



**Universidade Federal do Amapá
Pró - Reitoria de Ensino de Graduação
Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas
Curso de Engenharia Civil**

CLEY JACKSON FEITOZA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO AEROFOTOGRAMÉTRICO EM LEVANTAMENTOS
PLANIMÉTRICOS E PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL: ESTUDO DE CASO
IFAP-CAMPUS SANTANA**

MACAPÁ – AP
2024

CLEY JACKSON FEITOZA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO AEROFOTOGRAFÉTRICO EM LEVANTAMENTOS
PLANIMÉTRICOS E PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL: ESTUDO DE CASO
IFAP-CAMPUS SANTANA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil, pela Universidade Federal do Amapá.

Orientador: **Me. Adenilson Costa de Oliveira**

MACAPÁ – AP
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

F311a Feitoza, Cley Jackson.

Aplicação do método aerofotogramétrico em levantamentos planimétricos e projetos de Engenharia Civil: estudo de caso IFAP-Campus Santana / Cley Jackson Feitoza. - Macapá, 2024.

1 recurso eletrônico. 61 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá. Coordenação do Curso de Engenharia Civil. Macapá, 2024.

Orientador: Me. Adenilson Costa de Oliveira.

Coorientador: Dr. Osvaldo Campelo de Mello Vasconcelos.

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Aerofotogrametria. 2. IFAP-Campus Santana. 3. Ortomosaico. I. Oliveira, Adenilson Costa de Oliveira, orientador. II. Vasconcelos, Osvaldo Campelo de Mello, coorientador. III. Universidade Federal do Amapá. IV. Título.

CDD 23. ed. – 692.5

FEITOZA, Cley Jackson. Aplicação do método aerofotogramétrico em levantamentos planimétricos e projetos de Engenharia Civil: estudo de caso IFAP-Campus Santana. Orientador: OLIVEIRA, Adenilson Costa de Oliveira. Coorientador: Vasconcelos, Osvaldo Campelo de Mello. 2024. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Coordenação do Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2024.

CLEY JACKSON FEITOZA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO AEROFOTOGRAFÉTRICO EM LEVANTAMENTOS
PLANIMÉTRICOS E PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL: ESTUDO DE CASO
IFAP-CAMPUS SANTANA**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado como requisito parcial para a
obtenção de grau de Bacharel em
Engenharia Civil, pela Universidade Federal
do Amapá.

Data de aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira
Orientador – UNIFAP

Prof. Dr. Osvaldo Campelo de Mello Vasconcelos
Co-orientador – IFAP

Prof. Me. José Vitor Borges de Assis
Examinador Interno – UNIFAP

Prof. Esp. Pedro Henrique Maia Costa
Examinador Externo – IFAP

MACAPÁ – AP
2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha esposa, que foi a pessoa que mais me incentivou e me apoiou a nunca parar de estudar, e aos meus filhos Luís Gabriel, Pedro Ricardo e João Arthur, que mantiveram uma paciência inigualável e aceitação nos momentos em que eu não estava presente com eles. Agradeço também à Universidade Federal do Amapá, espaço que frequentei por 6 anos e que inicialmente na minha vida acadêmica era um local inacessível. A instituição e todo corpo docente me proveram os materiais necessários para a realização deste trabalho, em especial, aos professores Adenilson Oliveira, que foi meu orientador, e ao professor Osvaldo Vasconcelos, que foi um incansável coorientador. Eu não teria o nível de conhecimento sem esses docentes. Gostaria de expressar minha gratidão aos alunos da turma de Subsequente de Georreferenciamento do IFAP. Sem eles, seria bem difícil obter os dados para a finalização desta monografia.

Aos meus colegas de turma, Felipe, Jade, Max e Halphi, meus parceiros de dias e noites de final de semestre, de trabalhos incansáveis e de uma parceria que levarei da graduação para o resto da minha vida.

Ao IFAP, que proporcionou a execução dessa tarefa, com os equipamentos atuais e em ótimas condições de conservação, agradeço por terem contribuído para o sucesso deste trabalho.

Por fim, agradeço novamente à minha família por todo apoio incondicional. Esta conquista é nossa! Estamos juntos nesta jornada e agora, com a conclusão deste trabalho, estou pronto para alçar novos voos. Vou formar!

Muito obrigado, mesmo.

RESUMO

Este estudo explora o potencial da aerofotogrametria com RPA (Aeronave Pilotada Remotamente) para a regularização fundiária do IFAP-Campus Santana, situado em Santana, Amapá. Abordam-se os conceitos de aerofotogrametria, georreferenciamento e suas aplicações na engenharia, com ênfase na construção civil. A integração dessas tecnologias visa aprimorar os processos de mapeamento e regularização de áreas, proporcionando maior agilidade, precisão e economia. O estudo utilizou um GPS geodésico RTK da marca FOIF (IFAP) e CHCNAV (UNIFAP) a aeronave DJI MAVIC 2 AIR Pro para realizar o mapeamento da área do campus. O voo da aeronave capturou imagens aéreas que foram processadas para gerar a ortofoto e o Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno. Um software específico foi utilizado para gerar o ortomosaico da região mapeada, um produto exclusivo da aerofotogrametria com RPA. Além disso, demonstrará a viabilidade da aerofotogrametria com RPA para a regularização fundiária do IFAP-Campus Santana. O mapeamento preciso e atualizado pode, através da ortofoto e do MDE, fornecer uma representação georreferenciada e detalhada da área do campus, permitindo a identificação precisa de seus limites e características. A coleta de dados e o processamento das imagens são realizados de forma rápida e eficiente, reduzindo significativamente o tempo necessário para a regularização fundiária. A utilização de RPA é uma alternativa mais econômica em comparação com métodos tradicionais de mapeamento, como a topografia terrestre. O estudo avaliou o uso de drones para criar um mapa cartográfico econômico, capturando 724 imagens em uma área de 10 hectares. A precisão média foi de 7,19 cm por pixel, com uma discrepância de até 0,15 metros entre as posições registradas pelo GPS durante a coleta das imagens e as posições corrigidas no processamento do mapa. Os resultados obtidos mostraram-se dentro da faixa de erro em levantamento topográfico planimétricos.

Palavras-Chave: Aerofotogrametria, RPA, IFAP-Campus Santana, Georreferenciamento, Ortomosaico, Modelo Digital de Elevação.

ABSTRACT

This study explores the potential of aerial photogrammetry with RPA (Remotely Piloted Aircraft) for land regularization of IFAP-Campus Santana, located in Santana, Amapá. It addresses the concepts of aerial photogrammetry, georeferencing and their applications in engineering, with emphasis on civil construction. The integration of these technologies aims to improve the processes of mapping and regularization of areas, providing greater agility, precision and economy. The study used a geodetic RTK GPS from the FOIF brand (IFAP) and CHCNAV (UNIFAP) the DJI MAVIC 2 AIR Pro aircraft to map the campus area. The aircraft's flight captured aerial images that were processed to generate the orthophoto and the Digital Elevation Model (DEM) of the terrain. A specific software was used to generate the orthomosaic of the mapped region, an exclusive product of aerial photogrammetry with RPA. In addition, it will demonstrate the feasibility of aerial photogrammetry with RPA for land regularization of IFAP-Campus Santana. Accurate and updated mapping can, through the orthophoto and the DEM, provide a georeferenced and detailed representation of the campus area, allowing the precise identification of its limits and characteristics. Data collection and image processing are carried out quickly and efficiently, significantly reducing the time required for land regularization. The use of RPA is a more economical alternative compared to traditional mapping methods, such as terrestrial topography. The study evaluated the use of drones to create an economical cartographic map, capturing 724 images in an area of 10 hectares. The average accuracy was 7.19 cm per pixel, with a discrepancy of up to 0.15 meters between the positions recorded by the GPS during the collection of the images and the corrected positions in the map processing. The results obtained were within the error range in planimetric topographic surveys.

Keywords: Aerophotogrammetry, RPA, IFAP-Campus Santana, Georeferencing, Orthomosaic, Digital Elevation Model.

