapas geológicos e descrição de solos e rochas em afloramentos. A evolução tecnológica e o uso de ferramentas computacionais levaram a novos métodos de obtenção de dados geológicos que atualmente é operado remotamente. A bastante tempo na história da geologia os dados têm sido produzidos em 2D (fotografias, mapas, seções). Os avanços tecnológicos existentes hoje proporcionaram novas técnicas, tornando o seu acesso muito mais abrangente á comunidade e tornando-se uma ferramenta importante para o avanço contínuo nas áreas das ciências. A utilização de ferramentas virtuais aplicadas a roteiros geológicos significa novas possibilidades para o ensino, pesquisa e extensão em geociências e são impulsionadoras para a conscientização do público em geral sobre as questões científicas. Os afloramentos virtuais podem ser amplamente utilizados em pesquisas, auxiliando nas etapas de trabalho de campo e pós-campo, onde estudantes e pesquisadores podem ter acesso ilimitado a áreas de estudo, facilitando a interpretação e compreensão das feições geológicas. A integração de modelos virtuais de afloramento (MVA) com outros dados geocientíficos, como mapas geológicos, modelos digitais de terreno e de superfície, dados geofísicos e informações de campo estruturais e estratigráficos consolidam a sua aplicação efetiva na pesquisa, extensão e no ensino (Howell, 2021).

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia pretende demonstrar as técnicas utilizadas no ramo das Geociências Virtuais, bem como suas aplicações para a ampliação do conhecimento e pesquisa.

Por definição nesse projeto:

1) MVA são projeções 3D foto realistas da superfície de afloramentos rochosos com resolução milimétrica a centimétrica e que permitem a extração de uma série de informações geológicas, como a geometria e cinemática de estruturas geológicas, atributos texturais de rochas, relação estratigráfica entre diferentes rochas, entre outras. (Brgeo 2021)

2) Fotografias 360 ou panorâmicas esféricas são imagens equirretangulares que possibilitam a visualização de um ponto em todos os ângulos, em 360°. (Agisoft 2021, p. 73, [s.d].)

3) Globo terrestre é uma projeção 3D do planeta Terra na forma de um globo, com a superfície do terreno representada na forma de um modelo digital do terreno sobreposto por imagens de satélite (Howell 2021). A plataforma de visualização do globo terrestre mais utilizada é o Google Earth, que é um aplicativo de análise geoespacial que permite aos usuários visualizar e analisar imagens de satélite do nosso planeta e de outros astros como a Lua e Marte.

4) Roteiros virtuais consistem em experiências virtuais de visita guiada, no caso das geociências, aos principais pontos de interesse geológico (Brgeo 2021). Os roteiros virtuais são compostos por panoramas esféricos, modelos 3D texturizados e ortofotomosaicos, organizados de forma sequencial e com conteúdo apropriado para uma visualização com óculos de realidade virtual (VR) ou pela tela de smartphones e computadores.

1.1 Objetivos

Poucas pessoas dominam o conhecimento da transformação de uma fotografia 2D para algo tridimensional e, ainda menos pessoas utilizam-se dessas ferramentas para a aplicação nas geociências. Com esse objetivo, este trabalho pretende exemplificar e demonstrar as melhores técnicas para a obtenção e utilização dessa tecnologia no cenário acadêmico e privado, de ensino, pesquisa e extensão. Pretende-se apresentar as melhores práticas para a construção de MVA e panorâmicas esféricas, organizadas ou não na forma de roteiros virtuais, para fins acadêmicos e de divulgação do patrimônio geológico e científico.

1.1.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

1. Contribuir com o conhecimento sobre as ferramentas virtuais aplicadas às geociências.
2. Popularizar as técnicas de construção de MVA e panorâmicas esféricas.
3. Divulgar o patrimônio geológico por meio de ferramentas virtuais.
4. Demonstrar os métodos falhos que foram testados para a elaboração do trabalho.
5. Utilização dos MVA's no turismo do Geoparque Caçapava Mundial UNESCO.

1.2 Justificativa

A revolução das Geociências Virtuais vem sendo impulsionada pelo aumento no compartilhamento e aquisição de informações digitais. No cenário de ampliação do uso de ferramentas virtuais após a pandemia de COVID-19, há uma valorização dos métodos geológicos digitais, os quais têm se mostrado fundamentais e efetivos para o processo de ensino-aprendizagem, tanto no ensino básico quanto no ensino superior. A era da geologia digital irá auxiliar na transição para o ensino digital em todo planeta (Senger et al. 2021).

O uso de ferramentas virtuais nas geociências melhora a experiência de aprendizagem dos alunos e promove acessibilidade a afloramentos e amostras de difícil acesso, contribuindo para a integração de dados e visualização de estruturas geológicas em 3D (Senger et al. 2021). Da mesma maneira, o uso de MVAs para análise e integração de dados auxilia na execução da etapa de campo e nas etapas posteriores de pesquisa (Senger et al. 2021).

Com o aprendizado e desenvolvimento da técnica de obtenção e construção das imagens tridimensionais, o avanço das geociências virtuais pode ajudar na compreensão e desenvolvimento do aprendizado em todo Brasil. Projetos como a Biblioteca Virtual de Geologia do Brasil (www.brgeo.org) já estão em andamento. Neste projeto, pessoas do Brasil e do mundo têm acesso a projetos virtuais e podem contribuir para os acervos geológicos, auxiliando, assim, outros alunos e pesquisadores de diversas localidades, ajudando a divulgar essa ferramenta revolucionária.

Outro projeto é o Geoparque Caçapava Mundial UNESCO, que utiliza vários modelos virtuais como os passeios virtuais, para uma interação e divulgação geológica, ambiental e cultural da região de Caçapava do Sul, RS.

A utilização de modelos virtuais de afloramentos permite a extração de dados geométricos e diversos tipos de medições, auxiliando no mapeamento e até mesmo na criação de superfícies. Essa ferramenta virtual permite a extração e integração de grandes volumes de dados, de forma rápida e eficaz, com alto grau de confiabilidade e segurança (Howell, 2021).

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História do surgimento da fotografia

De acordo com Martinotto (2018, v. 1, p. 20), as primeiras experiências fotográficas foram feitas por químicos e alquimistas e foram datadas de cerca de 350 antes de Cristo. Contudo, foi em meados do século X que o árabe Alhaken de Basora percebeu a natureza das imagens que se projetavam no interior de sua tenda transpassada pela luz solar, e compreendeu naquele momento o que conheceríamos no futuro como o princípio da câmara escura. Já em 1525, os alquimistas e farmacêuticos começam a dominar as técnicas de escurecimento dos sais de prata. Com isso, no ano de 1604, Ângelo Sala (*1576-1637†) acompanhando esses estudos, já sabia que alguns compostos de prata oxidavam quando expostos à luz do Sol. Décadas depois o farmacêutico Carl Wilhelm Scheele (*1742-1786†) viria a corroborar esta descoberta no ano de 1777, ao demonstrar o enegrecimento de sais expostos à ação da luz (Paganotti, 2017). No ano de 1725, Johann Henrich Schulze (*1687-1744†) projetou uma imagem durável numa superfície. Por conseguinte, o químico Thomas Wedgwood (*1771-1805†) realizou no início do século XIX experimentos semelhantes.

Mas foi no dia 9 de maio de 1826 que Joseph Nicéphore Niepce (*1765-1833†), utilizando uma caixa de madeira e vários compostos químicos, juntamente com uma placa de estanho com negativo (Figura 1), obteve o que hoje é conhecido com a primeira fotografia do mundo (Figura 2), a técnica para esse primeiro registro fotográfico foi o posicionamento dessa caixa com os outros elementos no seu interior na janela do seu quarto na França, por 8 horas de exposição à luz solar, obtendo assim a primeira imagem gravada de maneira “permanente”, desenvolvendo assim a heliografia. Sendo mais específico, Niepce cobriu a placa de estanho com uma emulsão de betume da Judeia, que é um composto fotossensível, e a placa foi então exposta à luz solar por um longo período de tempo, enquanto a luz solar endurecia o betume nas áreas expostas, deixando um negativo da imagem. O negativo era então lavado com um solvente para remover o betume não exposto, deixando apenas a imagem (Paganotti, 2017).

Figura 1: A placa de estanho que foi utilizada na época por Niepce, para a obtenção da primeira fotografia. Hoje com o passar dos anos já não se pode notar os traços da paisagem da janela de sua propriedade em Saint-Loup-de-Vareennes.



Fonte: Imagens Cruzadas 2020.

Figura 2: A Primeira fotografia registrada por Niepce em sua varanda, conhecida como "Vista da Janela em Le Gras", possuía um tamanho de 6,2 por 10,2 centímetros.



Fonte: Imagens Cruzadas 2020.

A técnica heliográfica, no entanto, produzia fotos com uma certa má qualidade, o que não eram financeiramente viáveis de se criar. Foi então em 1839 que Niepce se associou com Louis Jaques Mandé Daguerre (*1789-1851†) (Figura 3). Neste ano uma técnica fotográfica mais efetiva foi desenvolvida. A nova técnica ao invés das placas de estanho, utilizava placas de iodeto de prata e mercúrio. Esse novo aparato foi batizado de “daguerreótipo” (Figura 3), em homenagem a Daguerre.

Figura 3: Imagem de Louis Daguerre, registrada por um daguerreótipo, Louis Daguerre foi uma das principais personalidades a criar a "vida" da fotografia.



Fonte: Brasiliana Fotográfica 2021.

Na figura 4 está o daguerreótipo, a primeira máquina fotográfica comercializada em grande escala. Por ser composta por uma placa de prata, é sensibilizada com vapor de iodo, assim formando o iodeto de prata sobre a mesma. Depois da formação do iodeto, a placa é exposta à luz por meio de uma câmara escura, por cerca de 25 minutos. O contato com a luz transforma os cristais de iodeto de prata em prata metálica, que forma uma imagem latente, imagem esta que pode ser revelada com o uso do vapor de mercúrio. Em termos mais práticos, os daguerreótipos conseguiam fixar a imagem capturada em uma placa rígida e espelhada. As maiores características da criação de Daguerre são a maior riqueza de detalhes e a aparência tridimensional de suas imagens (G1, 2013).

Figura 4: O daguerreótipo, primeira máquina fotográfica comercializada em grande escala.



Fonte: Brasiliana 2019.

Durante o século XIX, a fotografia começa a fazer parte do dia a dia, mas apenas os fotógrafos profissionais, que trabalhavam em estúdios, conseguiam comprar um aparelho. Mesmo assim, a fotografia passou a registrar momentos específicos tais como casamentos, aniversários e solenidades públicas. Para que tudo ficasse perfeito, os fotografados deveriam permanecer imóveis a fim de que a imagem fosse captada e impressa no papel, o que demandava uma boa preparação do fotógrafo e dos modelos a serem fotografados. Mas em 1900, a empresa

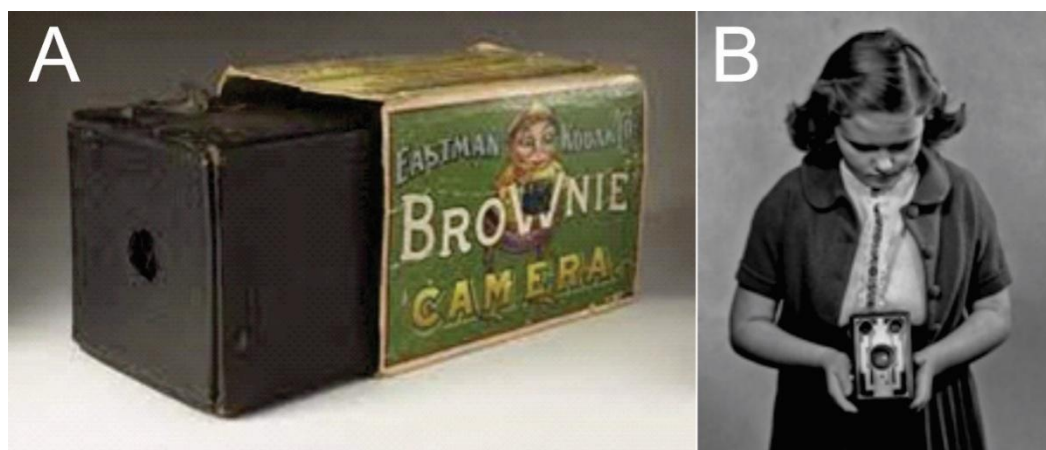
americana Kodak lançou a Brownie-Kodak, uma câmera de filme barata e fácil de usar. A Brownie foi um marco na história da fotografia, pois tornou a fotografia acessível a um público ainda maior (De Oliveira, 2010).

Antes dela, as câmeras fotográficas eram caras e difíceis de usar. Eram necessárias habilidades técnicas especializadas para tirar uma fotografia nítida e bem exposta. A Brownie simplificou o processo de fotografia, tornando-o acessível e fácil a qualquer pessoa. A Brownie era uma câmera de caixa pequena e leve, feita de papelão ou plástico (Figura 5). Tinha um único botão de obturador e uma abertura fixa. A câmera vinha com um rolo de filme de 100 poses, que era enviado de volta à Kodak para ser revelado e impresso (Kodak, 2022).

A Brownie foi um sucesso instantâneo. Em seu primeiro ano de vendas, a Kodak vendeu mais de um milhão de unidades. A câmera ajudou a popularizar a fotografia amadora, e é creditada com a democratização da fotografia. A Brownie foi produzida em uma variedade de modelos ao longo de suas décadas de produção. O último modelo foi lançado em 1986. A Brownie teve um impacto significativo na história da fotografia. A câmera ajudou a popularizar a fotografia amadora, e é creditada com a democratização da fotografia (Kodak, 2022).

Figura 5: A - Câmera Brownie, produzida em 1900, com um custo de venda de US\$ 1 dólar.

Figura 5: B - Uma garota tirando uma fotografia com uma câmera Kodak Box Brownie (por volta de 1935).



Fonte A - B: Kodak Company.

Em 1935, a Kodak introduziu o Kodachrome, o pioneiro na linha de filmes coloridos (Kodak, 2022). O Kodachrome foi um filme fotográfico colorido de 35mm lançado pela Eastman Kodak. O filme foi um sucesso instantâneo e se tornou o

padrão da fotografia colorida por décadas. Ele era um filme de processamento por via úmida, o que significava que as imagens eram reveladas em um laboratório fotográfico. O processo de revelação do Kodachrome era complexo e exigia equipamentos e produtos químicos especializados. Este filme era conhecido por sua qualidade de imagem superior. As imagens eram ricas em cores e detalhes, e tinham uma longa vida útil. O Kodachrome foi usado por fotógrafos profissionais e amadores em todo o mundo. Foi usado para documentar eventos históricos, criar obras de arte e capturar momentos especiais. Nesta linha da era das fotografias coloridas, a Polaroid cria a fotografia instantânea com cores em 1963 (RPT, 2021), com a Polaroid Polacolor, o primeiro filme instantâneo colorido do mundo. Esse avanço revolucionário para a época transformou a maneira como as pessoas capturavam e compartilhavam momentos especiais, permitindo-lhes produzir fotografias vívidas e instantâneas em questão de segundos.

Antes da chegada da Polaroid Polacolor, a fotografia instantânea era limitada a imagens em preto e branco. A invenção do filme instantâneo colorido abriu um novo mundo de possibilidades criativas, permitindo que fotógrafos amadores e profissionais capturassem a vivacidade e a beleza do mundo ao seu redor de maneira instantânea. A Polaroid continuou a inovar e aprimorar sua tecnologia de filme instantâneo, introduzindo novos modelos de câmeras e aprimorando a qualidade das imagens (RPT, 2021).

No entanto, com o advento da fotografia digital na década de 1990, a popularidade da fotografia instantânea começou a declinar. As câmeras digitais ofereciam maior versatilidade, armazenamento de imagens e facilidade de compartilhamento, tornando-as mais atraentes para o público em geral. Em 2008, a Polaroid declarou falência, marcando o fim de uma era na fotografia instantânea (RPT, 2021).

Nos anos de 1990 e 2000, as câmeras digitais começaram a ganhar muita popularidade (Martimoto, 2018), mas a primeira câmera digital tem registros muito mais antigos que a própria fotografia instantânea colorida. A primeira imagem digital foi criada em 1957 por Russell Kirsch, um engenheiro da NASA. Kirsch usou um sensor de imagem eletrônico para capturar uma imagem de seu filho de três anos. Nas décadas seguintes, houve um rápido desenvolvimento da tecnologia de fotografia digital. Em 1975, Steve Sasson, um engenheiro da Kodak, criou a primeira câmera digital comercial (Kodak, 2022). A câmera pesava 3,6 kg e tinha uma

resolução de apenas 0,01 megapixels. Na década de 1980, a tecnologia de fotografia digital continuou a melhorar. As câmeras digitais ficaram menores e mais leves, e a resolução aumentou. A Canon apresentou a primeira câmera eletrônica do mundo durante as Olimpíadas de Los Angeles nos EUA, em parceria com o jornal Yomiuri Shimbun. A câmera da Canon em versão de protótipo conseguia mandar as imagens em cerca de 30 mim via conexão por telefone e as fotos possuíam tamanho de 0,4 megapixels (De Oliveira, 2010). Com isso o jornal Yomiuri saiu na frente de todos os outros jornais da época que ainda utilizavam os filmes que eram transportados de avião, esse transporte poderia levar semanas para chegar ao país de destino. Com isso, as câmeras digitais ganharam muito mais popularidade e uma ascensão muito rápida no mercado consumidor, com câmeras cada vez mais leves e baratas. Com o passar dos anos, os telefones celulares, tablets e computadores começaram a ganhar versões de câmeras cada vez mais potentes e versáteis, até chegar nas câmeras que possuímos hoje, com diversas funções e utilizações para cada tipo de trabalho.