Lista de Ilustrações

Figura 1-Medições das bases da pirâmide de Quéops e sua orientação.	13
Figura 2-Instrumento primitivo utilizado para levantamentos topográficos.	13
Figura 3-Caricatura de Nadar tirando fotografias aéreas — “Nadar elevando a fotografia à altura da Arte”, de Honoré Daumier (1863).	15
Figura 4-Níveis de obtenção de imagens por sensoriamento remoto.....	17
Figura 5-LEVANTAMENTO RTK COM RECEPTORES GNSS.....	20
Figura 6 – IFAP-Campus Santana, Localização: 9997755.8853 (N), 479853.8297 (E) - UTM	21
Figura 7 – Montagem do GNSS Base.....	22
Figura 8 - Levantamento dos Pontos com RTK (Hover).....	23
Figura 9 - Levantamento dos Pontos com RTK (Hover).....	24
Figura 10 - Pontos de Controle	24
Figura 11 - Relação entre os modelos da série hgeoHNOR e as altitudes do SGB e dos GNSS	26
Figura 12 - Curvas de Nível	28
Figura 13 - Drone MAVIC 2 AIR – MARCA DJI	30
Figura 14 - Alvo artificial.....	31
Figura 15 - Certidão de Cadastro do DRONE	32
Figura 16 - Site do SARPAS	33
Figura 17 - Autorização de voo de RPA	33
Figura 18 - Planejamento de voo DroneDeploy.....	34
Figura 19 - Fluxograma de Processamento Agisoft Metashape	36
Figura 20 - Coordenadas de Log de Voos.....	36
Figura 21 - Pontos de Apoio e Verificação	37
Figura 22 - Processamento da Imagens Agisoft Metashape	38
Figura 23 - Alvo demarcado e Marcadores	38
Figura 24 - Inclinação Média do Terreno	39
Figura 25 - Malha de Triangulação.....	40
Figura 26 - Ortomosaico Campus Santana	42
Figura 27 - Modelo Digital de Elevação (DEM)	42
Figura 28 - Modelo Digital de Superfície - MDS	43
Figura 29 - Modelo Digital de Terra (MDT)	43

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Pontos de Controle Inicial	25
Tabela 2 - Pontos de Controle e Verificação atualizado	26
Tabela 3 - Gráfico correlação de pontos.....	28
Tabela 4 - Tabela de erro RMSE	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
GPS	<i>Global Positioning System / Sistema de Posicionamento Global</i>
VANT	<i>Veículo Aéreo Não Tripulado</i>
RPA	<i>Veículo Aéreo Não Tripulado</i>
NBR	<i>Norma Brasileira</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
RPAs	<i>Remotely Piloted Air System</i>
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
SIG	<i>Sistema de Informação Geográfica</i>
SPU	<i>Secretaria de Patrimônio da União</i>
SIRGAS2000	<i>Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas</i>
GNSS	<i>Sistema Global de Navegação por Satélite</i>
SBAS	<i>Sistema de correção de sinais</i>
PC	<i>Pontos de Controle</i>
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
MDT	<i>Modelo Digital de Terreno</i>
MDS	<i>Modelo Digital de Superfície</i>
QGIS	<i>Quantum GIS Sistema de Informação Geográfica</i>
DECEA	<i>Departamento de Controle do Espaço Aéreo</i>
CAVE	<i>Certificado de Autorização de Voo Experimental</i>
RPAS	<i>Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas</i>
OSGeo	<i>Open Source Geospatial Foundation</i>
RMSE	<i>Erro Quadrático Médio</i>
SARPAS	<i>Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas</i>
IFAP	<i>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá</i>
UFRGS	<i>Universidade Federal do Rio Grande do Sul</i>
VC	<i>Visão Computacional</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO GERAL	11
3. JUSTIFICATIVA	11
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
4.1. Topografia	12
4.2. Fotogrametria	14
4.3. Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS)	18
5. MATERIAL E MÉTODOS	21
5.1. Área de estudo	21
5.2. Levantamento por GNSS	21
5.2.1. Equipamentos.....	22
5.2.2. Pontos de Controle.....	24
5.3. Software para processamento de imagens	28
5.4. Levantamento Aerofotogramétrico	29
5.4.1. Planejamento dos pontos (controle e verificação)	29
5.4.2. Equipamentos.....	29
5.4.3. Cadastro do VANT's ou RPA	31
5.4.4. Autorização de Voo	32
5.4.5. Planejamento do voo.....	33
5.4.6. Processamento dos dados do voo.....	34
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICE	47
ANEXOS	48

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem desempenhado um papel crucial no aprimoramento das práticas de levantamento planialtimétrico, essa gama diversificada de métodos para obter informações geoespaciais precisas e confiáveis foi possível graças a esses avanços que contribuíram significativamente para a melhoria dessas práticas que visam à obtenção de informações geoespaciais precisas e confiáveis. Entre esses métodos, destaca-se a aerofotogrametria.

No contexto acadêmico e profissional, esse método assume um papel relevante na busca pela otimização dos processos e na garantia da qualidade dos resultados obtidos. Este estudo visa a realizar um levantamento aerofotogramétrico da área do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá (IFAP), Campus Santana. A escolha do campus como cenário para esta análise é justificada pela sua infraestrutura em constante expansão e pela necessidade de dados geoespaciais precisos para suportar as atividades de planejamento e desenvolvimento.

A aerofotogrametria através da utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) ou Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's), tem se revelado de suma importância em diversos estudos, proporcionando contribuições em tempo real para o reconhecimento preciso de áreas através das imagens aéreas de alta resolução, os RPA facilitam o mapeamento detalhado das áreas de estudo, impulsionando o desenvolvimento e as pesquisas nesse contexto (EISENBEISS, 2009; NAVARRO et al., 2015). Esse método é particularmente importante para o IFAP - Campus Santana porque permitirá uma avaliação precisa na aquisição de dados geoespaciais para integrar o banco de dados da Secretaria de Patrimônio da União (SPU), contribuindo para tomadas de decisão relacionadas ao patrimônio e planejamento territorial, melhoria contínua do ambiente acadêmico e da infraestrutura do campus.

No contexto do IFAP - Campus Santana, a análise aprofundada na aerofotogrametria promove o desenvolvimento do conhecimento técnico-científico e fornece subsídios valiosos para aprimorar as práticas de levantamento e mapeamento em ambientes acadêmicos e profissionais.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo principal dessa pesquisa foi o de avaliar a qualidade posicional dos dados adquiridos por meio de um conjunto de imagens aéreas processadas a partir de um método experimental de levantamento utilizando GNSS e VANT, usando um estudo de caso específico no Campus Santana do IFAP.

2.1. Objetivos Específicos

- Definir o método a ser executado pelo levantamento aerofotogramétrico;
- Executar as tarefas de levantamento aerofotogramétrico;
- Processar os dados;
- Tabular os dados obtidos a partir das imagens aéreas processadas;
- Mostrar os resultados gerados a partir da utilização do RPA MAVIC 2 AIR da marca DJI na produção do Ortomosaico e produção do MDS e MDT a partir do processamento utilizando software Agisoft Metashape.

3. JUSTIFICATIVA

O emprego de RPA tem experimentado uma expansão significativa nos últimos anos, permeando diversos setores como engenharia, agricultura, saúde, entre outros. Estes dispositivos aéreos executam uma ampla gama de tarefas, incluindo mapeamento e coleta de dados de forma eficiente e eficaz, reduzindo a necessidade de uma equipe técnica extensa e, conseqüentemente, os custos associados. O interesse por esta temática surgiu com a implementação do curso de georreferenciamento no Campus Macapá do Instituto Federal do Amapá (IFAP), onde os equipamentos disponíveis no campus puderam, finalmente, ser empregados de forma prática.

Este projeto visa não apenas estudar, mas também avaliar o desempenho dessas tecnologias, especialmente o uso de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA), na execução de tarefas reais. O caso em questão envolve a integração desses levantamentos e mapas ao banco de dados da Secretaria de Patrimônio da União (SPU). A avaliação do desempenho com drones neste cenário fornecerá informações valiosas sobre sua viabilidade e eficácia em situações reais,

ajudando a melhorar os procedimentos de levantamento e monitoramento em várias áreas de interesse governamental e empresarial.

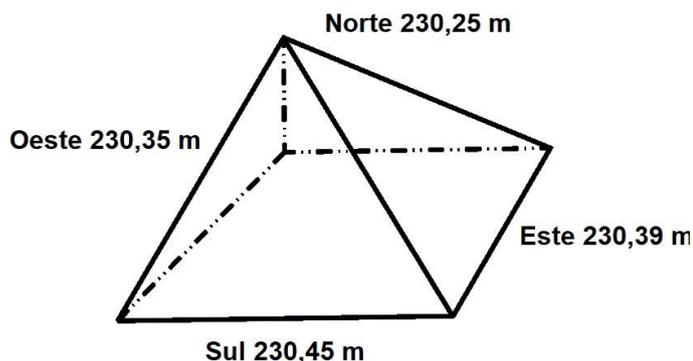
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Topografia

A topografia tem uma longa história que remonta aos tempos antigos, iniciada pelos egípcios e mesopotâmicos, seguidos por diversos outros povos como os chineses, hebreus, gregos e romanos. Sua utilização já era fundamental antes de 3.200 a.C., especialmente no antigo Império Egípcio. Esses povos pioneiros desenvolveram e utilizaram instrumentos topográficos para construir monumentos impressionantes, como as pirâmides egípcias, e também para mapear terras e planejar cidades (COELHO, ROLIM-NETO & ANDRADE, 2024).