2.2 História da fotografia 3D

A fotografia 3D, que também foi chamada no passado de Estereoscopia, já era utilizada muito antes do surgimento das câmeras fotográficas digitais, bem como os seus próprios equipamentos (Velho et al. 2005).

Os estereoscópios apresentam visualizações tridimensionais (3D), que transmitem a ideia da pessoa ao visualizar as imagens estar presente naquele lugar. Os estereógrafos apresentam duas fotografias ou imagens impressas posicionados lado a lado, cerca de 2,5 centímetros de distância, uma para o olho esquerdo e outra para o olho direito. Quando um espectador utiliza um estereoscópio, um dispositivo para visualizar estereografias, estas duas imagens planas são combinados em uma única imagem que dá a ilusão de profundidade (Velho et al. 2005).

Quando posicionado um objeto a cerca de 2,5 cm de distância dos nossos olhos, veremos tudo a partir de dois ângulos ligeiramente diferentes, e o cérebro humano, em seguida, processa em uma única imagem, que gera sensação de profundidade espacial e dimensão. Em 1838, Charles Wheatstone publicou um documento que forneceu a base científica para a estereoscopia, mostrando que o

cérebro une as imagens bidimensionais ligeiramente diferentes de cada olho em um único objeto de três dimensões (Tedesco, 2013). Os primeiros estereógrafos de Wheatstone foram utilizados com desenhos e pinturas, em vez de fotografias. Em 1860, o inventor americano Oliver Wendell Holmes inventou o estereógrafo de Holmes, um dispositivo mais avançado que o estereógrafo de Horner, como mostra a figura 6.

Figura 6: Réplica do modelo de estereógrfo de Holmes. Era feito de madeira com duas lentes que se posicionavam na frente de duas fotografias para uma observação 3D.



Fonte: Observador, 2015.

No século XX, a fotografia 3D começou a se popularizar. As primeiras câmeras 3D comerciais foram lançadas no mercado, e a tecnologia foi usada para criar filmes e outras formas de entretenimento. Em 1954 a Kodak já lançava uma câmera estéreo para filmes 35mm (Kodak, 2022). No ano seguinte, a empresa de fotografia Lomo, lançou a Sputnik MF 6x6, câmera estéreo de médio formato que se manteve no mercado até 1973. Uma grande variedade de câmeras foram criadas como a Stereo Realist (Figura 7), que foi a mais popular câmera estéreo 35mm no

mercado. Fabricada pela empresa americana David White Company entre 1947 a 1971, o modelo atraiu celebridades ao longo dos anos 50. O usuário mais notável da câmera foi o ator Harold Lloyd, que usou a câmera para fazer retratos de Marilyn Monroe e Bettie Page, entre outros. Estima-se que cerca de 500.000 câmeras Stereo Realist foram vendidas no século XX. A câmera foi um sucesso comercial, e foi popular entre os fotógrafos amadores e profissionais.

Figura 7: Câmera Stereo Realist, a mais popular entre as câmeras estéreo, possuía um conjunto de duas lentes para a captura e uma lente central para a visualização da cena externa a ser fotografada.



Fonte: Digital Photography Review 2019.

Seton Rochwite começou a projetar e construir sua própria câmera estéreo em 1929. Em 1940, ele construiu o primeiro protótipo e o levou à David White Company em Milwaukee, que, interessados no projeto, contrataram-no em 1943. A empresa começou a anunciar a câmera ainda em 1945, embora ela só tenha sido produzida a partir do final de 1947. Ao decorrer do século vinte ainda tivemos varias invenções como a Polaroid 3-D que foi uma câmera instantânea 3D. Ela usava um processo de impressão único para criar imagens 3D que podiam ser vistas imediatamente. A Polaroid 3-D foi uma câmera inovadora, e ajudou a popularizar a fotografia 3D entre o público em geral (RTP, 2021).

Kodak Stereo Camera (1985) foi uma câmera 3D de filme de 35mm. Ela usava duas lentes separadas para capturar as imagens 2D, que eram então combinadas para criar uma imagem 3D.. A Nikon Stereo Camera era uma câmera

de alta qualidade, relativamente compacta e leve, pesando apenas 530 gramas (Kodak 2022). Tinha um sistema de foco automático, o que facilitava a obtenção de imagens 3D nítidas e podia ser utilizada com uma variedade de lentes de terceiros, o que dava aos fotógrafos mais opções criativas.

A popularidade da fotografia 3D começou a declinar na década de 1960, com o advento da televisão em cores. A televisão oferecia uma experiência de visualização mais acessível e conveniente do que a fotografia 3D, que se tornou fortemente popular na década de 60 nos EUA e em várias outras partes do mundo. Na década de 1980 houve um breve ressurgimento do interesse pela fotografia 3D, com o lançamento de novos filmes e videogames 3D. No entanto, o interesse pela fotografia 3D diminuiu novamente na década de 1990 com a popularização das câmeras digitais. O interesse pela fotografia 3D ressurgiu na década de 2010, com o surgimento de novas tecnologias que ficaram mais acessíveis, como a fotografia holográfica. Enquanto a fotografia estereoscópica é uma técnica que usa duas câmeras para capturar duas imagens 2D, que são então combinadas para criar uma imagem 3D, a fotografia holográfica é uma técnica que usa um laser para criar uma imagem 3D que pode ser vista de diferentes ângulos. Atualmente, a fotografia 3D é usada em uma variedade de aplicações, incluindo fotografia, entretenimento e educação (Digital Photography Review, 2019).

2.3 História da fotografia 3D na geologia

A fotografia tem sido usada na geologia e nas ciências da Terra desde o século XIX. As primeiras fotos geológicas foram registradas por William Henry Fox Talbot em 1844, cujas imagens foram tiradas na região de Lake District, na Inglaterra, e mostram formações rochosas, incluindo rochas sedimentares, rochas metamórficas e rochas ígneas. As fotos de Talbot foram um marco importante na história da geologia, pois forneceram aos geólogos uma nova maneira de documentar e estudar a geologia da Terra (Jones, 2015). William Talbot registrou suas fotografias utilizando uma câmera de sua própria invenção. A câmera tinha duas lentes, separadas por uma distância igual à distância entre os olhos humanos. Isso permitiu que Talbot capturasse duas imagens da mesma cena, uma para cada olho, como na estereoscópica. As fotos foram impressas em papel sensível à luz. O

papel era coberto com uma solução de cloreto de prata, que se tornava preto quando exposto à luz. Talbot publicou as fotos em um livro intitulado "The Pencil of Nature" (1844).

Em 1867, o geólogo John Wesley Powell usou a fotografia para documentar a geologia do Grand Canyon (Figura 8). As fotos de Powell foram publicadas em um livro intitulado "The Exploration of the Colorado River and Its Canyons" (1875). Em 1869, Powell liderou uma segunda expedição pelo rio Colorado (Mcnamee, 2019). A expedição foi mais difícil do que a primeira, e Powell e seus homens quase não sobreviveram. No entanto, a expedição foi um sucesso, e Powell foi o primeiro a atravessar o Grand Canyon. Após a expedição, Powell publicou um relato de suas descobertas em um livro intitulado "Canyons of the Colorado" (1895).

Figura 8: Intitulada "The Grand Canyon" de autoria de John Wesley Powell, a fotografia registra sua expedição para exploração do Grand Canyon.



Fonte: United States Geological Survey 2019.

Em 1920, o geólogo Charles Dutton liderou uma expedição ao Monte Rushmore, para documentar a geologia do local, utilizando a fotografia estereoscópica para documentar a geologia do Monte Rushmore. As fotos de Dutton foram publicadas em um livro intitulado "The Face of America" (1926) (USGS, 2019).

Em 1950, a Marinha dos Estados Unidos lançou o Projeto Aerocarto, um programa de mapeamento aéreo e estereoscópico da geologia da Terra (USGS, 2019). O projeto foi liderado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos, com a participação da Marinha dos Estados Unidos e de outras agências governamentais. O projeto usou aeronaves para tirar fotos aéreas de alta resolução da superfície da Terra. As fotos foram então usadas para criar mapas topográficos e geológicos. O Projeto Aerocarto produziu uma grande quantidade de dados geológicos. Os dados foram usados para melhorar nosso entendimento da geologia dos EUA e para apoiar o planejamento de atividades de mineração, exploração e desenvolvimento.

Em 1960, a NASA lançou vários projetos, sendo o primeiro o Projeto Seemap, um programa de mapeamento do fundo do mar usando fotografia estereoscópica (NASA, 2023). O projeto produziu um grande banco de dados de imagens do fundo do mar. As fotos do Projeto Seemap foram usadas para criar mapas topográficos do fundo oceânico, mostrando uma boa distribuição de diferentes tipos de rochas. As fotos do Projeto Seemap também foram usadas para estudar os processos geológicos que ocorrem no fundo do mar. Na época a teoria das placas tectônicas estava em construção, e os geocientistas usaram as fotos para identificar áreas de atividade vulcânica, tectônica e sedimentar. Além desse projeto, foi lançado o Projeto Oceanology, em 1962, que foi um programa de mapeamento do fundo do mar usando uma variedade de técnicas, incluindo sonar, radar e fotogrametria. O Projeto Project Mohole foi outro programa para tentar alcançar a crosta oceânica. O projeto foi lançado pela NASA em 1961 e não foi bem-sucedido. O projeto foi abandonado em 1966, mas ajudou a desenvolver novas tecnologias para o mapeamento do fundo do oceano.

Em 1971, a NASA lançou a sonda Mariner 9, que foi a primeira sonda a orbitar Marte. A Mariner 9 carregava uma câmera estereoscópica que tirou fotos de alta resolução da superfície de Marte (NASA, 2023). As imagens da sonda foram usadas para estudar a geologia de Marte. As fotos da Mariner 9 também foram usadas para procurar evidências de vida em Marte. Os cientistas procuraram por

características na superfície de Marte que pudessem ser interpretadas como sinais de vida, como rios, lagos ou oceanos, e um desses locais foi à caldeira central do Monte Olympus (Figura 9). A sonda não encontrou evidências definitivas de vida em Marte. No entanto, as fotos da sonda forneceram informações valiosas sobre a geologia de Marte e ajudaram os cientistas a entender melhor o planeta.

Figura 9: Foto tirada pela sonda Mariner 9, da caldeira do Monte Olympus no planeta Marte.



Fonte: NASA 2023.

2.4 Construção de modelos 3D

Os modelos virtuais de afloramento podem ser representados em 3D de duas formas: a primeira é como uma nuvem de pontos, sendo cada um deles representado por uma coordenada x , y , z , cor RGB e vetor de orientação. A segunda maneira de representação é na forma de malha triangulada texturizada, um

modelo com dados contínuos. A malha triangulada permite a sobreposição de texturas, auxiliando na projeção de características do objeto (Howell, 2021).

Os modelos virtuais 3D texturizados foto realistas podem ser produzidos de duas formas principais: utilizando LiDAR (Light Detection and Ranging) ou SfM-MVS (Structure from Motion-Multi View Stereo). As técnicas LiDAR e SfM-MVS são equivalentes em termos de resolução espacial, quantidade de pontos na nuvem e quantidade de triângulos na malha, contudo o tempo de processamento e o custo elevado dos levantamentos LiDAR têm favorecido o uso de SfM-MVS (BRGeo, 2021)..

O SfM-MVS possui vantagens em relação ao LiDAR como o baixo custo de aquisição, menor custo computacional de processamento, possibilidade de imagear os alvos de diferentes posições utilizando veículos aéreos não tripulados e a flexibilidade em termos de resolução espacial, que depende somente da distância entre a câmera e o objeto. O método consiste na aquisição de imagens terrestres ou aéreas, de alvos geológicos (afloramentos ou amostras) e processamento das imagens utilizando o fluxo de trabalho (BRGeo, 2021).

2.4.1 Funções da câmera para a realização das capturas de imagem

2.4.1.1 Teorias dos métodos e técnicas

Para uma melhor compreensão das técnicas que perfazem este projeto, foi dividido em escala espacial de modelos, do menor para o maior, com detalhamento de cada uma das técnicas e configurações a serem utilizadas, para se obter uma melhor divisão e compreensão dos termos e técnicas.

Para se operar e alcançar melhores resultados, o fotógrafo, antes de começar a fazer o registro do seu objetivo, seja ele amostra de mão, afloramento ou até modelos de maior escala, deve atentar-se aos padrões de regulagem do equipamento. Uma configuração mal realizada pode prejudicar ou até mesmo comprometer todo o trabalho de modelagem.

2.4.1.2 Entendendo o funcionamento de uma câmera

Sobre esse assunto foi criado um apêndice presente neste trabalho para uma melhor compreensão de cada item presente no tópico 2.4.1.2.

SENSOR DE IMAGEM

O sensor de imagem de uma câmera é um dispositivo que converte a luz em imagem digital. Sua função é capturar a luz recebida pela lente, gerando uma emissão de elétrons que é amplificada e transformada em foto. Basicamente existem dois tipos de sensores, os de luz induzida e o de luz refletida. Os principais sensores presentes em câmeras DSLR (Digital Single Lens Reflex) são os CCD e os CMOS, que são sensores de luz refletida. Já as câmeras que possuem sistema de LiDAR são sensores de luz induzida, para criação de modelos dentro do nosso planeta. Os dois sensores postos em condições ideais de luz e clima podem produzir os mesmos resultados, porém, quando se trata de condições fora das ditas ideias, os sensores LiDAR são superiores, pois podem induzir feixes infravermelhos que conseguem captar mais informações que os sensores de luz refletida, como visto na figura 10 (Canon, 2022).

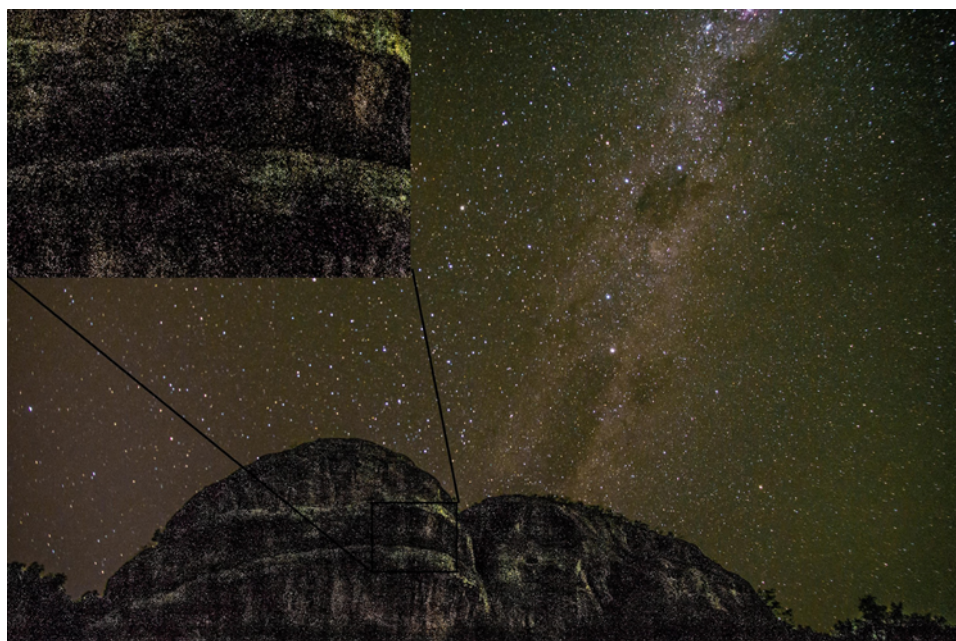
Figura 10: “Pilares da Criação”, à esquerda pelo telescópio Hubble e a direita pelo James Webb.



Fonte: Nasa.

O ISO é a ferramenta que regula a sensibilidade do sensor da iluminação, onde quanto menor a numeração (ex: ISO 100), maior será a quantidade de luz necessária para se obter uma melhor foto. Problemas como a utilização de ISO alto pode ocasionar erros de amarração na montagem de um modelo, pois o ISO alto gera ruídos (Figura 11), ou *hot pixel*, que são pontos de coloração vermelha, magenta e/ou verde, e como o programa identifica pontos para se fazer uma amarração, isso pode ocasionar erros. Além disso, a imagem fica com aspecto de “Pixelamento” (linguagem fotográfica utilizada para fotografias com ruído) (Kalil, 2022).