Para confirmar o uso dessa ciência no antigo Egito, COELHO, ROLIM-NETO & ANDRADE, (2024), descrevem o seguinte: é notável que, naquela época, os instrumentos utilizados eram notoriamente rudimentares e com baixa exatidão e precisão se comparado com os instrumentos atuais, no entanto, suas construções são consideradas extraordinárias, como exemplo, a construção das pirâmide de Quéops, que durou aproximadamente 30 anos para ser erguida, e foi construída com as medidas de 230,25 m, 230,45 m, 230,39 m e 230,35 m, respectivamente, para as suas bases norte, sul, leste e oeste. Eles erraram apenas 20 centímetros entres as bases (Figura 1). No que diz respeito aos ângulos, o erro correspondente aos quatro ângulos da base da pirâmide é de apenas seis minutos e trinta e cinco segundos, uma consideração importante é que as quatro arestas da Pirâmide de Quéops estão direcionadas para os pontos cardeais: Nordeste, Sudeste, Sudoeste e Noroeste. Isso também é verdade para todas as outras pirâmides de Gizé.

Figura 1-Medições das bases da pirâmide de Quéops e sua orientação.

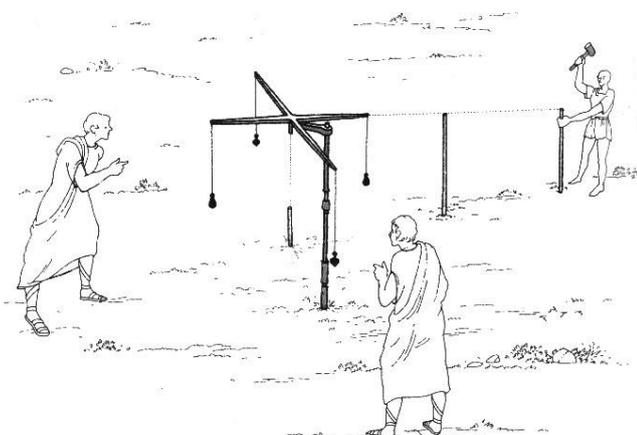


Fonte: – Topografia Geral, 3ed (Coelho, Rolin-Neto & Andrade, 2024)

No entanto, foi apenas a partir do século XVI que a topografia começou a ser desenvolvida como disciplina científica, com a criação de livros cartográficos e mapas detalhados de cidades e regiões. Seja para fins de sobrevivência, orientação, segurança, conflitos, navegação, construção ou outros fins, o ser humano sempre teve a necessidade de entender seu ambiente natural.

A ciência da topografia estuda uma representação detalhada de uma área da superfície terrestre. Desde quando a civilização começou, o homem tentou determinar onde estava e o que controlava. Ele já havia aplicado a Topografia sem saber. Os babilônicos, egípcios, gregos, chineses, árabes e romanos nos legaram instrumentos e processos que, embora fossem rudimentares, serviram para descrever, (UFRGS, 2020).

Figura 2-Instrumento primitivo utilizado para levantamentos topográficos.



Fonte: – UFRGS, <https://www.muelaner.com/wp-content/uploads/2013/07/Groma.jpg>

Outros autores apresentam seus conceitos sobre Topografia.

“A Topografia tem por objetivo o estudo dos instrumentos e métodos utilizados para obter a representação gráfica de uma porção do terreno sobre uma superfície plana” DOUBEK (1989).”

“A Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre” ESPARTEL (1987).”

4.2. Fotogrametria

Segundo Trombeta et al (2019), A fotogrametria tem suas raízes no final dos séculos XIX e XX na Europa, onde começou como um método de fotografar monumentos e estruturas arquitetônicas de valor histórico e artístico. Inicialmente conhecida por vários nomes, como "fotopografia", "iconometria" e "metrofotografia", essa técnica era empregada para documentar e preservar elementos arquitetônicos com alta precisão e posteriormente tornou-se uma ferramenta essencial no mapeamento e na análise da superfície terrestre. Aimé Laussedat e Gaspard Felix Tournachon, também conhecido como Nadar, foram figuras importantes na história da fotogrametria e fizeram contribuições significativas para o uso da fotografia como meio de obter informações topográficas, desempenharam papéis fundamentais nesse desenvolvimento, utilizando fotografias aéreas e princípios geométricos para criar mapas mais precisos.

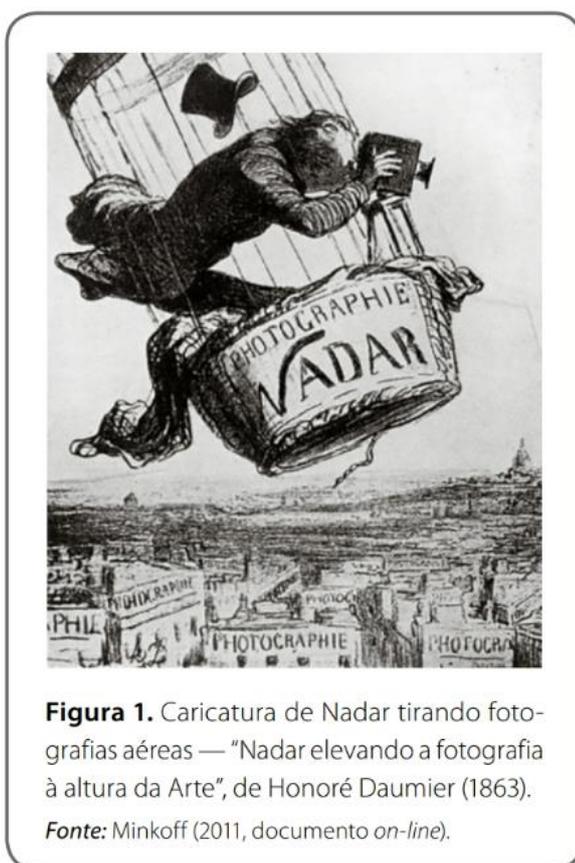
Conforme destacado por Trombeta et al. (2019), Aimé Laussedat, oficial do Corpo de Engenheiros do exército francês, é reconhecido como o precursor da fotogrametria. Laussedat compreendeu a importância da perspectiva geométrica na análise de fotografias para obter medições precisas, estabelecendo uma abordagem mais eficiente para representar a realidade ao preferir o uso de fotografias em vez de desenhos manuais. Sua contribuição foi significativa tanto para a teoria quanto para a prática da fotogrametria, uma vez que ele desenvolveu métodos matemáticos inovadores que permitiam a extração de informações tridimensionais a partir de imagens bidimensionais.

Além disso, é importante ressaltar que o trabalho pioneiro de Laussedat serviu como base para o desenvolvimento posterior da fotogrametria como disciplina

científica e técnica. Seus métodos e conceitos estabeleceram os fundamentos para avanços significativos na captura, análise e interpretação de imagens aéreas, desempenhando um papel crucial no desenvolvimento de tecnologias modernas de sensoriamento remoto e cartografia.

A visão visionária de Laussedat contribuiu de forma substancial para a evolução da fotogrametria, impactando positivamente uma ampla gama de campos, desde o planejamento urbano até a engenharia de sistemas de informação geográfica.

Figura 3-Caricatura de Nadar tirando fotografias aéreas — “Nadar elevando a fotografia à altura da Arte”, de Honoré Daumier (1863).



Fonte: Minkoff (2011, documento on-line).

Nogueira et al. (2023) enfatiza que, como resultado dos contínuos avanços tecnológicos, o campo da topografia está experimentando mudanças significativas. A introdução dos RPA, também conhecidos como drones, no contexto atual é um exemplo notável. Quando comparados aos métodos tradicionais de levantamento topográfico, esses veículos oferecem vantagens técnicas e econômicas.

De acordo com Silva e Segantine (2015). A fotogrametria é, de fato, uma técnica que permite o estudo e a definição das formas, dimensões e posição de objetos no espaço com base em medições obtidas a partir de fotografias ou imagens digitais. Diversos campos de estudos, como topografia, cartografia, geologia, engenharia e arquitetura, usam essa técnica. Além disso, a fotogrametria é dividida em dois ramos: fotogrametria terrestre e fotogrametria aérea (também conhecida como aerofotogrametria). Esses dois ramos têm diferentes aplicações e métodos de aquisição de dados. A Fotogrametria Terrestre se concentra em medições feitas a partir de pontos fixos no solo, enquanto a Fotogrametria Aérea envolve a obtenção de imagens aéreas, geralmente por meio de aviões ou drones adaptados com sensores fotogramétricos aerotransportados.

SILVA et al (2022) consolida afirmando que os avanços na fotogrametria e no sensoriamento remoto, principalmente na miniaturização e na resolução dos sensores estimularam a criação de uma variedade cada vez maior de aplicativos, onde as imagens digitais desempenham um papel importantíssimo. Também destaca sobre como a Visão Computacional (VC) está se tornando cada vez mais importante na fotogrametria. Algumas definições podem esclarecer esse conceito.

Definição da Fotogrametria: De acordo com a definição da International Society for Photogrammetry Remote Sensing (ISPRS), a fotogrametria é a derivação de medidas precisas e confiáveis a partir de fotografias. Isso enfatiza o objetivo principal da fotogrametria, que é extrair informações tridimensionais e métricas de imagens.

Sensoriamento Remoto: É definido como a obtenção de informações sobre um objeto a partir de um dispositivo que não está em contato direto com o objeto. Isso inclui coletar dados usando sensores em locais remotos como satélites, aviões, drones e outras plataformas.

Evolução da Tecnologia: Enfatiza a evolução tecnológica na fotogrametria e no sensoriamento remoto, incluindo o aumento da resolução das imagens e a miniaturização de sensores. As possibilidades de coleta de dados e a precisão das medições são aumentadas por essas evoluções tecnológica.

Integração da Visão Computacional: A Visão Computacional (VC) está desempenhando um papel cada vez mais importante na fotogrametria e nas

aplicações relacionadas. Os algoritmos de Visão Computacional e Processamento Digital de Imagens (PDI) automatizam a extração de informações de imagens, tornando os processos mais preciso e eficiente.

Unificação de Termos: Devido à crescente convergência entre a fotogrametria e a Visão Computacional, muitos termos e conceitos estão sendo modificados ou unificados. Isso mostra que essas áreas são interdisciplinares, o que significa que é necessário usar uma linguagem comum para descrever as técnicas e processos que estão envolvidos.

A fotogrametria pode ser categorizada de acordo com uma variedade de fatores, incluindo distância ao objeto, tipos de objetivo, tamanho do objeto a ser modelado, equipamentos usados e outros fatores.

A fotografia aérea é de fato um registro imediato dos detalhes do terreno a partir de uma perspectiva aérea. No entanto, a distância focal da lente da câmera, a altura de voo da aeronave no momento da captura, o tipo de filme utilizado e a presença de filtros são algumas das variáveis que afetam a qualidade e as características da fotografia aérea.

Figura 4-Níveis de obtenção de imagens por sensoriamento remoto



Fonte: Florenzano (2011, p. 48).

Segundo Trombeta et al (2019), a fotogrametria se divide em fotogrametria métrica e fotogrametria interpretativa. A fotogrametria métrica é um ramo da

fotogrametria que se concentra na coleta de medidas e métricas precisas de objetos no terreno a partir de imagens ou fotografias. Ela é usada com frequência em levantamentos planimétricos e topográficos, além de várias outras aplicações para medir ângulos, distâncias, volumes, áreas, elevações, tamanhos e formas de diferentes objetos na superfície da Terra. A fotogrametria interpretativa tem como objetivo identificar os objetos dispostos na superfície terrestre. Essa abordagem é dividida em fases de fotointerpretação e sensoriamento remoto.

Segundo Paredes (1987), para um levantamento fotogramétrico completo, deve ser feita uma cuidadosa programação do voo fotogramétrico, que tem por objetivo a obtenção da cobertura aerofotográfica da área do terreno, cujo levantamento topográfico será realizado por meio da fotogrametria.

Segundo Santos e Oliveira (2022), iniciou-se uma nova era para Fotogrametria, os últimos vinte anos foram marcados por grandes avanços nos campos da física óptica e da eletrônica, tornando possível a aquisição de dados mais detalhados. Uma evolução no campo da aerofotogrametria é a utilização de RPA para coletar dados topográficos. Esse conceito envolve a captura, medição e interpretação de imagens fotográficas para obter dados precisos e confiáveis sobre elementos físicos e o ambiente circundante.

A confiabilidade técnica e ampla gama de aplicações dos RPA destacam sua utilização em levantamentos aerofotogramétricos. Mas é importante lembrar que o processo requer a materialização de pontos geodésicos em campo. Esses pontos são localizados estrategicamente em toda a área relevante e suas coordenadas são documentadas. Esses pontos geodésicos estabelecem a correlação entre o sistema de coordenadas do terreno e o sistema de coordenadas das imagens obtidas. Esse processo é essencial para melhorar a precisão dos produtos criados durante o pós-processamento de imagens.

4.3. Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS)

Conforme observado por Silva e Segantine (2015), o GNSS é um sistema global de posicionamento que possibilita a determinação da localização de um receptor em qualquer ponto da Terra ou nas suas proximidades. Esse sistema fornece coordenadas cartesianas geocêntricas (X, Y, Z), as quais podem ser convertidas em

coordenadas geográficas (latitude, longitude, altura elipsoidal) ou coordenadas planas (leste, norte, altitude).

O Sistema GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) é definido por constelações de satélites que permitem determinar o posicionamento e localização de qualquer objeto no globo terrestre. Desse modo, dentre essas constelações temos: o GPS (Sistema de Posicionamento Global por Satélite com Tempo e Rastreamento), desenvolvido pelos Estados Unidos e em funcionamento desde 1973; o GLONASS (Sistema Global de Navegação por Satélite), da Rússia, que está em operação desde 1981, mas que só foi disponibilizado para uso civil em 2005; o GALILEO, desenvolvido e administrado pela União Europeia desde 2006, sendo o único sistema totalmente civil desde sua concepção; o BEIDU, da China, em operação desde 2008 (SILVA e SEGANTINE, 2015) e o SBAS (Sistema de correção de sinais).

Existem três abordagens de posicionamento com a tecnologia GNSS (SILVA e SEGANTINE, 2015):

O **posicionamento absoluto** (autônomo) baseia-se na medição direta das distâncias entre a antena receptora e os satélites, determinando as coordenadas através da trilateração espacial. Este método é mais simples, porém menos preciso, com uma precisão variando entre 3 e 15 metros.

O **posicionamento relativo** (pós-processado) envolve a operação de dois ou mais receptores rastreando os mesmos satélites simultaneamente. O princípio deste método é instalar um dos receptores em um ponto de coordenadas conhecidas (base), e então determinar as coordenadas dos pontos remotos a partir da instalação de outro receptor (hover), estabelecendo um vetor espacial entre os dois pontos, conhecido como linha de base.

E o **posicionamento diferencial** (processamento em tempo real), que é semelhante ao método relativo. Contudo, as correções diferenciais entre as coordenadas conhecidas e as calculadas da estação base são transmitidas para o receptor remoto durante a operação, permitindo a determinação precisa e em tempo real das coordenadas do receptor remoto.

No levantamento RTK (Real-Time Kinematic), além da comunicação entre o receptor base e a antena remota para transmitir correções diferenciais, é essencial compreender o papel das estações de referência. Estas estações, distribuídas

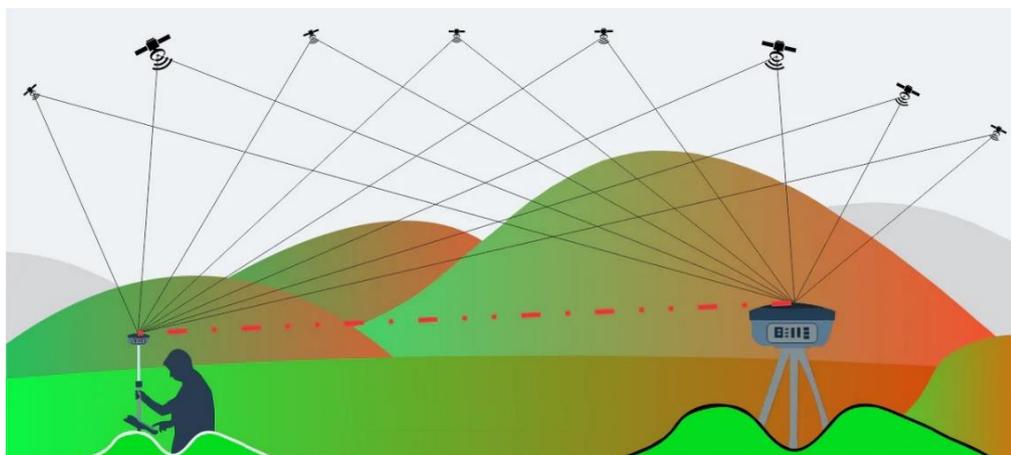
geograficamente, fornecem dados precisos sobre suas coordenadas conhecidas, permitindo ao receptor base calcular as correções necessárias para melhorar a precisão do posicionamento em tempo real.

Além disso, o sucesso do RTK também depende da disponibilidade e qualidade dos sinais de satélite, bem como das condições ambientais e atmosféricas. Interferências eletromagnéticas, obstáculos físicos e variações atmosféricas podem afetar a precisão do sistema, exigindo técnicas de mitigação de erro e calibração adequada.

O período de inicialização "*on the fly*" é crucial para que o sistema RTK estabeleça a solução de ambiguidade rapidamente e alcance a precisão desejada. Durante esse período, o receptor base e o receptor remoto realizam um processo de convergência para garantir que as correções diferenciais sejam aplicadas corretamente e que as coordenadas obtidas sejam confiáveis.

Portanto, para o sucesso do levantamento RTK, é fundamental considerar não apenas a tecnologia de comunicação entre os receptores, mas também fatores como a qualidade dos sinais de satélite, a configuração das estações de referência e a implementação de procedimentos adequados de inicialização e calibração. Essas considerações são essenciais para garantir a precisão e confiabilidade das medições em tempo real.