Figura 11: Pixelamento com ISO alto (ISSO 3200). Imagem registrada no Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo, Caçapava do Sul, em uma noite sem Lua.



Fonte : Autor.

BALANÇO DE BRANCO (WB)

É correspondente ao processo de remover as cores não reais da imagem, de uma forma que ela mostre como brancos os objetos que a olho nu são de fato brancos. Nossos olhos são capazes de fazer isso automaticamente, mas a câmera não, precisando de alguns ajustes. Como exemplo, em um dia nublado as cores tendem a ficarem mais azuis (frias), então o balanço de branco ajusta essa imagem compensando com uma cor mais quente, para se ter um equilíbrio e o branco ser um verdadeiro branco (Kalil, 2022).

A configuração ideal para essa a modelagem é ajustar o WB para a luz ideal que estiver usando. Em estúdio, por exemplo, se o fotógrafo estiver utilizando uma luz tipo LED, o balanço de branco terá que ser mudado para essa configuração, assim como em um afloramento a céu aberto em um dia nublado, o WB terá que ser ajustado para se obter a compensação ideal, para tornar as cores mais realistas possíveis na visão humana (Kalil, 2022).

Problemas com o WB desregulado, além de uma falsa coloração que o modelo 3D possa apresentar, ainda pode ocasionar erros de amarração por apresentar cores diferentes se utilizar a câmera em modo automático, pois cada foto poderá sair com certas cores diferentes, por isso o balanço de branco deverá ser ajustado para o modo manual e para o tipo de luz que se realizará os registros (Kalil, 2022).

PROFUNDIDADE DE CAMPO

A profundidade de campo é a distância entre o objeto mais próximo e o mais distante que aparece claramente na imagem. Resumidamente, seria a parte onde o conjunto lente e câmera consegue captar todo o objeto sem perda de foco ou “embaçamento” da imagem. Quanto maior a nitidez e a clareza na imagem, mais fácil e mais nítida se tornará a construção do modelo (Kalil, 2022).

A profundidade de campo tem dois limites: o primeiro é o limite proximal de campo, onde se tem o ponto mais próximo entre a lente e o objeto a ser capturado. O segundo é o limite da profundidade mais distante, onde se tem o limite do objeto para o ponto onde se começa a perder a nitidez da imagem. O ponto que corta esses dois quase ao meio é o plano focal (Figura 12) (Kalil, 2022).

Figura 12: Limite da profundidade de campo de acordo com a abertura (F), representado pela cor azul na imagem.



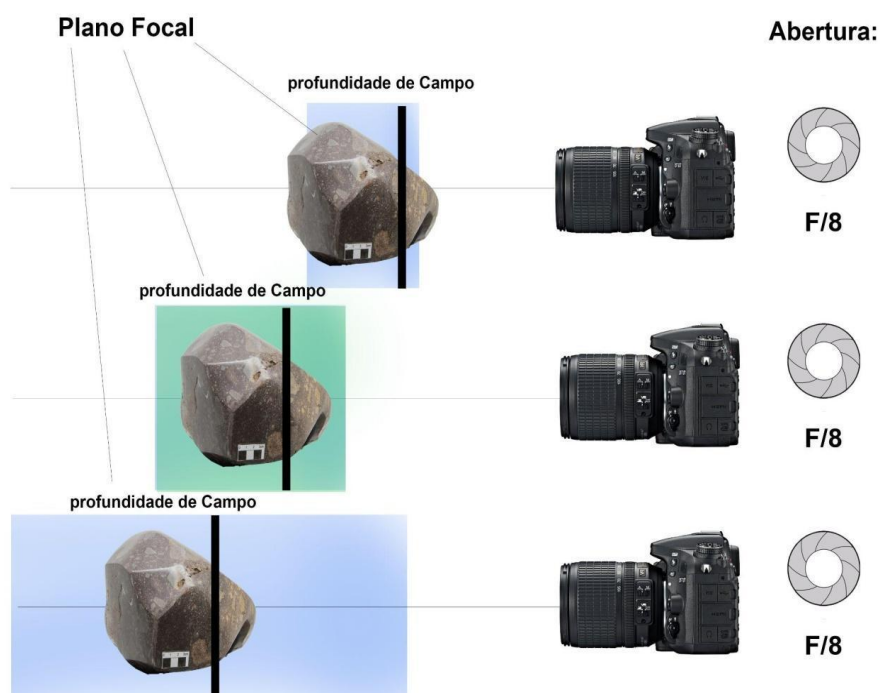
Fonte: Autor.

Existem três fatores que podem afetar a profundidade de campo: a abertura, a distância de foco e o comprimento focal (Kalil, 2022).

A abertura ou diafragma f-stop, é um orifício da lente que permite regular a entrada de luz da câmera: com a abertura maior (ex: f/2.8) mais luz e menos tempo de exposição são necessários para a captação da imagem pelo sensor. Com a abertura mais fechada (ex: f/27), se deve compensar a entrada de luz com uma iluminação externa mais forte e um tempo de exposição mais longo (Kalil, 2022).

A distância de foco também é importante, pois ela marca um plano focal mais próximo ou mais distante, o que pode interferir na qualidade da imagem na hora do processamento. A proximidade do objeto com a câmera pode ocasionar, por exemplo, um plano focal bem mais próximo, e, se o objeto estiver distante, mais espalhado e desigual será a nossa profundidade de campo (Figura 13) (Kalil, 2022).

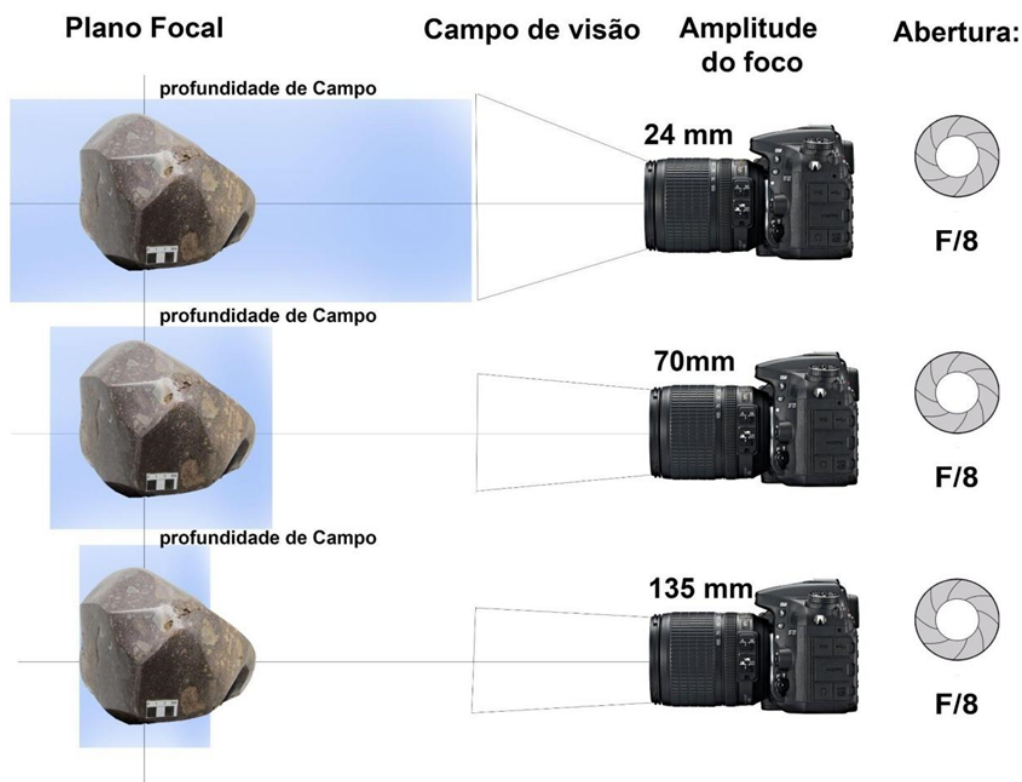
Figura 13: profundidade de campo e distância, em que a melhor profundidade de campo é um equilíbrio entre um plano proximal e distal.



Fonte: Autor.

O comprimento focal é representado em milímetros na câmera e, quanto mais longa for à distância focal, mais estreito se tornará o ângulo de visão e maior será a ampliação. Isso também pode causar distorções indesejadas na imagem, por isso, sempre se deve usar uma configuração fixa da câmera para corrigir certos tipos de problemas (Figura 14) (Kalil, 2022).

Figura 14: Amplitude do foco da imagem. Para não se ter muitas distorções, a maioria das amostras criadas nesse trabalho foram feitas usando a distância focal de 70mm, onde se obteve os melhores resultados.



Fonte: Autor.

2.5 TIPOS DE MODELAGEM

2.5.1 Structure-from-motion with multi-view-stereo (SfM- MVS)

SfM–MVS é uma técnica de levantamento topográfica desenvolvida em meados da década de 1980 para a geração de modelos 3D a partir de imagens 2D. SfM–MVS utiliza algoritmos para identificar feições coincidentes em uma coleção de imagens digitais sobrepostas e calcula a localização e orientação das câmeras a partir das diferentes posições das feições reconhecidas. Baseado nos cálculos das imagens sobrepostas, é possível reconstruir nuvens 3D de pontos (BRGeo, 2021).

O conjunto de algoritmos Structure from Motion – Multiview Stereo (SfM-MVS) opera em softwares, reconhecendo múltiplos pontos iguais nas imagens sobrepostas para reconstruir a geometria de feições e objetos (Ceolin, 2018). A aplicação desta técnica de imageamento utilizando o algoritmo para processar superfícies de afloramentos é utilizada para a construção de Modelos Virtuais de Afloramentos,

utilizando o Software da Agisoft, chamado Metashape (Guadagnin et al. 2017). Este programa interpola os pontos das imagens, criando uma malha e a texturizando, criando assim o modelo 3D.

Essa técnica foi usada para a construção de todos os modelos desse trabalho, incluindo os modelos de amostra de mão, que são basicamente os MVA em escalas reduzidas, produzidos em laboratório.

2.5.2 Modelo virtual de afloramento (MVA)

Os MVA são produzidos através da obtenção de fotografias aéreas e terrestres, captadas por câmeras acopladas em Veículos Aéreos Não Tripulados, (VANT) (Howell, 2021), ou por câmeras (Digital Single Lens Reflex, amadoras, celulares). Esse tipo de fotografia pode ser feito por veículos tripulados, mas o custo de produção ficaria bem mais elevado.

A integração de MVA com outros dados geocientíficos, como mapas geológicos, modelos digitais de terreno e de superfície, informações de campo estruturais e estratigráficas, consolidam sua aplicação efetiva na pesquisa, extensão e no ensino (BRGeo, 2021).

2.5.3 Panorâmicas esféricas

Assim como a palavra panorama refere-se a uma vista amplificada de uma área determinada, as fotografias panorâmicas tentam captar essa vista mais ampla (Tedesco, 2013).

A origem da palavra vem de duas palavras gregas, παν (pan), que significa "total", e ὄραμα (órama), que significa "vista" (Tedesco, 2013).

A panorâmica esférica ou fotografias 360° são usadas para gerar uma imagem esférica, que é uma imagem em que o observador tem o ponto de vista do centro da esfera, e isto permite a sensação e visualização do ambiente como se estivesse realmente no local, permitindo uma visão tridimensional do local fotografado (Tedesco, 2013).

2.5.4 *Imagens de alta resolução (ORTOFOTOMOSAICOS)*

As imagens de zoom profundo ou alta contagem de pixels são geradas juntando muitas imagens individuais para criar uma única imagem composta que pode ter bilhões de pixels. Essas imagens compostas representam a geologia de todo um afloramento, mas também permitem um zoom profundo para mostrar feições em pequena escala (Brgeo, 2021).

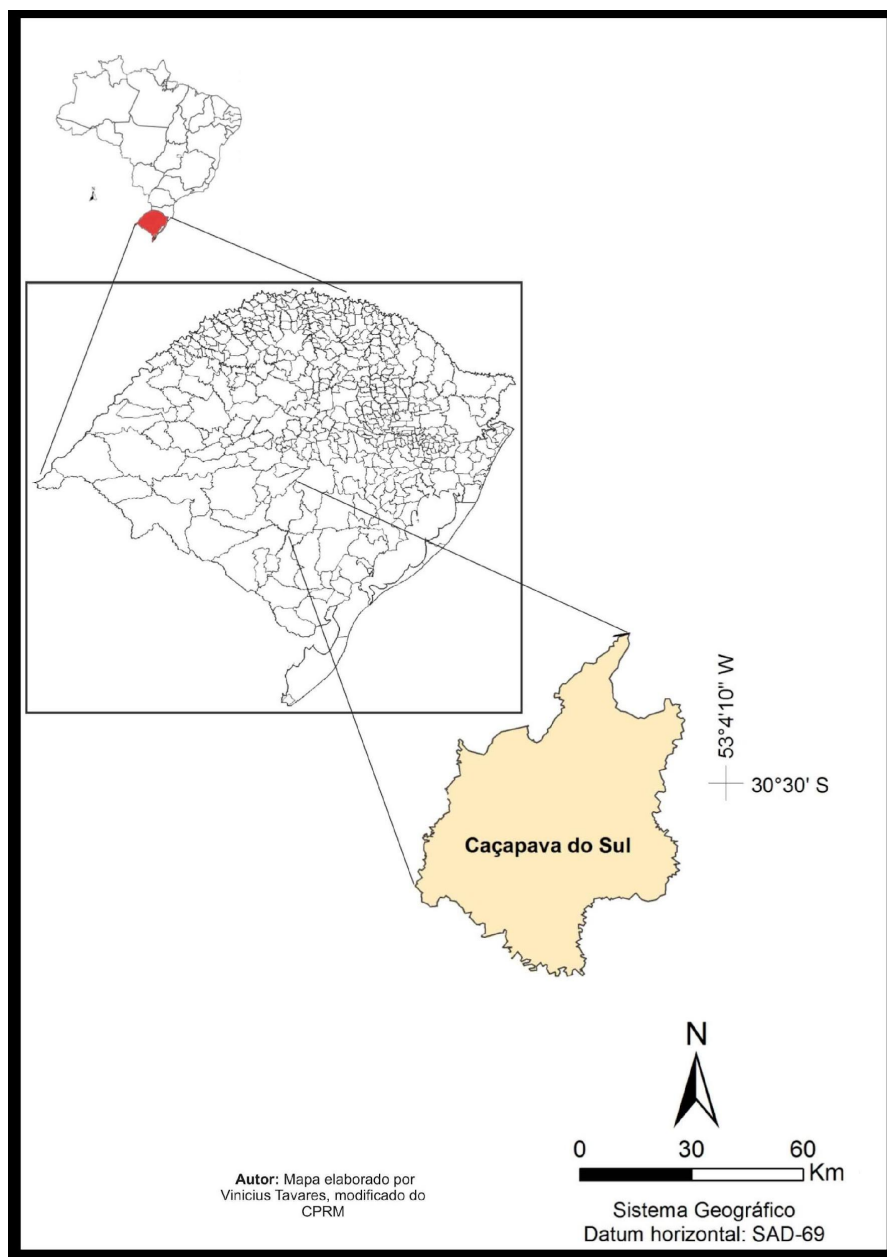
Imagens de zoom profundo são geradas usando uma cabeça de câmera robótica gigapan e uma lente de grande distância focal (GIGA) ou, alternativamente, como ortoimagens produzidas como um subproduto da fotogrametria digital. Existe uma diferença sutil entre esses dois tipos de imagem. As imagens Gigapan mostram uma visão de alta resolução de um único local, enquanto as ortoimagens são compostas de pixels com imagens selecionadas a partir de imagens ortogonais a um plano de imagem selecionado (Brgeo, 2021).

3 METODOLOGIA

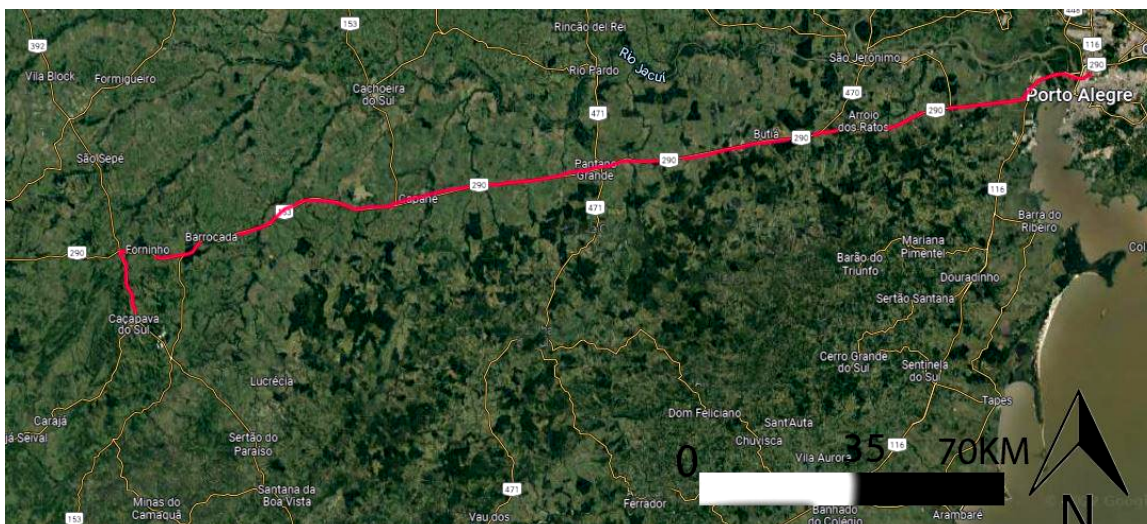
3.1 Áreas de estudo

Neste trabalho foram selecionadas duas áreas de estudo para os afloramentos, que são duas geoformas localizadas na cidade de Caçapava do Sul, RS (Figura 15). A produção de modelos de amostras de mão foram produzidos em laboratório, que não necessita de um local específico para serem elaborados, mas sim, de equipamentos e/ou condições ideais de iluminação para uma boa captação das imagens. Algumas das imagens listadas possuem um QR Code, onde os modelos gerados neste trabalho podem ser visualizados de maneira tridimensional. Saindo de Porto Alegre, RS, pela BR-290, por cerca de 240 km, sentido oeste, encontra-se uma intercessão com a BR-392, que por mais 20 km sentido sudeste se localiza a cidade de Caçapava do Sul (Figura 16). Na cidade de Caçapava e nas proximidades da mesma que as amostras de mão foram coletadas, em vários domínios geológicos distintos. As áreas externas deste trabalho foram produzidas no Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo e na Toca das Carretas.

Figura 15: Mapa de localização da cidade de Caçapava do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.



Fonte: Extraído de CPRM (2006) modificado pelo autor.

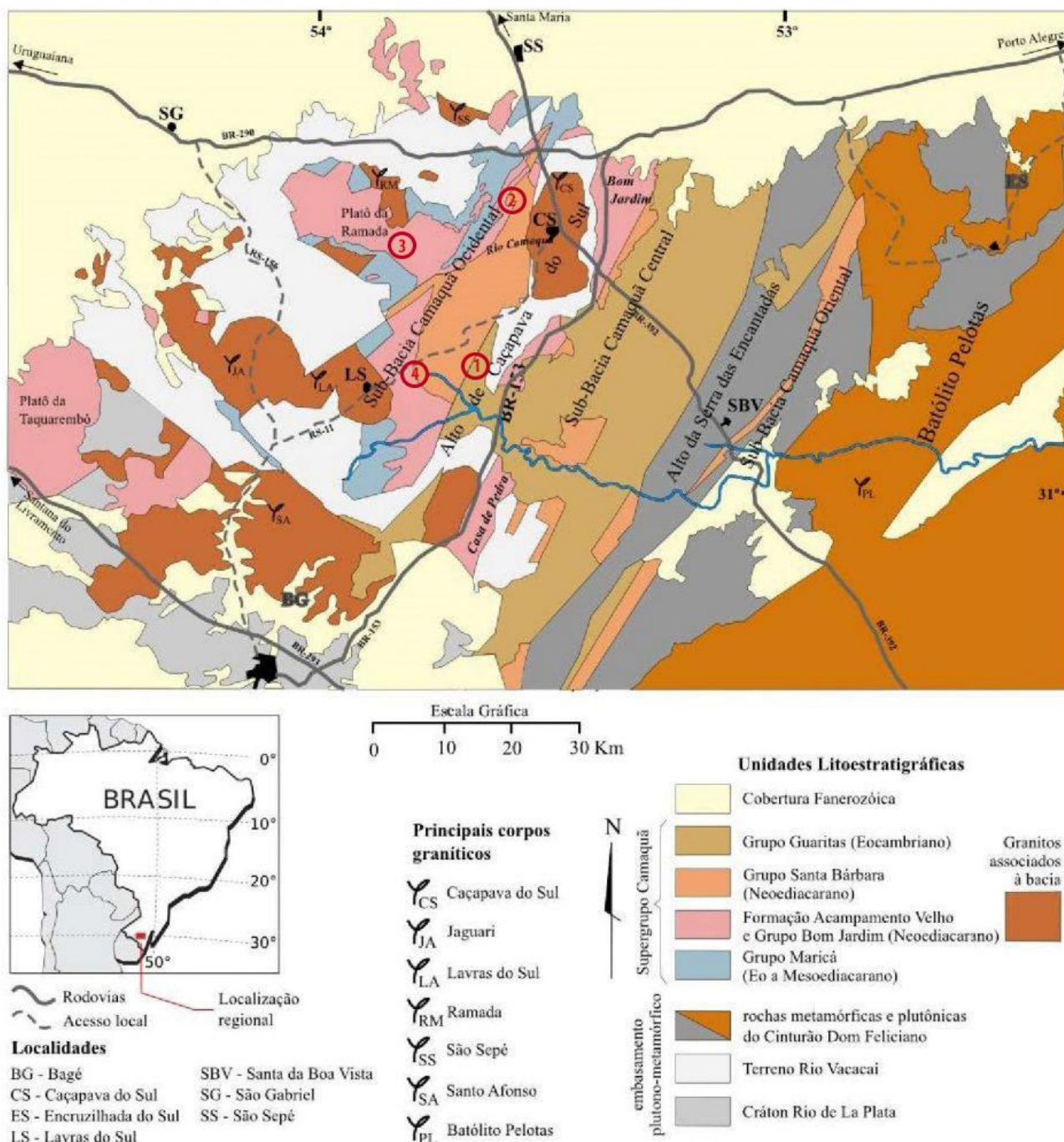


Fonte: Modificado do Google Maps pelo Autor.

3.2 Amostra de mão

As amostras de mão foram coletadas em varias regiões do território de Caçapava do Sul e proximidades, em terrenos pertencentes ao supergrupo Camaquã (Figura 17), como o Basalto do vulcanismo Rodeio Velho (Figura 18), Riolito do vulcanismo Acampamento Velho (Figura 19), Lamprófito do vulcanismo Hilário (Figura 20) e o Ignimbrito do vulcanismo Acampamento Velho (Figura 21). Em Caçapava do Sul, as rochas do supergrupo Camaquã são expostas em uma série de afloramentos, incluindo as Minas do Camaquã, que foram exploradas por cobre por mais de 100 anos. Essas rochas também são importantes para a compreensão da história geológica da região, fornecendo evidências da evolução da Terra ao longo de bilhões de anos. Caçapava do Sul é conhecida como a capital gaúcha da geodiversidade (Almeida, 2005). Um dos fatores importantes para a aprovação do selo de Geoparque Mundial UNESCO, foi sua grande diversidade geológica e paisagens únicas na região, além de quesitos de sua cultura e diversidade biológica que ajudaram a cidade no ano de 2022 a receber a visita, avaliação e o parecer técnico da UNESCO, se tornando um dos 5 Geoparques no Brasil (UNESCO, 2023), sendo oficializada a entrega de seu título em 2023.

Figura 17: Mapa geológico regional do Supergrupo Camaquã. Nos círculos vermelhos com as numerações representam onde as amostras foram coletadas sendo: N°1 Basalto, N° 2 riolito, N°3 ignibrito e N° lampróiro.



Fonte: Extraído de Marconato (2010).

Figura 18: Amostra de Basalto com cristais de plagioclásio, matriz vítrea e amígdalas preenchidas por zeolitas. Vulcanismo efusivo máfico do Membro Rodeio Velho - Supergrupo Camaquã.



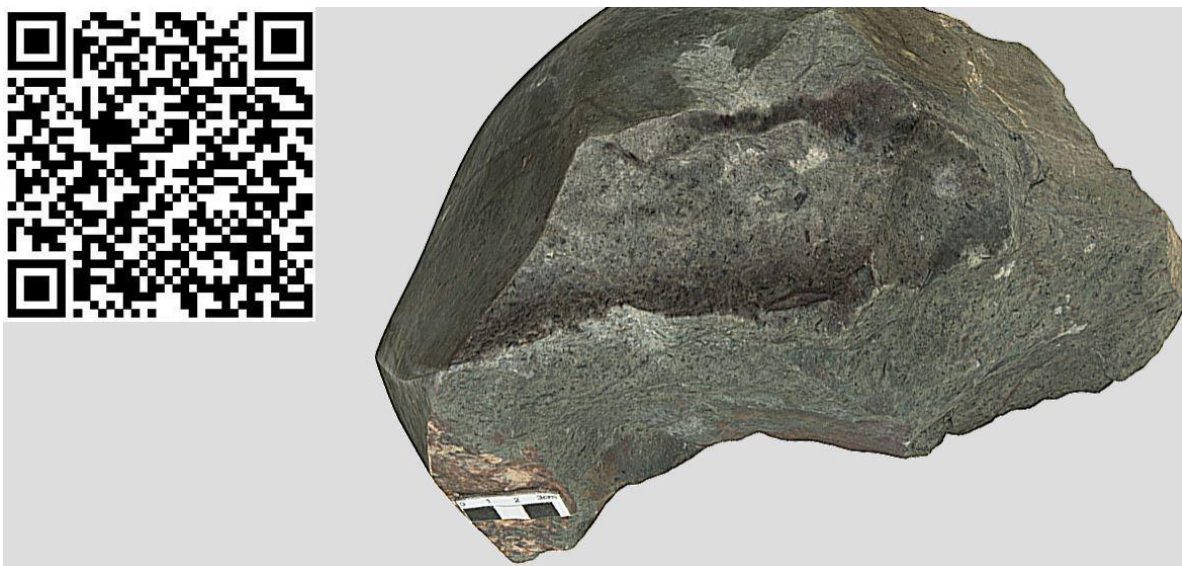
Fonte: Autor e Projeto BRGeo, hospedado na plataforma Sketchfab.

Figura 19: Amostra de Riolito com cristais de quartzo e feldspato potássico e matriz vítrea. A amostra conta com foliação e dobras de fluxo. Vulcanismo efusivo félsico da Formação Acampamento Velho - Supergrupo Camaquã.



Fonte: Autor e Projeto BRGeo, hospedado na plataforma Sketchfab.

Figura 20: Amostra de Lamprófiro com cristais de anfibólio e matriz vítrea. Rocha subvulcânica intermediária da Formação Hilário - Supergrupo Camaquã.



Fonte: Autor e Projeto BRGeo, hospedado na plataforma Sketchfab.

Figura 21: Amostra de Ignimbrito com cristaloclastos de quartzo e feldspato potássico, púmices de composição ácida, litoclastos de rochas subvulcânicas e matriz vítrea. Vulcanismo explosivo félsico da Formação Acampamento Velho - Supergrupo Camaquã.



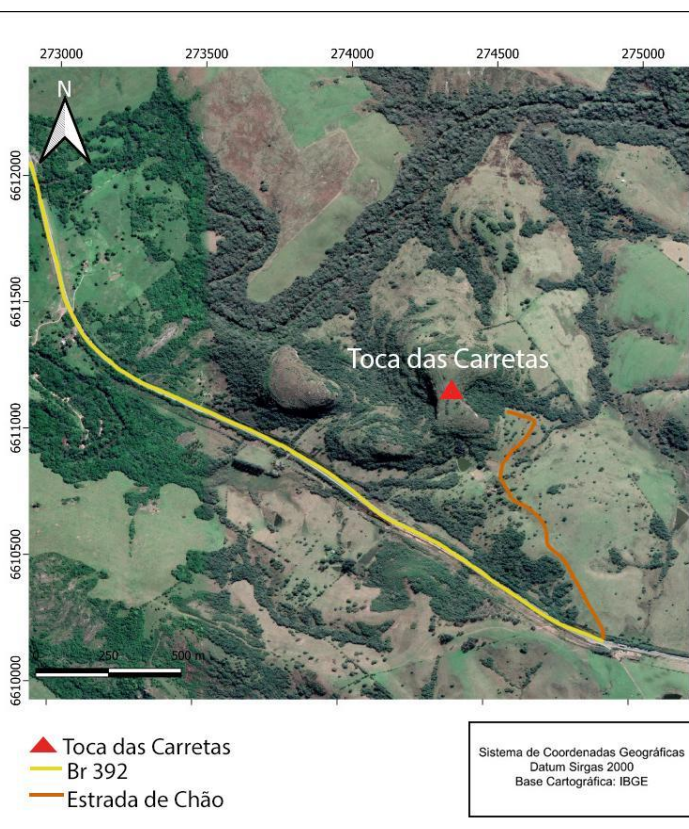
Fonte: Autor e Projeto BRGeo, hospedado na plataforma Sketchfab.

Figura 22: Localização do Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo.



Fonte: Extraído e modificado pelo autor de IBGE (2017).

Figura 23: Mapa de localização da Toca das Carretas.

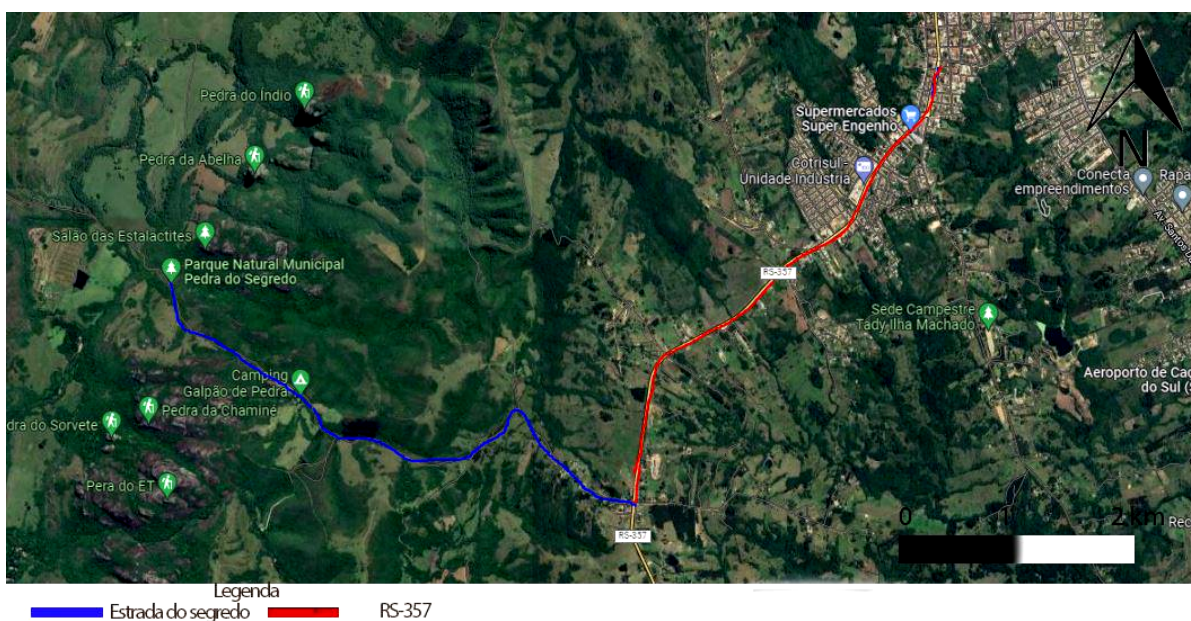


Fonte: Extraído e modificado pelo autor de IBGE (2017).

3.3 Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo

O Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo está localizado a cerca de 8 km do centro da cidade de Caçapava do Sul. Saindo da cidade de Caçapava do Sul pela BR-357, sentido sul, distante 4,5 km do centro da cidade, haverá uma entrada à direita (oeste) em uma estrada vicinal de chão batido, chamada Estrada Pedra do Segredo (Figura 24). Seguindo 3,5 km por esta estrada, à direita encontra-se o Parque Municipal da Pedra do Segredo, onde na entrada do parque já pode se observar uma estrutura de rocha sedimentar conhecida como Pedra do Segredo (Figura 25). Seguindo a trilha que sai da sede principal do parque e andando em média 620 metros no sentido noroeste, se chegará a uma gruta conhecida como Salão das Estalactites (Figura 26).

Figura 24: Percurso de Caçapava do Sul até o Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo.



Fonte. Modificado do Google Maps 2022.

Figura 25: Parque Natural Municipal da Pedra do Segredo. A geoforma corresponde à chamada Pedra do Segredo.



Fonte: Autor.

Figura 26: Imagem equirretangular do Salão das Estalactites, hospedado no site Momento 360. No Qrcode pode-se visualizar o modelo em 360°.



Fonte: Autor.