Figura 5-LEVANTAMENTO RTK COM RECEPTORES GNSS



Fonte: <https://adenilsongiovannini.com.br/blog/wp-content/uploads/2020/12/Curso-de-gps-aprenda-na-pratica.png>

5. MATERIAIS E MÉTODOS

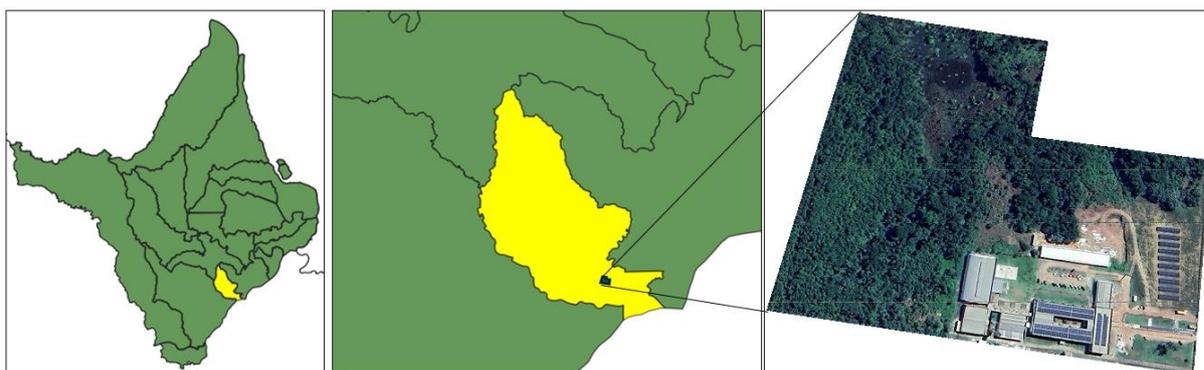
5.1. Área de estudo

Para este estudo de caso, foi analisada a área do IFAP campus Santana, uma escola técnica federal localizada na Rodovia Duca Serra, 1133, Fonte Nova, Santana - AP, 68925-000.

O surgimento do campus Santana do Instituto Federal do Amapá (IFAP) reflete o movimento de expansão da educação profissional, científica e tecnológica para regiões do interior do Brasil. Este campus representa a terceira unidade de ensino do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia no estado do Amapá, integrando a fase de expansão III da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Sua criação foi oficializada pela Portaria do Gabinete do Ministro da Educação, número 27, datada de 21 de janeiro de 2015

Desde a sua implantação, todas as unidades do IFAP precisam regularizar suas áreas junto à Secretaria de Patrimônio da União no Amapá (SPU/AP). Nesse contexto, o levantamento aerofotogramétrico assume extrema importância, tornando o uso de equipamentos geodésicos essencial para um resultado satisfatório.

Figura 6 – IFAP-Campus Santana, Localização: 9997755.8853 (N), 479853.8297 (E) - UTM



Fonte: Autor 2024

5.2. Levantamento por GNSS

Para garantir a precisão posicional de um levantamento, é fundamental empregar pontos de referência e/ou utilizar soluções como RTK/PPK. Neste estudo, adotou-se o método RTK, reconhecido como posicionamento cinemático, utilizando um par de receptores GNSS L1 e L2 Glonass RTK para fornecer posições em tempo

real. Conforme ilustrado na Figura 7, um dos receptores (base) é fixado no solo em um ponto de coordenadas previamente determinadas, enquanto o outro (rover) é transportado para os pontos de controle localizada nos limites do terreno do IFAP campus Santana e de pontos fixos de referência (prédios, usina fotovoltaica, passarela, etc), assim como alvos espalhados no terreno, realizando as correções e gerando as posições em tempo real. Uma desvantagem inerente a esta tecnologia é sua alta dependência da qualidade do sinal de rádio, que é essencial para a comunicação entre os receptores estacionário e móvel.

Figura 7 – Montagem do GNSS Base



Fonte: Autor 2024

5.2.1. Equipamentos

Para a realização deste levantamento foram utilizados os seguintes Equipamentos: Receptores GNSS: Real Time Kinematic (RTK) ou Posicionamento Cinemático em Tempo-Real é uma técnica de posicionamento relativo GNSS utilizada por sistemas como GPS, GLONASS, Galileo e outros. Através de métodos de posicionamento (Absoluto, Ponto Preciso, Relativo, Relativo/RTK), oferecem as

coordenadas de partida para a orientação e as coordenadas das posições de interesse. As coordenadas conhecidas necessárias serão encontradas usando este levantamento para aplicação do método de poligonação. Sendo assim, foi utilizado o receptor o GPS geodésico FOIF GNSS RTK A90, com precisão de pós-processamento (estático e estático rápido) de 2,5 mm + 1 ppm no sentido horizontal e 5 mm + 1 ppm no sentido vertical; velocidade de gravação de 0,1-999 segundos.

Figura 8 - Levantamento dos Pontos com RTK (Hover)



Fonte: Autor 2024

Figura 9 - Levantamento dos Pontos com RTK (Hover)



Fonte: Autor 2024

5.2.2. Pontos de Controle

Foi realizada uma medição com o método de posicionamento RTK em cada ponto escolhido no terreno. Na distribuição foram especificados 14 pontos de controle, conforme figura 10, nessa distribuição estão incluídos alvos fixos e alvos móveis.

Figura 10 - Pontos de Controle



Fonte: Google Earth, adaptado pelo Autor 2024

Os resultados de Latitude e Longitude, bem como a altura, estão apresentados na Tabela 1. Esses dados foram utilizados na análise da acurácia posicional planimétrica. Os pontos de verificação foram selecionados com o objetivo de obter uma distribuição espacial mais uniforme entre eles, visando otimizar a análise estatística ao máximo.

Essa distribuição otimizou a análise estatística, permitindo uma avaliação mais precisa da acurácia posicional. Além da distribuição, foram considerados outros fatores, como relevância e representatividade, os pontos foram alocados em áreas que pudessem influenciar significativamente o resultado do mapeamento.

Tabela 1 - Pontos de Controle Inicial

PONTOS	EAST (E)	NORTH (N)	ONDULAÇÃO GEOIDAL	ALTI. (H)
1	479790,8302	9997801,0810	-23,05	15,6829
2	479739,3246	9997869,8030	-23,05	9,7637
3	479898,3300	9997825,8120	-23,05	15,8683
4	479926,2857	9997694,7330	-23,05	16,8555
5	479951,7097	9997893,4420	-23,05	16,0653
6	479857,0624	9997903,0330	-23,05	5,4641
7	479773,9467	9997758,1600	-23,05	15,443
8	479553,2986	9997721,6130	-23,05	15,8067
9	479582,7286	9998034,1800	-23,05	1,6435
10	479752,5868	9997708,8510	-23,05	19,8062
11	479859,0309	9997712,7890	-23,05	17,4969
12	479924,4254	9997739,7680	-23,05	21,6524
13	479853,2772	9997767,1850	-23,05	15,0389
14	479820,0994	9997772,2710	-23,05	11,6505

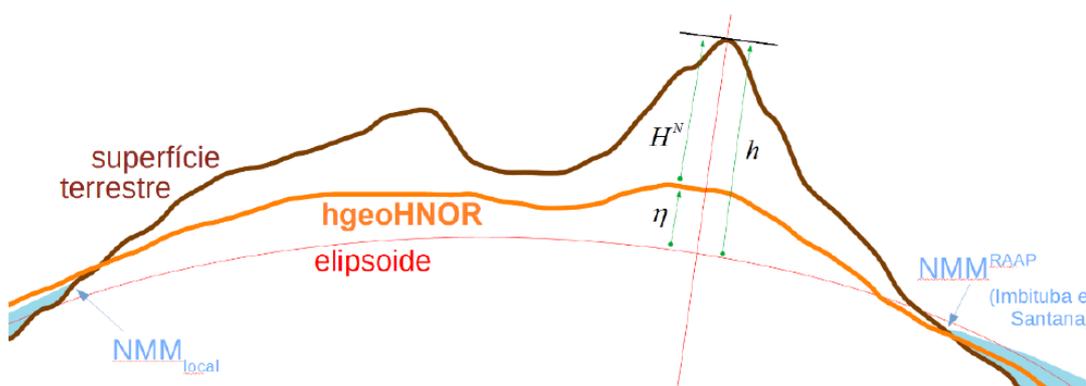
Fonte: Autor 2024

Diante de algumas inconsistências identificadas nos valores de altitude, provavelmente devido a falhas no equipamento GNSS do IFAP, tomamos a decisão de realizar um novo levantamento utilizando o GNSS da UNIFAP. O objetivo principal desse procedimento foi ajustar as altitudes dos pontos previamente coletados e, ao mesmo tempo, adicionar novos pontos de verificação. No novo levantamento, foi

levado em consideração o marco geodésico do IBGE 5000B, conforme relatório Geodésico anexo B, localizado dentro da UNIFAP Campus Santana, foram obtidas as coordenadas de 31 pontos em locais estratégicos, abrangendo a área de interesse, a cota ortométrica dos pontos antigos foram revisados e corrigidos com base nas novas medições, isso garantiu que as altitudes estivessem alinhadas com as coordenadas geográficas .