3.4 Toca das Carretas

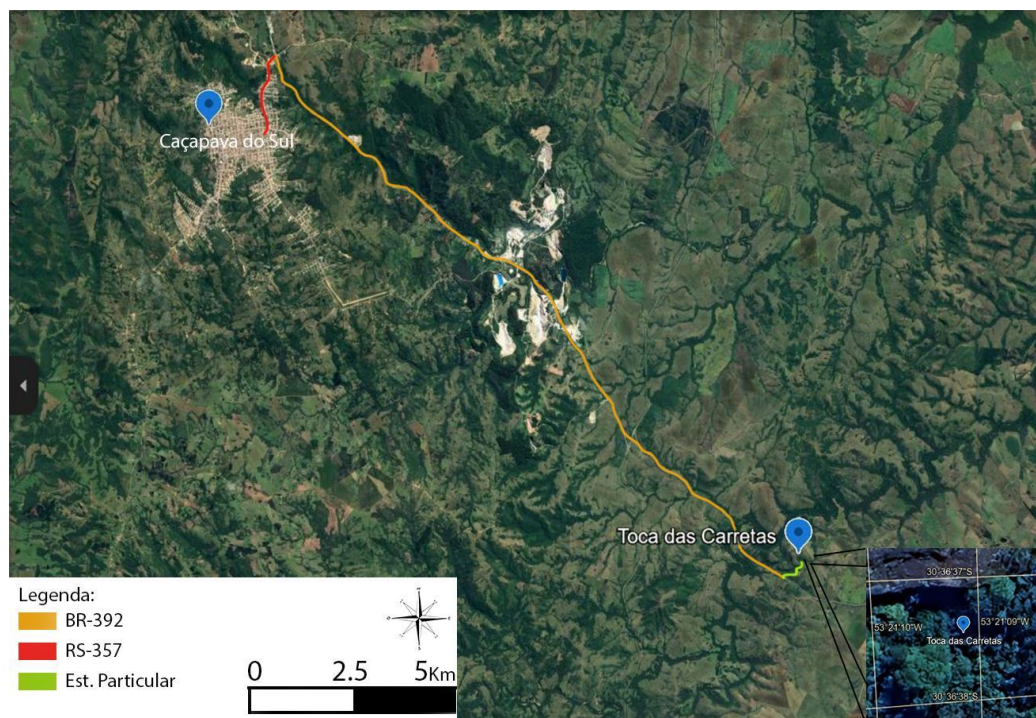
A área de estudo na Toca das Carretas (Figura 27) encontra-se no município de Caçapava do Sul-RS (Figura 28), a cerca de 20 km de distância do perímetro urbano municipal. A principal via de acesso para o afloramento se dá pela rodovia federal BR-392, seguindo em direção sudeste. Após o entroncamento com a BR-153, segue-se por mais 5 km na BR-392 até alcançar a porteira de entrada para a área onde o afloramento está exposto, localizada na margem esquerda (nordeste) da rodovia. Placas na rodovia auxiliam a localização, onde inicialmente é possível acessar de carro com estrada de chão delimitada até propriedades circundantes ao morro. Posteriormente, o acesso se dá através de trilhas em mata fechada.

Figura 27: Imagem equirretangular da gruta na Toca das Carretas, hospedado no site Momento 360. No Qrcode pode-se visualizar o modelo em 360°.



Fonte. Autor.

Figura 28: Percurso de Caçapava do Sul até a Toca das carretas.



Fonte. Modificado do Google Maps pelo Autor.

3.5 MVA E IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO

3.5.1 Panorâmicas esféricas

Para a obtenção das imagens 360° em solo foram utilizados equipamentos de fotografia e seus acessórios complementares. Câmera Nikon D7100, lente Sigma 17-70mm, lente Nikkor 18-105mm, tripé para câmera DSLR, Nodal Ninja 5 (um suporte que remove o efeito da paralaxe por rotacionar a câmera no ponto nodal), e celulares com aplicativo do Google Street View.

3.5.2 Processamento

Para o processamento foram utilizados programas como Adobe Light Room, Adobe Photoshop, Agisoft Metashpe, Ptgui, Google Earth e Google Street View.

3.5.2.1 Métodos

Para a criação de um modelo 3D, o autor das fotos deve retratar seu objeto na totalidade, em diversos ângulos, com uma câmera fotográfica. Com a ajuda de ferramentas computacionais, a sequência de imagens capturadas deve ser sobreposta, dando início à fase de alinhamento das imagens, onde a sequência de processamento criará uma nuvem de pontos. O passo seguinte é criar uma nuvem densa de pontos, para então se criar uma malha, onde esses pontos serão interligados. Após a criação da malha, deve-se colocar a textura e, por fim, tem-se a criação do modelo.

AMOSTRAS DE MÃO

Para a obtenção das imagens de amostras de mão foram utilizados equipamentos de fotografia e seus acessórios como: Câmera Nikon D7100, lente Sigma 17-70mm, lente Nikkor 18-105mm, mini estúdio Softbox, iluminação LED de luz branca, tripé para câmera DSLR e plataforma giratória manual.

PANORÂMICAS ESFÉRICAS

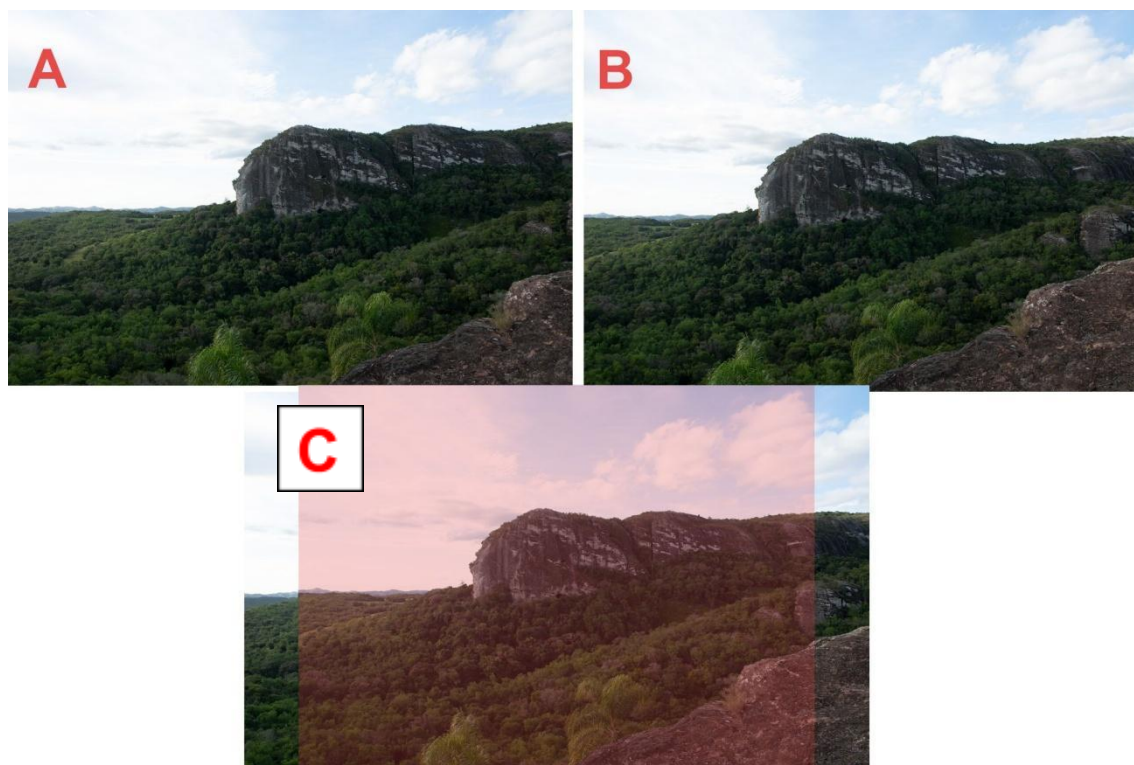
Para uma boa captação desse tipo de fotografia, recomenda-se utilizar sempre o zoom e foco fixo em um determinado elemento a média distância. A câmera deverá ser posicionada no ponto mais ao meio do entorno (Figura 29), onde suas imagens serão captadas. As funções da câmera como HDR (High Dynamic Range) podem ser utilizadas caso seu equipamento possua essa função, para assim se obter uma melhor iluminação e qualidade nas fotografias. Utiliza-se um suporte para corrigir os erros que possam ser produzidos pela paralaxe, tanto para as câmeras DSLR quanto para celulares.



Figura 29: Posicionamento da câmera, com as configurações de foco manual já reguladas. Fonte: Autor.

Com a câmera posicionada no tripé, e com o aparelho nodal (vide mais em glossário) já calibrado para a sua determinada lente, deve-se fazer as fotografias girando a câmera no ângulo determinado para o zoom que sua lente possa estar calibrada. Independentemente do tamanho do zoom que o fotógrafo der, a imagem deverá ter a captação recomendada de 60% de cobertura da imagem anterior (Figura 30). Depois de feito o giro completo em 360° lateralmente, na posição de 0° latitudinal (Figura 31), deve-se inclinar o nodal longitudinalmente, seja na linha positiva ou negativa (Figura 32).

Figura 30: Cobrimento da imagem em no mínimo 60% da imagem no registro do objeto. (A) primeira fotografia a ser registrada. (B) segunda fotografia após registrar a "A". (C) Junção das fotografias "A" e "B" recobrendo uma área de mais de 60% entre ambas.



Fonte: Autor.

Figura 31: (A) Primeira fotografia na posição no aparelho Nodal em 0° . (B) Segunda fotografia após girar o aparelho Nodal a 20° . Captando mais de 60% da imagem gerada anteriormente na posição do aparelho Nodal em 0° .



Fonte: Autor.

Figura 32: Posição de giro latitudinal de 30° recobrando a porcentagem de 60% das imagens anteriores captadas latitudinalmente.



Fonte: Autor.

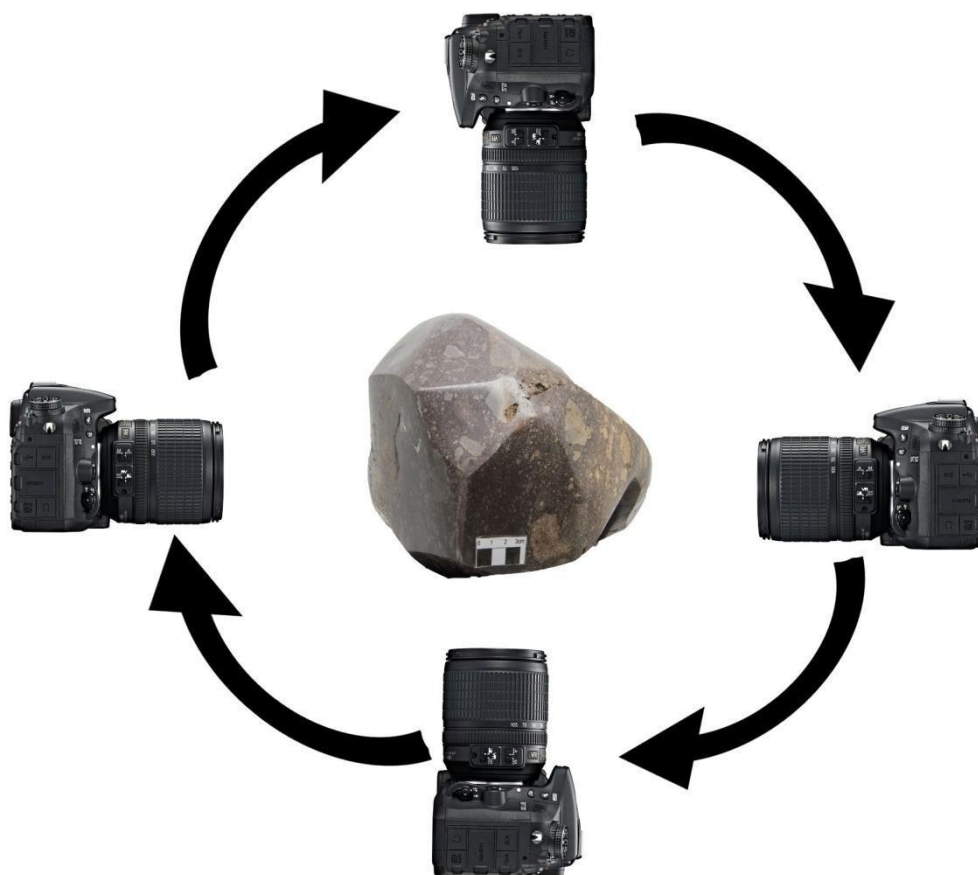
IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO E MVA

O mais comum para a obtenção desse tipo de imagem é a utilização de drones, com um plano de voo bem definido para diminuir as margens de erros, mas pode ser utilizado uma câmera terrestre. Em terra, com os padrões da câmera bem definidos para o tipo de ambiente a ser registrado (ISO, balanço de branco, velocidade e abertura), aconselha-se fazer uma marcação em linha reta, para servir de guia e fazer um caminhamento lateral de um afloramento que o fotógrafo deseja registrar. A câmera deve fazer esse caminhamento lateralmente registrando todo o afloramento. Quanto mais imagens de ângulos diferentes (topo, meio e chão), respeitando o limite da sua linha guia de marcação, mais detalhado e com maior resolução será o modelo.

AMOSTRAS DE MÃO

Existem duas maneiras de se registrar o objeto em questão: uma é o fotógrafo se posicionar e ir girando em torno do objeto (Figura 33). Outra é colocar o objeto em uma plataforma giratória com a câmera fixa no tripé e fazer o giro da plataforma em ângulos baixos para, assim, poder captar todo entorno do objeto (Figura 34). O objetivo é fazer toda a captação de forma nítida e consistente.

Figura 33: Posição de giro da amostra em curtos ângulos. A amostra deve ficar fixa e o fotógrafo se movimenta em 360° em torno da amostra.



Fonte: Autor.

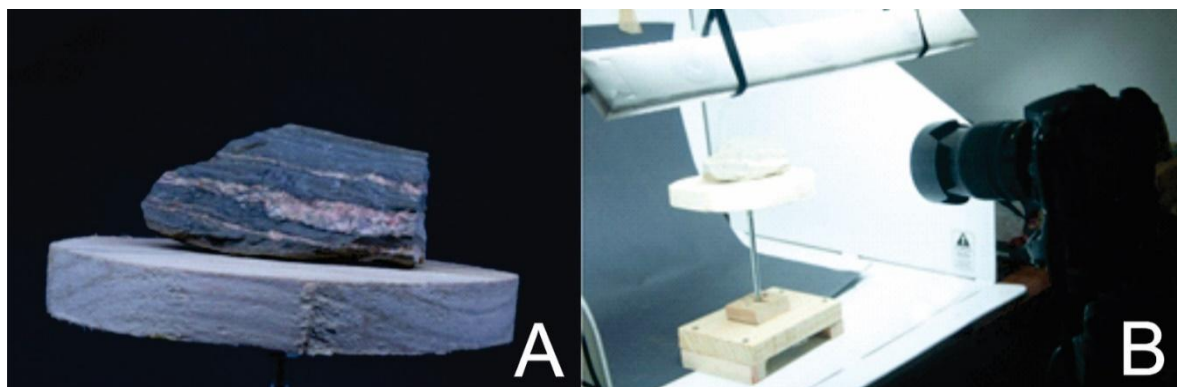
Figura 34: Posição do giro da amostra. A câmera fica fixa e a plataforma se movimenta para completar um giro 360°.



Fonte: Autor.

Com a amostra na plataforma giratória, a câmera posicionada no tripé e as luzes acesas, começa a fase de captação. Os parâmetros recomendados são: ISO entre 100 e 500, velocidade mínima em 30 (podendo se utilizar uma velocidade de disparo menor, caso se utilize a função de disparo automático ou um disparador remoto), o WB (balanço de brancos) dependerá do tipo de luz que se utilizará e o F no mínimo em 8, para se obter uma melhor profundidade de campo na captação. Buscando uma melhor qualidade e clareza nos detalhes da amostra, a câmera ficará sempre fixa em um tripé, onde se faz uma visão plana de toda a amostra (Figura 35), girando a plataforma que sustenta a amostra em 360°, com giros curtos de 7° a 13° (Figura 36). Depois de fotografar a amostra desses ângulos, deve-se trocá-la de posição para que seja possível observar as outras áreas (superior e inferior). Posicionando-a novamente, inicia-se mais um giro de 360° para captar essas partes da amostra de mão. Completando-se a fase de captação das imagens, inicia-se a fase de tratamento e processamento.

Figura 35: (A) amostra em uma plataforma giratória, (B) câmera fixada no tripé com a visão da amostra.



Fonte. Autor.

Figura 36: Rotacionamento da amostra, onde se deve respeitar um giro curto de no máximo 13° .



Fonte. Autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A criação dos modelos apresentados passou por várias fases até se obter um resultado satisfatório para cada tipo de modelagem. A calibração dos parâmetros da câmera é o elemento essencial para uma construção de modelo 3D bem feita. Como na fotografia digital se trabalha com pixel, onde nesse pequeno fragmento da foto contem inúmeras informações sobre o elemento registrado, qualquer variação como cor, foco, ruído, dentre inúmeros outros fatores, prejudicaria sua construção.

O ISO elevado proporcionará uma foto ruidosa com pixels espalhados. Na hora do processamento da imagem por qualquer software de construção 3D que trabalha fazendo varredura pixel a pixel, na fase de construção da nuvem de pontos, o software pode não localizar esse pixel, e assim a criação desta nuvem ficará prejudicada e prejudicará na próxima fase, a costura da malha. Com a costura já prejudicada, a criação de uma textura no modelo fica comprometida, resultando em um modelo de baixa qualidade ou até mesmo não se criando um modelo.

Na fotografia 360° quando não se usa um aparelho Nodal. As costuras das imagens podem ficar fora de esquadro, proporcionando uma imagem disforme do elemento ou paisagem que o fotografo registrará. Em todos os tipos de fotografia, para criação dos modelos 3D, se o balanço de branco (WB) estiver na função automático, à câmera pode fazer uma compensação na luz ambiente, alterando as cores da imagem. Se construirmos um modelo pra o ensino na geologia as cores irão ficar muito diferentes das cores originais da amostra, o modelo 3D não seria um bom modelo pra análise, uma vez que a cor é uma propriedade diagnóstica em vários aspectos no campo das geociências.

A forma dos minerais (prismático, tabular, acicular, dentre outros) que compõem uma rocha, pode ser prejudicada se utilizar lentes muito abertas, como exemplo as lentes conhecidas como “olho de peixe”, que fazem naturalmente uma distorção lateral para dar um efeito de maior amplitude do campo de visão. Os objetos de alvos, sejam amostras de mão ou afloramentos, ficarão distorcidos, não condizendo com as suas formas originais.

4.2 Divulgação do patrimônio geológico do Geoparque Caçapava

O Geoparque Caçapava é uma área de grande importância geológica, com uma variedade de rochas, minerais e fósseis. Os modelos 3D e fotografias 360° podem ser usados para divulgar o patrimônio geológico do Geoparque de várias maneiras. Na educação, os modelos 3D e fotografias 360° podem ser usados para educar o público sobre o patrimônio geológico do Geoparque, mostrando as rochas, fósseis e afloramentos aos estudantes e interessados no assunto, como o próprio projeto BrGeo proporciona de maneira gratuita para todo mundo.

No turismo, por exemplo, o modelo 360° apresentado na figura 26 já foi utilizado no site do Parque Municipal da Pedra do Segredo, o que proporcionou ao visitante do site uma experiência imersiva no ambiente, tendo um primeiro contato com as belezas naturais que ele pode encontrar na visita presencial ao parque.

Na pesquisa e extensão, os modelos 3D e fotografias 360° podem ser usados para apoiar o patrimônio geológico do Geoparque. Por exemplo, um modelo 3D de uma estrutura geológica pode ser usado para ajudar os pesquisadores a entender melhor a formação da estrutura. Como exemplo, estão as geoformas das estruturas sedimentares da Pedra da Abelha (Figura 37). Nesse geomonumento afloram rochas da Formação Serra do Segredo, Grupo Santa Bárbara, Supergrupo Camaquã. Ocorrem conglomerados e arenitos conglomeráticos, depositados em sistema deposicional aluvial. A idade deposicional é estimada entre 575 Ma a 550 Ma. A Pedra Pintada (Figura 38) é outro exemplo, que apresenta estruturas bem didáticas de dois tipos de ambientes sedimentares distintos, que também fazem parte do projeto BrGeo, e podem ser estudadas remotamente através dos modelos 3D hospedados no seu site.

Figura 37: Modelo virtual de afloramento da Pedra da Abelha, Caçapava do Sul, RS.



Fonte: Projeto BrGeo, hospedado na plataforma Sketchfab. Modificado pelo Autor.

Figura 38: Modelo virtual de afloramento da Pedra Pintada, Santana da Boa Vista, RS.



Fonte: Projeto BrGeo, hospedado na plataforma Sketchfab. Modificado.

4.3 Outras aplicações de modelos 3D na geologia

Nas Geociências a utilização de modelos 3D vem sendo cada vez mais utilizados em diversas áreas, como geologia estrutural, paleontologia, estratigrafia, dentre inúmeras outras, com diversas finalidades. Exemplo disso foi à construção do

modelo na avaliação de risco na região de Capitólio no estado de Minas Gerais (Figura 39), onde o modelo construído pelo coordenador do projeto BrGeo Felipe Guadagnin, buscava identificar zonas frágeis e blocos que poderiam estar em risco de queda (UNIPAMPA, 2022). Outro trabalho desenvolvido foi o de BOTELHO (2019), que com ajuda de um modelo tridimensional de uma antiga cava na localidade de Minas do Camaquã, (Caçapava do Sul), fizeram-se análises geotécnicas de ruptura de taludes, conseguindo localizar blocos com risco de queda.

Figura 39: Modelo 3D do Canion de Furnas. Criado por Guadagnin para BrGeo. Hospedado no Skethfab.



Fonte: BrGeo.

4.4 Fontes de Erro

Ao longo desses anos trabalhando com fotografia e posteriormente fotografia 3D, observaram-se vários erros que podem ser evitados, para assim ter o melhor aproveitamento nas fotos e posteriormente uma melhor montagem dos modelos tridimensionais.

4.4.1 Erros de enquadramento

Um dos erros mais comuns na fotografia 3D é o erro de enquadramento. Para criar uma imagem 3D precisa de sobreposição entre as imagens. Essa sobreposição é necessária para que o software de processamento de imagens possa determinar a profundidade dos objetos na imagem. O não enquadramento da cobertura de 60% da imagem anterior pode ocasionar erros de costura, o que inviabilizaria o modelo e o software de processamento de imagens não poderá criar uma imagem 3D precisa.

4.4.2 Erros de iluminação e BW

A iluminação também é importante para a fotografia 3D. As imagens devem ser capturadas com iluminação uniforme para que o software de processamento de imagens possa criar uma imagem 3D sem distorções. Um balanço de branco em automático pode não reproduzir a cor real da amostra, ocasionando uma cor artificial. Além disso, se as imagens forem capturadas com iluminação desigual, o software de processamento de imagens pode criar uma imagem 3D com sombras ou reflexos indesejados.

4.4.3 Erros de movimento

O movimento também pode ser um problema na fotografia 3D. Se o objeto ou cena estiver se movendo durante a captura das imagens, o software de processamento de imagens pode ter dificuldade em criar uma imagem 3D precisa. Para evitar esse problema, é importante usar um tripé para estabilizar a câmera e evitar movimentos da câmera durante a captura das imagens.

4.4.4 Erros de software

O software de processamento de imagens também pode ser um problema na fotografia 3D. Alguns softwares podem não ser capazes de lidar com imagens de baixa qualidade ou imagens com problemas de iluminação ou movimento. É importante escolher um software de processamento de imagens que seja adequado para o tipo de imagens que se está capturando.

4.4.5 Amostras muito pequena

Em amostras de mão de escala abaixo de 1,0 cm, na hora do posicionamento da amostra na plataforma giratória, se a amostra não for posicionada corretamente no centro da plataforma, quando se iniciar a fase de rotação da amostra, a amostra pode se deslocar lateralmente, ocasionando a perda da profundidade de campo e foco. Para correção desse tipo de problema, aconselha-se fazer uma marcação bem no centro da plataforma e posicionar corretamente a amostra nesse centro.

4.4.6 Outros erros

Usar câmeras inadequadas

Para obter os melhores resultados na fotografia 3D, é importante usar uma câmera com um sensor de grande formato ou com uma excelente qualidade, como telefones celulares mais modernos.

Foco automático

O modo de foco manual é essencial para garantir que todas as imagens sejam focadas corretamente, quando se tem um objeto pardo, como exemplo na captação inicial de uma amostra de mão, é importante se dar o primeiro foco com os parâmetros de configurações pré-estabelecidos e depois desligar o foco automático, dando continuidade nas fotografias com o foco em manual sem mexer nele. O problema do uso do foco automático na fotografia é que a câmera pode tentar fazer um ajuste no meio da sessão de fotos e isso pode ocasionar um desfoque na amostra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas fotográficas 3D estão revolucionando o mundo atual, tomando um grande salto nos últimos anos, com novas tecnologias sendo desenvolvidas a cada dia, proporcionando que as pessoas visualizem objetos e cenas de uma forma que seria impossível com imagens 2D. Essa ferramenta pode ser usada para criar experiências de aprendizagem mais imersivas e envolventes. Por exemplo, podem ser usados para criar tours virtuais de museus, sítios arqueológicos ou até mesmo

de planetas distantes. Essas experiências permitem que os usuários explorem os objetos e cenas de forma interativa, como se estivessem realmente lá.

As fotografias 3D também podem ser utilizadas para documentar objetos geológicos de forma precisa e detalhada. Isso é importante para a pesquisa científica, pois permite que os cientistas estudem os objetos em detalhes sem a necessidade de ir até o local. Elas também podem ser usadas para criar modelos 3D de objetos geológicos, que podem ser usados para fins educativos ou recreativos.

As tecnologias 3D podem ser adquiridas para educar o público sobre a importância e a beleza do mundo natural. Por exemplo, podem ser usadas para criar vídeos ou documentários sobre a natureza. Essas produções podem ajudar as pessoas a entender melhor o mundo ao seu redor e a apreciar sua beleza.

As ferramentas fotográficas 3D são uma tecnologia promissora com o potencial de transformar a forma como vemos e interagimos com o mundo ao nosso redor. À medida que a tecnologia continue a se desenvolver, podemos esperar ver ainda mais usos inovadores para as ferramentas fotográficas 3D.

6 REFERÊNCIAS

Agisoft Metashape User Manual – 2021. Professional Edition, Version 1.7”, [s.d.].

ALMEIDA, R. **Tectônica e sedimentação do Ediacarano ao Ordoviciano: exemplos do Supergrupo Camaquã (RS) e do Grupo Caacupé (Paraguai Oriental)**. jul 2005. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-29072013-132609/publico/Almeida_doutorado.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

Biblioteca de Geologia do Brasil. BRGeo 2021 Disponível em: <<https://www.brgeo.org/conteudo/projeto.xhtml>>. Acesso em: 9 dez. 2023.

BOTELHO, Jéssica de Oliveira, **Retroanálise de ruptura global de taludes ocorrida na Mina Uruguai – Minas do Camaquã/RS**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2019.

CAÇAPAVA UNESCO GLOBAL GEOPARK. International Geoscience and Geoparks Programme, 24 May 2023, Disponível em: <<https://www.unesco.org/en/igpp/geoparks/cacapava>>. Acesso em: 9 dez. 2023.

Canon : Canon Technology | Canon Science Lab | CMOS Sensors. 19 dez 2022 Disponível em: <https://global.canon/en/technology/s_lab/light/003/05.html>. Acesso em: 9 dez. 2023.

CEOLIN, Ana Carolina. **FORMAÇÃO GUARDA VELHA, CAÇAPAVA DO SUL, RS: MODELO DE AFLORAMENTO ANÁLOGO EM SISTEMAS ALUVIAIS**. Orientador: Prof. Dr. Felipe Guadagnin. 2018. 58 f. TCC (Bacharel em Geologia) - Unipampa, Caçapava do Sul/ RS, 2018.

CLAUDIOMARINHO. **Por que ensinar e aprender sobre Geociências? EnsinoGeo**, 19 out. 2016. Disponível em: <<https://www.blogs.unicamp.br/ensinogeo/2016/10/19/por-que-ensinar-e-aprender-sobre-geociencias/>>. Acesso em: 15 ago. 2022.

DE OLIVEIRA, T. A **ASCENSÃO DA FOTOGRAFIA DIGITAL**. 2010 [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/1707/1/20102S_OLIVEIRATatianede_TCCPD1072.pdf> Acesso em: 15 ago. 2022..

Digital Photography Review. 2019. Disponível em: <https://www.dpreview.com/> . Acesso em: 15 Dez. 2023.

FREUND, Gisèle. **Fotografia e Sociedade**. Tradução Pedro Miguel Frade. Lisboa, Portugal: Vega, 2010. 214 p. (Comunicação & linguagens ; 3).

Geociências e Geoparques Mundiais da UNESCO no Brasil. Disponível em: <<https://www.unesco.org/pt/fieldoffice/brasil/expertise/natural-sciences-earth-sciences-global-geoparks#:~:text=Geodiversidade%20e%20os%20Geoparques%20Mundiais%20da%20UNESCO%20no%20Brasil&text=Atualmente%2C%20o%20Brasil%20possui%20cinco>>. Acesso em: 3 dez. 2023.

Google Maps. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-30.5392632>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

GREGORY LEWIS MCNAMEE. **John Wesley Powell | American explorer, geologist, and ethnologist**, 20 mar. 2019. (Nota técnica).

G1, D.; PAULO, EM S. **Museu mais antigo do mundo sobre fotografia pode ser visitado pela web.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/mundo/noticia/2013/04/museu-mais-antigo-do-mundo-sobre-fotografia-pode-ser-visitado-pela-web.html>>. Acesso em: 12 dez. 2023.

GUADAGNIN, F., MATTÉ, V., KUMAIRA, S., GREGORY, T. R., **Passeios virtuais como estratégia de divulgação e valorização do patrimônio natural do território do Geoparque Caçapava Aspirante UNESCO.**

HOWELL. J. **The virtual geoscience revolution** - John Howell. Earth Sciences, University of Liverpool 2021 Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=5UDkhEtJEWc>>. Acesso em: 9 dez. 2023.

IBGE (Caçapava do Sul). IBGE. **Cidades e Estados.** Brasil: Gov, 2017. Mapa Político. Escala 1:25.000. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/cacapava-do-sul/historico>. Acesso em: 14 ago. 2022.

IMAGENS CRUZADAS: designer cinematografico e Edição de Fotolivros. *In*: NERY, Crystiane. **Imagens Cruzadas**: designer cinematografico e Edição de Fotolivros. 1. ed. Belo Horizonte: Crystiane Nery, 2020. Disponível em:

<https://1library.org/document/qm6kkmwy-programa-de-p%C3%B3s-gradua%C3%A7%C3%A3o-em-design-ppgd-uemg.html>. Acesso em: 1 jul. 2022.

JONES, P. **William Henry Fox Talbot**. Nov 2015. Disponível em: <<https://medium.com/@patricia.jones/william-henry-fox-talbot-60de6b1d66c8>>. Acesso em: 10 dez. 2023.

FELIPE KALIL, JORNADA DA FOTO. **Curso básico de fotografia completo**. 22 Mar 2022. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=z3ZQ1jvZ6U0>>. Acesso em: 21 dez. 2023.

Kodak Photography. Disponível em: Kodac Company <<https://www.kodak.com/en/company/page/photography-history>>. Acesso em: 15 ago. 2022.

Louis Jacques Mandé Daguerre | Brasiliana Fotográfica. Disponível em: <<https://brasilianafotografica.bn.gov.br/?tag=louis-jacques-mande-daguerre>>. Acesso em: 22 ago. 2023.

MARTINOTTO, Jessica. **RETRATO DE FAMÍLIA**: um estudo sobre a fotografia como arte. **Historia**, Caxias do SUI RS, ano 2018, v. 1, n. 1, p. 1-70, 16 ago. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/4205/TCC%20Jessica%20Martinotto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 ago. 2022.

NASA. **Webb's Launch GSFC/NASA**. Disponível em: <<https://webb.nasa.gov/>>.

OBSERVADOR. **Fotografia 3D. O segredo mais bem guardado da cultura visual está de volta a Lisboa**. Disponível em: <https://observador.pt/2015/05/12/fotografia-3d-segredo-bem-guardado-da-cultura-visual-esta-volta-lisboa/?cache_bust=1702166516448>. Acesso em: 10 dez. 2023.

PAES DE ALMEIDA, R.; DE MESTRADO, D. **A influência da evolução de altos estruturais em sucessões aluviais: exemplos do Ediacarano e do Cambriano da Bacia Camaquã (RS) André Marconato.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-31052010-155303/publico/AM.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2023.

PAGANOTTI, C. **Evolução e revolução do suporte fotográfico.** Mestrado em Meios e Processos Audiovisuais—São Paulo: Universidade de São Paulo, 7 mar. 2017.

RPT. **A história da Polaroid: como revolucionou a fotografia.** 22 DE SETEMBRO 2021 Disponível em: <<https://rptech.radiopopular.pt/como-a-polaroid-revolucionou-a-fotografia-a-historia-das-camaras-instantaneas/>>. Acesso em: 3 dez. 2023.

Sketchfab. © 2023, Sketchfab, Inc. Todos os direitos reservados Disponível em: <<https://sketchfab.com/search?q=brgeo&type=models>>. Acesso em: 3 dez. 2023.

SENGER, K., BETLEM, P., GRUNDVÅG, S. A., HOROTA, R. K., BUCKLEY, S. J., SIKORA, A.S., JOCHMANN, M.M., BIRCHALL, T., JANOCHA, J., OGATA, K., KUCHERO, L., JOHANNESSEN, R.M., LECOMTE, I., COHEN, S.M., OLAUSSEN, S. **Teaching with digital geology in the high Arctic: opportunities and challenges.** Longyearbyen: Geoscience Communication, Discussions, 1ª Ed., 2021.