Usando como base o marco geodésico 5000B, e obtendo o fator para conversão (η), que no caso da região supracitado é de -23,05, e a altitudes geométricas (h) resultantes de medições GNSS, através da fórmula $H^N_{mod} = h - \eta$, obtemos a altitudes normais modeladas (HNmod), compatíveis com o REALT2018 em regiões onde não haja cobertura adequada da Rede Altimétrica de Alta Precisão – RAAP. A Figura 11, demonstra a diferença.

Figura 11 - Relação entre os modelos da série hgeoHNOR e as altitudes do SGB e dos GNSS



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geodésia.

Ao realizamos uma análise detalhada para verificar a consistência dos dados coletados, a qualidade e a precisão das medições foram avaliadas e garantiram uma maior confiabilidade do mapa resultante, os resultados foram documentados na Tabela 2, que contém informações detalhadas sobre cada ponto coletado.

Tabela 2 - Pontos de Controle e Verificação atualizado

TAG DO PONTO	N(m)	E(m)	Altura Elipsoidal(m)	Ondulação Geoidal (M)	Cota Ortométrica (m)
P5	9997892,4600	479951,4600	-9,17	-23,05	13,88
P6	9997903,1880	479856,3820	-17,60	-23,05	5,45
P9	9998039,3050	479580,9500	-21,15	-23,05	1,90

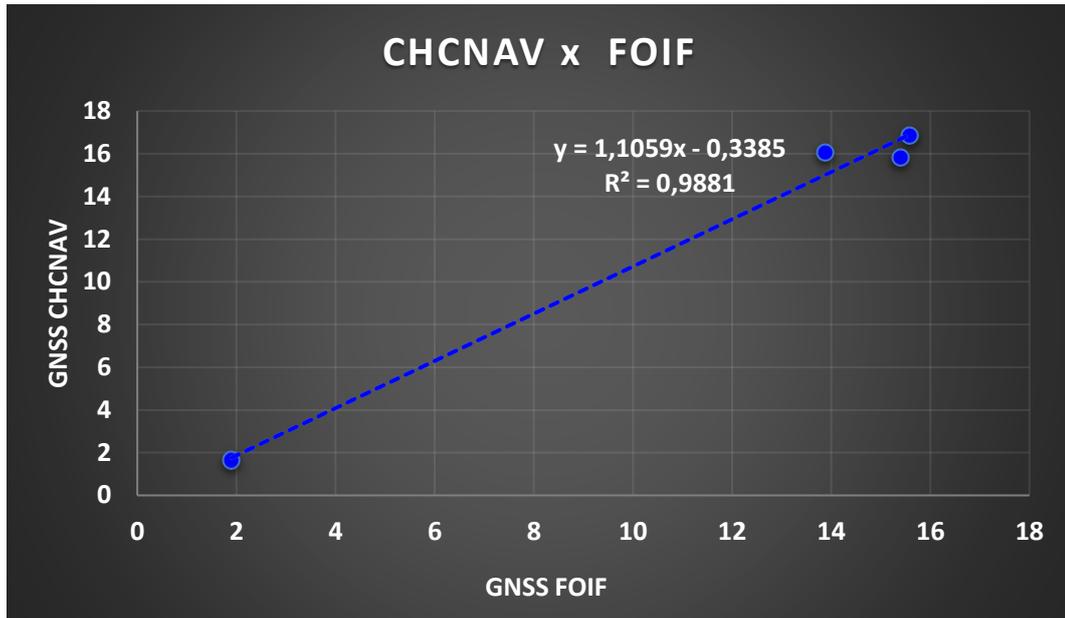
LG1	9998039,1650	479586,4080	-21,87	-23,05	1,18
LG2	9998041,7750	479572,0600	-20,05	-23,05	3,00
LG3	9997995,4500	479574,0150	-16,55	-23,05	6,50
LG4	9997961,0060	479563,1900	-14,91	-23,05	8,14
LG5	9997929,3480	479566,6050	-12,99	-23,05	10,06
P8	9997723,6740	479553,5950	-7,65	-23,05	15,40
TN1	9997713,3030	479542,5050	-7,06	-23,05	15,99
P4	9997693,5520	479927,0020	-7,46	-23,05	15,59
P12	9997735,8110	479931,4650	-7,61	-23,05	15,44
P11	9997713,2830	479858,9940	-7,41	-23,05	15,64
TN3	9997797,7990	479882,1270	-8,81	-23,05	14,24
TN4	9997812,0970	479886,8880	-9,21	-23,05	13,84
P3	9997824,0650	479899,4530	-9,55	-23,05	13,50
TN5	9997834,2220	479865,5030	-9,92	-23,05	13,13
TN6	9997819,4100	479846,6620	-10,78	-23,05	12,27
P1	9997799,6700	479792,1980	-10,72	-23,05	12,33
TN7	9997809,9180	479768,7060	-10,40	-23,05	12,65
TN8	9997782,9740	479787,9930	-8,86	-23,05	14,19
TN9	9997782,5450	479792,1230	-10,21	-23,05	12,84
TN10	9997764,2170	479790,4690	-9,55	-23,05	13,51
TN11	9997764,1930	479786,5300	-8,33	-23,05	14,72
TN12	9997758,2210	479797,1930	-8,07	-23,05	14,98
TN13	9997752,7100	479778,2850	-7,95	-23,05	15,10
P14	9997754,3950	479766,9210	-7,96	-23,05	15,09
TN15	9997754,9330	479835,5900	-7,84	-23,05	15,21
TN16	9997759,3310	479836,9680	-9,78	-23,05	13,28
TN17	9997774,9190	479840,9580	-9,83	-23,05	13,22
TN18	9997773,2740	479862,5310	-8,14	-23,05	14,92

Fonte: Autor 2024

Essa estratégia foi implementada com o objetivo de produzir um mapa de curvas de nível, conforme ilustrado na Figura 12, que seja mais minucioso e confiável. A elaboração de um mapa de curvas de nível consiste na representação gráfica das variações altimétricas em uma área específica. As curvas de nível conectam pontos com a mesma altitude, formando linhas que retratam o relevo do terreno de forma precisa. Pequenas variações altimétricas podem exercer um impacto significativo nos resultados finais, destacando a relevância de uma abordagem precisa e detalhada como a que foi empregada neste estudo.

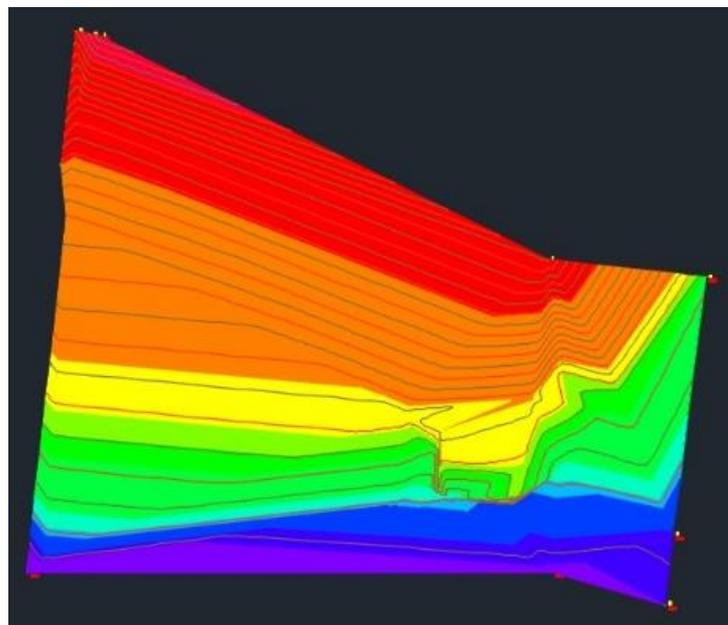
Foi feito uma correção de cota usando a função linear $y=1,1059x-0,3385$. Esta é uma equação de uma linha reta no plano cartesiano, onde 1,1059 é o coeficiente angular (ou inclinação) e -0,3385 é o coeficiente linear (ou interceptação y). Gerando o gráfico 1. O valor de $R^2=0,9881$ é o coeficiente de determinação, que indica o quão bem os pontos de dados se ajustam à linha de regressão.

Tabela 3 - Gráfico correlação de pontos



Fonte: Autor 2024

Figura 12 - Curvas de Nível



Fonte: Autor 2024

5.3. Software para processamento de imagens

Devido à utilização do receptor GNSS, será feita uma planta planialtimétrica digital, sendo assim, será necessário a utilização de alguns programas que viabilizassem a execução das etapas do levantamento, a saber:

Os softwares utilizados foram GEOCENTER, que é um software pago da Empresa Geocenter de São Paulo e o QGIS, ou Quantum GIS, que é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto e oferece um conjunto abrangente de ferramentas para visualização, análise e manipulação de mapas e dados geoespaciais.