TEDESCO, Patrick. **O PASSADO E O PRESENTE DA IMAGEM PANORÂMICA E A PROPOSTA DE UM OBJETO ESTÉTICO COM UTILIZAÇÃO DE FOTOGRAFIAS PANORÂMICAS 360° VR:** Orientador: Dr^a. Renata Requião. 2013. 59 f. TCC (Graduação em designer digital) - UFP, Pelotas/ RS, 2013.

THE VIRTUAL geoscience revolution. Direção: University of Liverpool. Produção: Earth Sciences, University of Liverpool. Intérprete: John Howell. Roteiro: John Howell. Fotografia de University of Liverpool. Gravação de University of Liverpool.

Reino Unido: University of Liverpool, 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5UDkhEtJEWc&t=1216s>. Acesso em: 15 ago. 2022.

UNIPAMPA UFSM (Brasil). Brgeo. **Modelos Virtuais 3D texturizados**: modelos virtuais. *In*: Modelos Virtuais 3D texturizados. 1. 1. ed. Brasil: Brgeo, 10 jun. 2020. 1. Disponível em: <https://www.brgeo.org/conteudo/modelos3d.xhtml#:~:text=SfM%E2%80%93MVS%20utiliza%20algoritmos%20para,3D%20de%20pontos%20%5B15%5D%20>. Acesso em: 29 jul. 2022.

UNIPAMPA (Brasi). **Pesquisadores da Unipampa participam de avaliação de risco na região de Capitólio-MG | Unipampa**. 11 de janeiro 2022 Disponível em: <https://unipampa.edu.br/portal/pesquisadores-da-unipampa-participam-de-avaliacao-de-risco-na-regiao-de-capitolio-mg>. Acesso em: 19 jul. 2023.

USGS. **USGS.gov | Science for a changing world**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/>. Acesso em: 22 out. 2023.

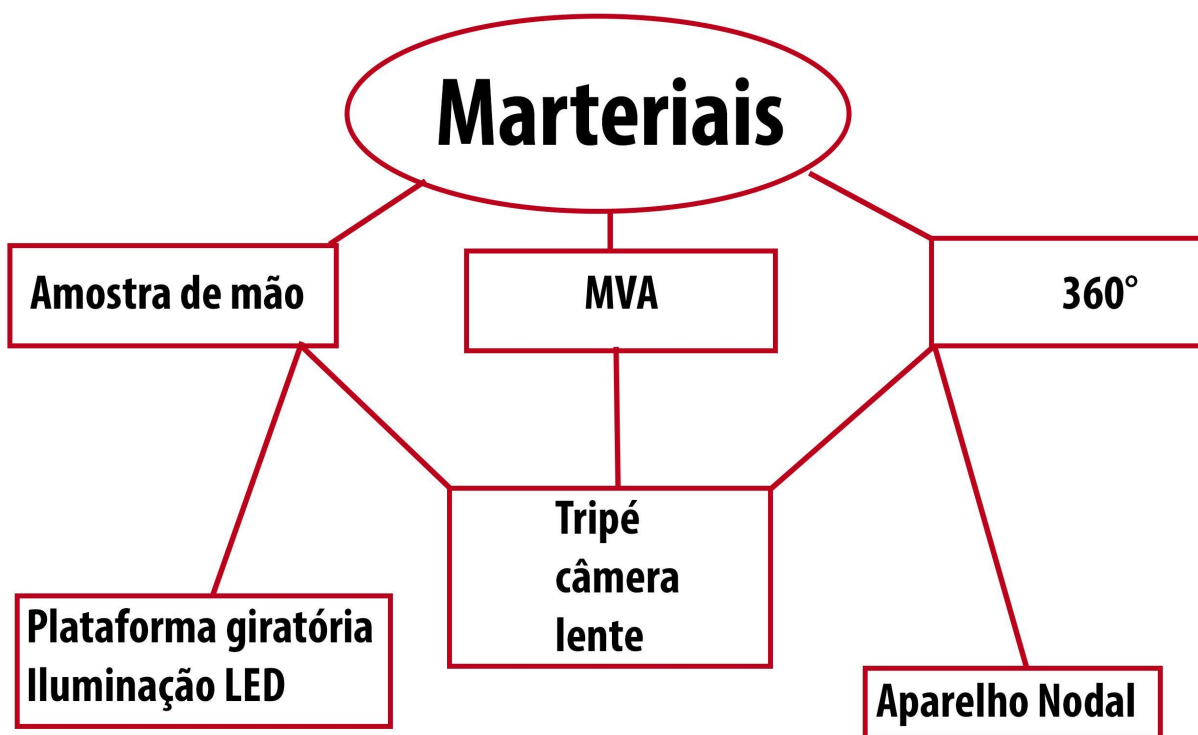
VELHO, L. et al. (EDS.). **Fotografia 3D**. Rio de Janeiro: IMPA, 2005.

APÊNDICES

Parâmetros recomendados para uma boa captação de fotografias para a criação e um modelo 3D:

Matérias mínimos necessários para cada tipo de fotografia 3D (Imagem 40).

Imagem 40: Fluxograma dos materiais necessários pra uma boa captação de imagens em cada tipo de modelagem 3D.



Fonte: Autor.

Amostra de mão:

- Indica-se fazer uma marcação no centro da plataforma giratória, para servir de guia de posicionamento da amostra.
- Deve-se colocar a amostra na marcação central da plataforma giratória.
- Aconselha-se utilizar panos de fundo de cores neutras, brancos para amostras escuras e pretos para amostras mais claras.
- Utiliza-se a luz uniformemente distribuída por toda a frente da amostra, de preferência utilizar-se de uma luz artificial de LED branco.
- A câmera deve estar em todas as configurações programadas no modo manual.
- ISO entre 100 a 500.
- Balanço de branco (WB) para a luz indicada, se utilizar luz LED, regule a temperatura do WB para LED.
- Distância focal da lente entre 70mm a 90mm.
- Distância da ponta da lente da câmera para a amostra 80cm a 120cm.

- Ao se utilizar uma velocidade de disparo do obturador baixa (abaixo de 1/30), recomenda-se o uso um controle remoto para se realizar as fotografias.
- Ao girar a amostra manualmente execute giros de no máximo 13°.
- Pode utilizar-se do primeiro foco da lente no modo automático, mas após isso se deve mudar para o modo manual.
- Não mudar as configurações após o início das capturas, se caso isso ocorra por algum motivo, exclua as fotos e repita todo o processo.
- Ao movimentar a amostra para fotografar o lado que está em contato com a plataforma giratória, o ideal é recolocar novamente a amostra no centro da marcação da plataforma giratória.

Fotografias 360°

- Posicionar o tripé no centro do ambiente a ser fotografado.
- Calibrar o aparelho nodal para o tipo de lente que será utilizada.
- As configurações da câmera sempre em modo manual.
- Ao se utilizar uma velocidade de disparo do obturador baixa (abaixo de 1/30), recomenda-se o uso um controle remoto para se realizar as fotografias.
- Inicia-se a fase de captação com o aparelho nodal nos eixos latitudinais e longitudinais em 0°.
- Gira-se no sentido horário ou anti-horário latitudinalmente após a captura da primeira fotografia.
- Para cada fotografia registrada, o giro deve ser de acordo com a distância focal da lente, sempre respeitando a regra de recobrimento da foto anterior em 60%. Na maioria dos casos em lentes de 18mm, o giro é de 20° latitudinalmente.
- Após completar os giros somando 360°, se posiciona o aparelho nodal em 0° no eixo latitudinal, e no eixo longitudinal se movimenta a 30° no sentido norte ou sul.
- Deve-se repetir todo o processo de cobertura latitudinal, movimentando completando novamente os 360°.

- Deve-se após isso mover mais uma vez o aparelho nodal somando mais 30° no sentido longitudinal. E no sentido latitudinal fazer mais uma rodada de registro começando de 0°, capturando cada foto e rotacionando o aparelho nodal em 30°.
- A ultima fase com o aparelho nodal inclinado a 90° só será necessário 2 fotografias. Uma em 0° e a outra em 90° no eixo latitudinal.
- Se o inicio da captação das imagens iniciou-se o giro no sentido Norte longitudinalmente (subindo ao aparelho nodal), se deve repetir todo o processo no sentido contrario (descendo o aparelho nodal no sentido do chão).

Fotografias para MVA

- Recomenda-se fazer uma marcação no chão sempre respeitando a distância do alvo para a câmera.
- Deve-se posicionar a câmera, no início da marcação.
- As configurações da câmera sempre em modo manual.
- Se o afloramento estiver com sombras o modo HDR é recomendado.
- Ao se utilizar uma velocidade de disparo do obturador baixa (abaixo de 1/30), recomenda-se o uso um controle remoto para se realizar as fotografias.
- O trabalho se inicia fazendo um caminhamento ao longo da marcação.
- O Uso de tripé é recomendado, calibrando a bolha de nível que o tripé possui.
- Se o afloramento for alto, faça três fotos, a 1° no ponto mais alto do alcance do tripé, a 2° no ponto médio, e a terceira no ponto mais baixo do alcance do tripé.
- Caminhe sempre respeitando a distancia da linha de marcação.
- Para cada fotografia registrada, de deve respeitar sempre a regra de recobrimento da foto anterior em 60%.
- Faça todo o caminhamento da linha de marcação repetindo esse processo.

GLOSSÁRIO

Cameras com LiDar:

Uma câmera com LiDAR (Light Detection and Ranging) combina os princípios do LiDAR, que é uma tecnologia de sensoriamento remoto que utiliza pulsos de luz para medir distâncias e criar mapas tridimensionais, com uma câmera convencional. O LiDAR em si é um sistema de detecção remota que usa pulsos de luz laser para medir a distância entre o sensor e um objeto, permitindo criar um mapa preciso da área circundante.

A câmera com LiDAR geralmente consiste em três componentes principais: a câmera, o sensor LiDAR e o processador de dados.

Câmera: A câmera captura imagens visuais convencionais, assim como uma câmera digital normal. Essas imagens podem ser usadas para reconhecimento de objetos, identificação de cores, detecção de padrões, entre outros.

Sensor LiDAR: O sensor LiDAR emite pulsos de luz laser, geralmente na faixa do infravermelho próximo, em direção ao ambiente. Quando esses pulsos de luz encontram um objeto sólido, eles são refletidos de volta ao sensor.

Processador de dados: O processador de dados combina as informações das imagens capturadas pela câmera com os dados obtidos pelo sensor LiDAR. Isso permite criar uma representação tridimensional precisa do ambiente. O processador também analisa as informações coletadas para identificar objetos, medir distâncias, detectar obstáculos e obter outras informações relevantes.

A câmera com LiDAR é frequentemente usada em várias aplicações, como carros autônomos, mapeamento 3D, navegação de drones, realidade aumentada, entre outros. A combinação dos dados visuais da câmera com as informações de distância e localização fornecidas pelo LiDAR permite que os sistemas percebam e interajam com o ambiente de forma mais precisa e segura (NASA, 2023).

Câmera DSLR:

Uma câmera DSLR (Digital Single Lens Reflex) é um tipo de câmera digital que utiliza um espelho para direcionar a luz do visor óptico para o sensor de imagem. Essa tecnologia oferece uma série de recursos avançados e vantagens para fotógrafos que desejam ter controle manual sobre suas fotografias.

A principal característica de uma câmera DSLR é o sistema de reflexo de luz. Quando você olha pelo visor óptico de uma DSLR, está vendo a imagem exatamente como ela será capturada pelo sensor de imagem. Isso ocorre porque um espelho reflete a luz proveniente da lente para um prisma e, em seguida, para o visor óptico. Quando você pressiona o botão do obturador para tirar a foto, o espelho é levantado, permitindo que a luz influencie diretamente o sensor.

Uma das grandes vantagens das câmeras DSLR é a capacidade de trocar as lentes. Elas possuem uma montagem de lente intercambiável, o que significa que você pode escolher diferentes lentes para se adequar às suas necessidades fotográficas. Existe uma variedade de lentes disponíveis, como lentes grande angulares, lentes telefoto, lentes macro, entre outras, que permitem explorar diferentes perspectivas e alcançar diversos efeitos.

As câmeras DSLR também oferecem um alto nível de controle manual. Você pode ajustar manualmente as configurações como velocidade do obturador, abertura do diafragma, ISO, balanço de branco e muito mais. Isso proporciona um maior controle sobre a exposição, profundidade de campo e outras características da imagem, permitindo que você crie fotografias personalizadas de acordo com suas necessidades artísticas.

Além disso, as câmeras DSLR geralmente oferecem uma qualidade de imagem superior devido ao uso de sensores de imagem maiores. Isso resulta em imagens com menor ruído, melhor desempenho em situações de pouca luz e uma ampla gama dinâmica.

Com o avanço da tecnologia, também existem câmeras mirrorless (sem espelho) que garantem algumas características das DSLRs, como a capacidade de trocar lentes e controles manuais avançados. No entanto, como as DSLRs continuam sendo amplamente utilizadas e valorizadas por fotógrafos profissionais e entusiastas, devido à sua versatilidade, desempenho e qualidade de imagem.

Em resumo, uma câmera DSLR é uma câmera digital que utiliza um espelho para refletir a luz do visor óptico para o sensor de imagem. Ela oferece recursos avançados, como a capacidade de trocar lentes, manual de controle completo e qualidade de imagem superior. Essas câmeras são populares entre fotógrafos que desejam ter controle total sobre suas fotografias e explorar diferentes possibilidades criativas (Canon, 2023).

Câmeras Full Frame:

Uma câmera full frame é uma câmera digital que possui um sensor de imagem do mesmo tamanho que um quadro (frame) de filme de 35 mm, o que corresponde a aproximadamente 36 mm x 24 mm. A designação "full frame" é usada para diferenciar essas câmeras dos modelos de sensor menor, como APS-C ou Micro Four Thirds (Canon, 2023)..

Aqui estão os principais aspectos de como uma câmera full frame funciona:

Sensor de imagem: A característica principal de uma câmera full frame é o seu sensor de imagem. Ele é do mesmo tamanho que um quadro de filme de 35 mm, o que proporciona uma área de captação de luz maior em comparação com sensores menores. Isso resulta em uma maior sensibilidade à luz, melhor desempenho em condições de pouca luz e maior capacidade de capturar detalhes em altas resoluções.

Resolução: As câmeras full frame geralmente possuem alta resolução, oferecendo a capacidade de capturar imagens com muitos detalhes. A quantidade de megapixels varia entre os modelos, mas as câmeras full frame costumam ter resoluções acima de 20 megapixels (Canon, 2023).

Qualidade de imagem: Devido ao tamanho maior do sensor, as câmeras full frame tendem a produzir imagens com melhor qualidade e maior faixa dinâmica. Isso resulta em uma capacidade superior para capturar detalhes em áreas de sombra e realces, bem como uma melhor reprodução de cores.

Profundidade de campo: Uma câmera full frame também afeta a profundidade de campo das imagens capturadas. Com um sensor maior, é possível obter uma menor profundidade de campo, o que significa que o objeto em foco fica nítido enquanto o fundo apresenta um desfoque agradável. Isso é particularmente útil para retratos e fotografia de objetos próximos.

Lentes: Uma câmera full frame normalmente utiliza lentes específicas projetadas para cobrir toda a área do sensor. Essas lentes são chamadas de lentes full frame ou FX (na nomenclatura da Nikon) e fornecem a melhor qualidade de imagem quando combinadas com uma câmera full frame. Além disso, a maioria das câmeras full frame também é compatível com lentes projetadas para sensores menores, como as lentes DX (na nomenclatura da Nikon) ou EF-S (na nomenclatura da Canon), embora o uso dessas lentes possa resultar em um fator de corte e perda de qualidade (Canon, 2023).

As câmeras full frame são amplamente utilizadas por fotógrafos profissionais e entusiastas que buscam a melhor qualidade de imagem, desempenho em pouca luz e controle sobre a profundidade de campo. No entanto, vale ressaltar que as câmeras full frame também tendem a ser maiores, mais caras e possuem uma curva de aprendizado mais íngreme em comparação com modelos de sensor menor.

Câmeras Mirrorless:

Uma câmera mirrorless é um tipo de câmera digital que não possui um espelho reflexivo como nas câmeras DSLR (Digital Single-Lens Reflex). Em vez disso, ela utiliza um sistema de visualização eletrônica (EVF) ou uma tela LCD para mostrar a imagem em tempo real.

Aqui está uma descrição básica de como uma câmera mirrorless funciona:

Sensor de imagem: Assim como nas câmeras DSLR, a câmera mirrorless possui um sensor de imagem responsável por capturar a luz e converter em dados digitais. O sensor de imagem pode variar em tamanho, desde sensores menores (APS-C) até sensores de quadro completo (Full Frame), dependendo do modelo da câmera (Canon, 2023).