5.4. Levantamento Aerofotogramétrico

5.4.1. Planejamento dos pontos (controle e verificação)

A distribuição estratégica dos pontos de controle (PC) dentro da área a ser mapeada desempenha um papel crucial na sua caracterização, mesmo que a região aparente ser homogênea. É essencial coletar dados em locais que representem toda a extensão da área, incluindo áreas de baixa altitude, elevações mais pronunciadas, regiões densamente urbanizadas e áreas adjacentes à vegetação. Essa abordagem visa aprimorar o processo de modelagem do terreno, proporcionando uma representação mais precisa e abrangente.

Além disso, é fundamental posicionar pontos de controle em áreas onde há sobreposições de voos planejadas, a fim de evitar anomalias no Ortomosaico resultantes de inconsistências de altitude. Tais anomalias podem se manifestar como discrepâncias visíveis, como "degraus" ou lacunas, na geração da ortofoto final. Essa precaução garante a qualidade e integridade do produto cartográfico gerado, evitando distorções indesejadas, assim como retrabalho e necessidade de novas coletas de dados.

5.4.2. Equipamentos

Para garantir a qualidade na realização da fotogrametria por meio do RPA, é fundamental dispor de uma plataforma robusta e estabilizada, capaz de realizar voos autônomos programados com precisão. Além disso, a escolha de um sensor de alta qualidade é crucial, uma vez que é ele quem desempenha o papel central na coleta dos dados necessários.

A plataforma deve oferecer estabilidade durante o voo para garantir a captura de imagens nítidas e livres de tremores, contribuindo assim para a precisão dos resultados da fotogrametria. A capacidade de programação para voos autônomos é essencial para permitir a execução de missões complexas de forma eficiente e repetível, garantindo uma cobertura completa da área alvo.

Neste trabalho utilizou-se o VANT modelo MAVIC 2 AIR da marca DJI (Figura 13).

Um dos principais diferenciais deste VANT é a sua estabilidade. Uma ótima estabilização é essencial na captura de imagens para o mapeamento aéreo.

Figura 13 - Drone MAVIC 2 AIR – MARCA DJI



Fonte: DJI 2024

- Alvos naturais: Alvos naturais desempenham um papel crucial no mapeamento aéreo de zonas urbanas, onde há uma abundância de detalhes visíveis no solo que podem servir como pontos de controle. No contexto deste projeto, uma variedade de características urbanas foi selecionada como alvos naturais, incluindo prédios, uma usina fotovoltaica e uma passarela. A escolha desses elementos como alvos naturais se baseia na sua proeminência e facilidade de identificação nas imagens aéreas. Prédios, por exemplo, oferecem estruturas distintas e facilmente reconhecíveis, enquanto uma usina fotovoltaica pode apresentar padrões visuais únicos que auxiliam na geolocalização e alinhamento das imagens. Da mesma forma, uma passarela pode servir como uma referência clara e estável no terreno. Ao utilizar esses alvos naturais, busca-se garantir uma distribuição adequada dos pontos de controle ao longo da área mapeada, o que contribui para a precisão e qualidade do processo de fotogrametria. Além disso, a inclusão de elementos urbanos como pontos de controle permite uma integração mais eficaz dos dados coletados com o ambiente construído, resultando em mapas mais detalhados e precisos.

- Alvos pré-sinalizados: Além dos alvos naturais, em algumas áreas da região de estudo, não são encontrados detalhes do solo visíveis o suficiente para servir como pontos de controle nas imagens aéreas. Nessas situações, alvos artificiais foram estrategicamente implantados e sinalizados antes do voo, dando origem ao que é conhecido como um levantamento aéreo pré-sinalizado. Esse método envolve a colocação deliberada de alvos artificiais, conforme ilustrado na Figura 14, em locais estratégicos da área de interesse. Esses alvos artificiais são então medidos com precisão antes do início do aerolevanteamento e marcados visualmente para facilitar sua identificação durante o voo. A implantação de alvos pré-sinalizados é uma prática comum em situações em que a topografia do terreno não fornece pontos de controle adequados para a fotogrametria. Ao criar esses alvos artificialmente, garante-se uma distribuição uniforme e adequada de pontos de controle em toda a área mapeada, o que é essencial para a precisão e qualidade dos resultados.

Figura 14 - Alvo artificial



Fonte: Autor 2024

5.4.3. Cadastro do VANT's ou RPA

Conforme a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), todos os RPA com peso variando de 250 gramas a 25 quilos devem ser certificados por esta entidade. Esse representa o primeiro passo no processo de legalização do seu equipamento.

Essa certificação é o ponto de partida para a obtenção da autorização de voo do RPA, uma vez que o registro ajudará a evitar interferências da tecnologia com outros serviços que operam na faixa de radiofrequência.

Para efetuar esse registro, é necessário acessar o portal da Agência, completar um formulário e quitar uma taxa. Após a confirmação do pagamento, seu requerimento será avaliado.

Após a certificação ser concedida pela Anatel, é preciso registrar o RPA na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Se o dispositivo exceder 25 kg, será exigido um Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE). Esse certificado atesta sua aptidão para operar o RPA.

Posteriormente, é necessário efetuar um cadastro no SARPAS (Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas), sob a supervisão do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Este órgão, vinculado à Aeronáutica, é responsável por regular todas as atividades no espaço aéreo brasileiro, incluindo helicópteros, aviões e RPA. O objetivo desse controle é garantir a segurança das pessoas e do espaço aéreo, prevenindo colisões, autorização emitida conforme Figura 15.

Figura 15 - Certidão de Cadastro do DRONE

05/02/2024, 17:24		Certidão Drone	
		REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL FEDERALATIVE REPUBLIC OF BRAZIL AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL NATIONAL CIVIL AVIATION AGENCY	
CERTIDÃO DE CADASTRO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA – USO NÃO RECREATIVO UNMANNED AIRCRAFT INSCRIPTION CERTIFICATE - NON-RECREATIONAL			
Esta certidão de cadastro, emitida de acordo com o RBAC-E nº 94, é válida até 09/11/2025 salvo em caso de cancelamento, suspensão ou revogação pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira. <i>This inscription certificate, issued in accordance with RBAC-E nr. 94, shall remain valid until 11/09/2025 unless it is cancelled, suspended or revoked by the Brazilian Civil Aviation Authority.</i>		Nº do cadastro (Register Number): PP-202323922 Uso (Purpose): não recreativa (non-recreativa) Ramo de atividade principal (Business): Aerolevantamento - Aerofotogrametria Fabricante (Maker): DJI Modelo (Model): Phantom 4 Pro (WM331A) Nº de série (Serial Number): OAXDCFOA20706 Peso máximo de decolagem (MTOW): 1,39 Informações adicionais (additional information): Não há.	
Operador (Operator): Oswaldo C. de M. Vasconcelos Documento (document): CPF: XXX.XXX.XXX-XX		O descumprimento da regulamentação aplicável pode ensejar consequências administrativas, civis e/ou criminais para o infrator. <i>Not complying with the applicable regulations may result in administrative and/or legal penalties for the transgressor.</i>	

Fonte: Autor 2024

5.4.4. Autorização de Voo

Devido ter uma legislação específica, todo e qualquer voo de RPA, deverá ser feito um pedido de autorização ao SARPAS (Solicitação de Acesso de Aeronaves

Remotamente Pilotadas) que é uma plataforma digital, Figura 16, que foi desenvolvido com o objetivo de facilitar a solicitação de acesso ao Espaço Aéreo para o uso de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS/DRONES) no Espaço Aéreo Brasileiro, e conforme Figura 17, foi autorizado o uso do Drone.