Lente intercambiável: As câmeras mirrorless são projetadas para permitir a troca de lentes. Isso significa que você pode escolher diferentes lentes adequadas para diferentes situações fotográficas, como lentes grande angular, lentes teleobjetivas, lentes macro, entre outras.

Sistema de visualização eletrônica (EVF): Ao contrário das câmeras DSLR, que possuem um visor óptico que reflete a luz através do espelho para mostrar a imagem ao fotógrafo, as câmeras mirrorless utilizam um EVF. O EVF é uma tela eletrônica que mostra a imagem em tempo real, permitindo que o fotógrafo veja exatamente como a foto ficará antes de capturá-la. O EVF geralmente mostra informações adicionais, como configurações da câmera, histograma e grade de enquadramento, que podem auxiliar na composição da imagem.

Foco automático (AF): As câmeras mirrorless possuem sistemas de autofoco que funcionam de forma similar às câmeras DSLR. O sistema de foco automático utiliza sensores de detecção de fase ou detecção de contraste para rastrear e focar automaticamente no assunto desejado. Alguns modelos mais avançados também oferecem recursos de foco automático com detecção de olhos e acompanhamento de movimento (Canon, 2023).

Tela LCD: Além do EVF, muitas câmeras mirrorless possuem uma tela LCD que pode ser inclinada, articulada ou sensível ao toque. Essa tela permite visualizar a imagem ao compor ou revisar fotos e também é usada para acessar e ajustar as configurações da câmera.

Captura de imagem: Quando o obturador é acionado, o sensor de imagem captura a luz que passou pela lente e a converte em dados digitais. Esses dados são processados pelo processador de imagem da câmera, que os transforma em um arquivo de imagem final.

As câmeras mirrorless oferecem vantagens como tamanho e peso reduzidos em comparação com as DSLR, além de recursos avançados, como vídeos em alta resolução, disparo contínuo rápido e capacidade de personalização. No entanto, é importante ressaltar que as especificações e recursos podem variar entre os diferentes modelos de câmera mirrorless disponíveis no mercado (Canon, 2023).

Câmeras 360°:

Uma câmera 360°, também conhecida como câmera de vídeo panorâmica, é projetada para capturar imagens em todas as direções, proporcionando uma visão completa de 360 graus ao redor da câmera. Ela permite aos espectadores visualizarem a imagem em qualquer direção, seja movendo a imagem ou usando um dispositivo de realidade virtual.

Aqui está uma descrição básica de como uma câmera 360° funciona:

Arranjo de múltiplas lentes: Uma câmera 360° possui várias lentes posicionadas em diferentes direções. Essas lentes são geralmente colocadas em um arranjo esférico ou cilíndrico para capturar imagens de todos os ângulos. O número de lentes pode variar dependendo do modelo da câmera.

Captura simultânea de imagens: Cada lente captura imagens simultaneamente em sua direção específica. Isso permite que a câmera capture uma visão panorâmica completa de 360 graus. As imagens capturadas pelas diferentes lentes são então combinadas para formar uma única imagem panorâmica.

Processamento de imagem: Após a captura das imagens, o software interno da câmera realiza o processamento necessário para combinar e alinhar as imagens de todas as lentes. Isso inclui a correção de distorções, ajuste de exposição, alinhamento das bordas e outros ajustes para obter uma imagem panorâmica coesa e sem costuras (Freund, 2010).

Visualização e reprodução: As imagens panorâmicas capturadas pela câmera 360° podem ser visualizadas e reproduzidas de várias maneiras. Isso pode incluir a exibição da imagem em uma tela de computador, smartphone ou usando óculos de realidade virtual (VR) para uma experiência imersiva em 360 graus. A imagem pode ser movida, girada e ampliada para explorar diferentes ângulos e áreas da cena.

Algumas câmeras 360° também possuem recursos avançados, como estabilização de imagem, gravação de vídeo em alta resolução, transmissão ao vivo em 360 graus e conectividade com dispositivos móveis para controle remoto e compartilhamento de conteúdo (Canon, 2023).

É importante ressaltar que a forma exata de operação e as especificações de uma câmera 360° podem variar entre os diferentes modelos disponíveis no mercado, mas o conceito geral de captura e visualização de imagens panorâmicas de 360 graus é semelhante.

Entendendo as configurações de uma câmera

ISO:

O ISO em uma câmera DSLR refere-se à sensibilidade do sensor de imagem à luz. Ele é uma configuração importante para ajustar a exposição da imagem, especialmente em diferentes condições de iluminação. O termo ISO tem origem nas normas internacionais de sensibilidade à luz (International Organization for Standardization, em inglês) (Kalil, 2022).

Quando você aumenta o ISO em sua câmera, está tornando o sensor mais sensível à luz. Por outro lado, ao diminuir o ISO, está atendendo a sensibilidade do sensor. Isso é especialmente útil em situações em que a quantidade de luz disponível é limitada, como em ambientes escuros ou ao fotografar objetos em movimento rápido, onde uma velocidade de obturador mais alta é necessária.

A escala ISO geralmente varia de 100 a 6400 ou até mais em câmeras modernas. Valores mais baixos, como ISO 100 ou 200, são ideais para condições de boa iluminação, como dias ensolarados, pois proporcionam uma imagem com menos ruído.

À medida que você aumenta o ISO, a câmera se torna mais sensível à luz, permitindo a captura de imagens em condições de pouca luz sem a necessidade de um tempo de exposição longo. No entanto, isso também aumenta a probabilidade de ocorrer ruído na imagem, que aparece como granulação ou pontos indesejados.

É importante encontrar um equilíbrio ao ajustar o ISO, considerando a quantidade de luz disponível e o nível aceitável de ruído. Em situações de pouca luz, um ISO mais alto, como 800 ou 1600, pode ser necessário para obter uma exposição adequada. No entanto, em ambientes bem iluminados, é recomendável manter o ISO mais baixo para obter imagens mais nítidas e com menos ruído (Kalil, 2022).

Além disso, algumas câmeras também possuem configurações de ISO automatic, onde a câmera ajusta automaticamente o ISO com base na medição da luz ambiente. Isso pode ser útil para situações em que a iluminação varia, permitindo que a câmera ajuste o ISO de acordo com as condições de forma mais precisas.

Em resumo, o ISO é uma configuração de sensibilidade à luz em uma câmera DSLR que permite ajustar a exposição da imagem em diferentes condições de iluminação. Valores mais altos aumentam a sensibilidade à luz, mas também podem introduzir ruído na imagem, enquanto valores mais baixos resultam em menor sensibilidade à luz, mas imagens mais nítidas e com menos ruído em condições de boa iluminação (Kalil, 2022).

Balanco de Branco (WB):

O balanço de branco é uma configuração importante em uma câmera que afeta a reprodução de cores nas fotografias. Ele é usado para ajustar a câmera de acordo com a temperatura de cor da fonte de luz ambiente, garantindo que os núcleos sejam reproduzidos de forma precisa e realista (Kalil, 2022).

A temperatura de cor é medida em Kelvin (K) e está relacionada à tonalidade de cor exclusiva pela fonte de luz. Por exemplo, a luz do dia possui uma temperatura de cor mais alta, enquanto a luz de tungstênio (lâmpadas incandescentes) tem uma temperatura de cor mais baixa. Diferentes fontes de luz têm temperaturas de cor distintas e cada uma delas afeta as cores capturadas pela câmera.

A função do balanço de branco é ajustar a câmera para compensar essas variações na temperatura de cor, de modo que os objetos brancos tenham brancos na fotografia, independentemente da fonte de luz utilizada. Isso é importante porque a percepção dos núcleos é influenciada pela temperatura de cor dominante na cena, e a câmera precisa controlar essa influência para garantir a precisão da reprodução dos núcleos (Kalil, 2022).

Ao ajustar o balanço de branco, você pode selecionar uma configuração predefinida adequada para uma fonte de luz específica em uso, como luz do dia, luz de tungstênio, luz fluorescente, etc. Além disso, algumas câmeras DSLR também oferecem a opção de definir o balanço de branco manualmente, permitindo que você ajuste a temperatura de cor com base em um valor em Kelvin.

Quando o balanço de branco é configurado corretamente, as cores na imagem serão reproduzidas de maneira mais precisa. Por exemplo, se você estiver fotografando em um ambiente interno iluminado por lâmpadas de tungstênio e não ajustar o balanço de branco, a imagem pode parecer com uma tonalidade alaranjada. No entanto, ao selecionar a configuração de balanço de branco adequado para luz de tungstênio, a câmera compensará essa temperatura de cor mais baixa e produzirá cores mais naturais na imagem final.

É importante ressaltar que o balanço de branco também pode ser ajustado durante a pós-produção, utilizando software de edição de imagens, caso não seja definido corretamente durante a captura. No entanto, é recomendável configurar o balanço de branco transferido na câmera sempre que possível, para obter resultados mais precisos diretamente da câmera.

Em resumo, o balanço de branco em uma câmera DSLR é uma configuração que permite ajustar a câmera de acordo com a temperatura de cor da fonte de luz ambiente. Ele garante que os núcleos sejam reproduzidos de forma precisa e realista, compensando as variações na temperatura de cor para que os objetos brancos tenham ficado brancos na fotografia. Isso é essencial para obter resultados de cores precisas e naturais em suas imagens.

Profundidade de Campo:

Profundidade de campo na fotografia refere-se à faixa de distância na qual os objetos aparecem nítidos em uma imagem. Em outras palavras, é a área que está em foco desde o primeiro plano até o plano de fundo. A profundidade de campo é um dos elementos essenciais para controlar o foco e a nitidez em uma fotografia.

A profundidade de campo é influenciada por vários fatores, incluindo a abertura do diafragma, a distância focal da lente, a distância entre a câmera e o objeto e o tamanho do sensor da câmera. Vou explicar brevemente como cada um desses fatores afeta a profundidade de campo:

Abertura do diafragma: A abertura é a abertura circular no diafragma da lente que controla a quantidade de luz que entra na câmera. Quanto maior a abertura (números $f/$ menores, como $f/1.8$), menor será a profundidade de campo, resultando em um foco seletivo com o objeto principal nítido e um fundo desfocado. Por outro lado, uma abertura menor (números $f/$ maiores, como $f/16$) aumentará a profundidade de campo, tornando mais objetos nítidos tanto no primeiro plano quanto no plano de fundo (Kalil, 2022).

Distância focal da lente:

Lentes com distância focal mais curta (grande angular) tendem a ter uma maior profundidade de campo em comparação com lentes de distância focal mais longa (teleobjetivas). Portanto, ao usar uma lente grande angular, mais objetos na cena estarão em foco.

Distância entre a câmera e o objeto:

Quanto mais próximo o objeto estiver da câmera, menor será a profundidade de campo. Isso significa que ao fotografar objetos próximos, é mais difícil obter uma grande área em foco em comparação com objetos distantes.

Tamanho do sensor da câmera:

Câmeras com sensores menores tendem a ter uma profundidade de campo maior em comparação com câmeras com sensores maiores. Por exemplo, câmeras de smartphone geralmente possuem sensores menores, resultando em uma profundidade de campo maior em comparação com câmeras DSLR de formato completo.

Em resumo, para controlar a profundidade de campo em suas fotografias, você pode ajustar a abertura do diafragma, a distância focal da lente, a distância entre a câmera e o objeto e o tamanho do sensor da câmera. Experimentar esses fatores permitirá que você crie efeitos criativos, destacando objetos específicos ou criando um plano geralmente nítido (Kalil, 2022).

Abertura do Diafragma:

A abertura do diafragma é um dos principais elementos que afetam a exposição e a profundidade de campo em uma fotografia. O diafragma é uma

espécie de "orifício" dentro da lente da câmera que controla a quantidade de luz que entra no sensor ou filme fotográfico.

A abertura do diafragma é medida em números chamados de "f-stops" ou "números f". Esses números representam a relação entre a distância focal da lente e o diâmetro efetivo do diafragma. Exemplos comuns de aberturas são $f/1.8$, $f/4$, $f/8$, $f/16$, entre outros (Kalil, 2022).

Quando se utiliza uma abertura maior, como $f/1.8$, o diafragma está mais aberto, permitindo que mais luz entre na câmera. Isso resulta em uma exposição mais brilhante, mas também em uma profundidade de campo mais rasa. Ou seja, apenas uma pequena área estará nítida, enquanto o restante da imagem ficará desfocado.

Por outro lado, quando se utiliza uma abertura menor, como $f/16$, o diafragma está mais fechado, reduzindo a quantidade de luz que entra na câmera. Isso resulta em uma exposição mais escura, porém com uma profundidade de campo mais ampla. Isso significa que uma maior área da imagem estará em foco, desde o primeiro plano até o fundo.

É importante ressaltar que a profundidade de campo não depende apenas da abertura do diafragma, mas também de outros fatores, como a distância focal da lente, a distância para o objeto fotografado e o tamanho do sensor da câmera (Kalil, 2022).

Distância focal:

A distância focal na fotografia refere-se à medida da distância entre o ponto de convergência de um sistema óptico (normalmente uma lente) e o plano do sensor ou filme da câmera. É expressa em milímetros (mm).

A distância focal é um dos principais fatores que determinam o ângulo de visão e o poder de ampliação de uma lente. Lentes com distâncias focais mais curtas têm um ângulo de visão mais amplo, permitindo capturar uma área maior da cena em uma única imagem. Essas lentes são conhecidas como lentes grande angulares. Por exemplo, uma lente de 20mm possui um ângulo de visão mais amplo do que uma lente de 50mm.

Por outro lado, lentes com distâncias focais mais longas têm um ângulo de visão mais estreito, o que resulta em um poder de ampliação maior, permitindo fotografar objetos distantes com mais detalhes. Essas lentes são chamadas de

teleobjetivas. Por exemplo, uma lente de 200mm tem um ângulo de visão mais estreito do que uma lente de 50mm (Kalil, 2022).

A escolha da distância focal a ser utilizada em uma fotografia depende do efeito desejado e da cena que está sendo fotografada. Lentes grande angulares são frequentemente usadas em paisagens, arquitetura e fotografia de grupo, enquanto teleobjetivas são mais comumente usadas em fotografia de esportes, vida selvagem e retratos. Além disso, existem lentes com distâncias focais intermediárias, como as lentes padrão de 50mm, que oferecem uma perspectiva mais próxima da visão humana natural.

Velocidade do Obturador:

A velocidade do obturador em uma câmera refere-se ao tempo que o obturador permanece aberto para permitir que a luz atinja o sensor ou filme fotográfico. É medida em segundos ou frações de segundo, como 1/1000, 1/250, 1/60, 1/30, etc.

A velocidade do obturador desempenha um papel crucial na exposição da imagem e no congelamento ou captura de movimento. Quando o obturador está aberto por um curto período de tempo, como 1/1000 de segundo, ele congela a ação, capturando objetos em movimento rápido com nitidez. Essa velocidade é útil em fotografias esportivas, de animais em movimento ou qualquer situação em que você deseje evitar o desfoque devido ao movimento (Kalil, 2022).

Por outro lado, quando o obturador está aberto por um longo período de tempo, como 1/30 de segundo ou mais, ele permite que mais luz atinja o sensor e pode capturar o movimento como um borrão intencional, criando uma sensação de movimento e dinamismo na imagem. Essa técnica é frequentemente usada em fotografia de longa exposição, onde é possível capturar trilhas de luz, fluxos de água suavizados ou efeitos criativos com luzes em movimento.

Além disso, a velocidade do obturador também está relacionada à estabilidade da câmera durante a captura da imagem. Geralmente, é recomendável usar velocidades mais rápidas do obturador ou um tripé para evitar a trepidação da câmera ao fotografar com velocidades mais lentas do obturador.

A escolha da velocidade do obturador depende das condições de iluminação, do efeito desejado e da cena que está sendo fotografada. É importante equilibrar a

velocidade do obturador com a abertura do diafragma e a sensibilidade ISO para obter uma exposição adequada e alcançar o efeito desejado na imagem.

Aparelho Nodal:

Um aparelho nodal é um dispositivo que permite que uma câmera seja fixada de forma precisa no centro da esfera de visão. Isso é importante para fotografias 360, pois garante que todas as imagens capturadas sejam alinhadas corretamente.

O aparelho nodal é geralmente composto de dois componentes principais: um eixo e uma base. O eixo é usado para posicionar a câmera no centro da esfera de visão, e a base é usada para fixar a câmera no lugar.

Para usar um aparelho nodal para fotografias 360, siga estas etapas:

Monte o aparelho nodal na câmera. Ajuste o eixo do aparelho nodal para que a câmera esteja posicionada no centro da esfera de visão. Prenda a câmera no lugar na base do aparelho nodal.

Uma vez que a câmera esteja fixada no lugar, você pode começar a capturar imagens 360. Para garantir que todas as imagens sejam alinhadas corretamente, é importante usar um tripé estável e evitar movimentos da câmera durante as capturas da imagens.