Figura 16 - Site do SARPAS



Fonte: <https://servicos.decea.mil.br/sarpas/>

Figura 17 - Autorização de voo de RPA



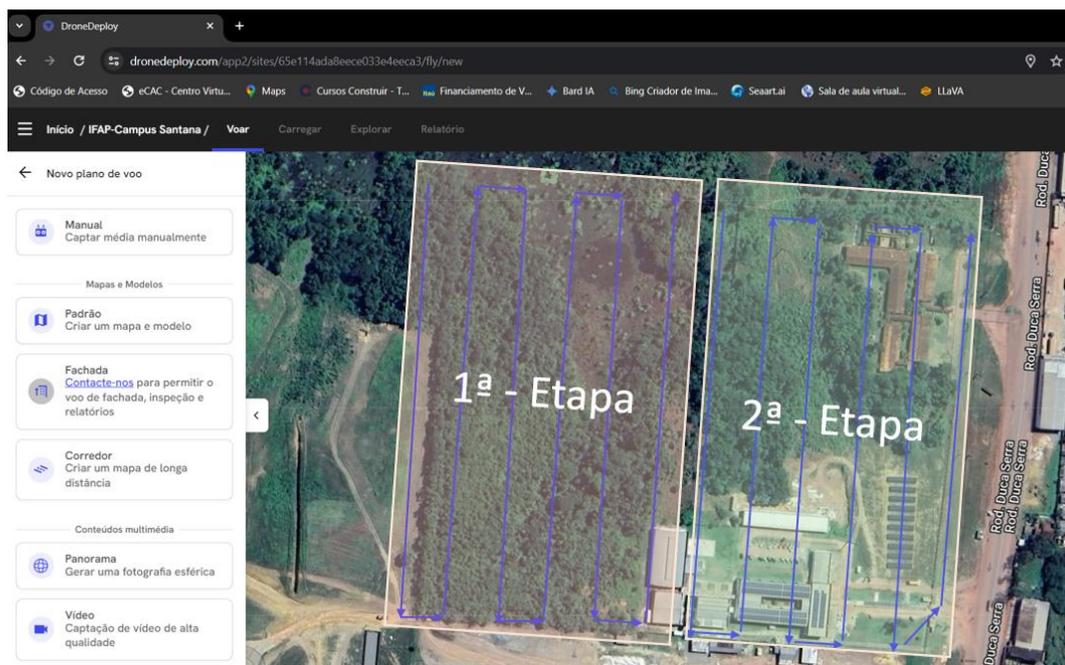
Fonte: <https://servicos.decea.mil.br/sarpas/>

5.4.5. Planejamento do voo

Para determinar a trajetória ideal da aeronave e a cobertura adequada da área a ser mapeada, são empregados no programa DroneDeploy, que é um software

especializado no planejamento e execução de voos automatizados para Veículos Aéreos Não Tripulados da marca DJI. No processo de planejamento, considerando o tempo de voo limitado pela autonomia da bateria do equipamento (aproximadamente 25 minutos) e o tempo estimado de sobrevoo (35 minutos), foi preciso dividir a missão em duas etapas. A Figura 18 ilustra a área de cada etapa. Essa estratégia permitiu que o equipamento continuasse operando sem interrupções significativas, garantindo um sobrevoo contínuo e a coleta eficiente de dados. É importante ressaltar que o gerenciamento adequado do tempo de voo e a manutenção das baterias são cruciais para o sucesso de missões aéreas com drones e outros equipamentos similares. A otimização desses processos contribui para a eficácia das operações e a obtenção de resultados confiáveis, minimizando falhas e corrigindo eventuais erros.

Figura 18 - Planejamento de voo DroneDeploy



Fonte: Autor 2024

5.4.6. Processamento dos dados do voo

O procedimento computacional empregado para processar as imagens obtidas no aerolevantamento envolveu o uso do software Argisoft Metashape, na versão 1.8. que é um software poderoso que se destaca no processamento fotogramétrico de imagens digitais, permitindo a geração de dados espaciais em 3D. Sua funcionalidade abrange desde o processamento automatizado inteligente, adequado para iniciantes na fotogrametria, até opções avançadas que oferecem um

alto nível de controle para especialistas no assunto. Uma das principais vantagens do Agisoft Metashape é sua interface intuitiva, o que facilita o uso mesmo para usuários não especializados no campo da fotogrametria. Isso permitiu que iniciantes na área, pudessem utilizar o software e a realizar tarefas básicas de processamento de imagens e geração de modelos MDE e Ortomosaico.

O fluxograma (representado na Figura 19) delinea essas etapas de maneira organizada e sequencial. Vamos explorar cada uma delas:

1. Adição das Imagens ao Projeto:

Começamos importando as imagens capturadas pelo drone para o Metashape. Essas imagens servirão como base para a reconstrução tridimensional.

2. Ajuste do Sistema de Coordenadas:

É fundamental definir o sistema de coordenadas correto para o projeto.

Isso garante que todas as medições sejam consistentes e alinhadas com a realidade geográfica.

3. Alinhamento das Imagens:

Nesta etapa, o Metashape busca pontos em comum nas imagens e as combina em pontos de ligação.

O objetivo é criar uma nuvem de pontos que represente a superfície do terreno.

4. Alinhamento dos Pontos de Apoio:

Os pontos de apoio são pontos com coordenadas conhecidas que servirão como referência.

Eles são essenciais para garantir a precisão do modelo final.

5. Densificação da Nuvem de Pontos:

O Metashape calcula a posição tridimensional de cada ponto na nuvem.

Isso resulta em uma nuvem densa que representa a superfície do terreno.

6. Geração do Modelo 3D e Ortomosaico:

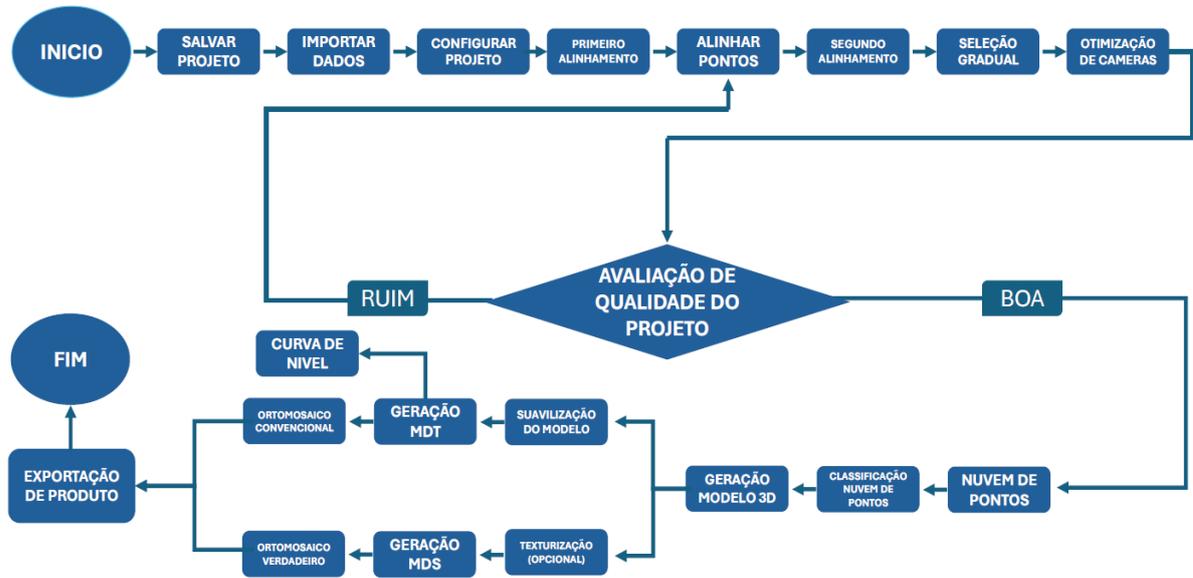
Com base na nuvem de pontos densa, o Metashape cria o modelo 3D.

Além disso, é gerado o ortomosaico, que é uma imagem ortogonal corrigida em escala.

7. Curvas de Nível e Outros Produtos:

A partir do modelo 3D, podemos gerar curvas de nível, mapas de elevação e outros produtos cartográficos.

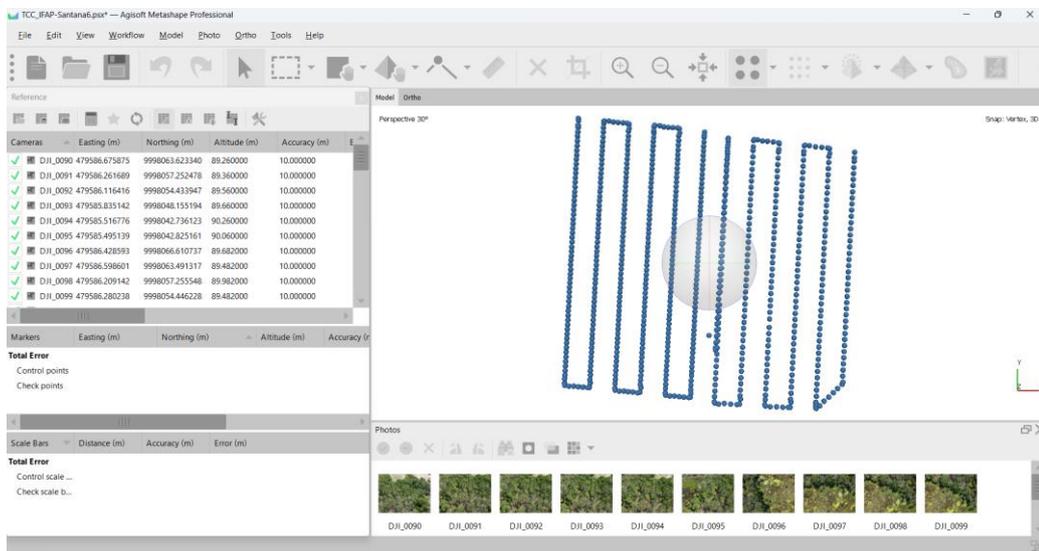
Figura 19 - Fluxograma de Processamento Agisoft Metashape



Fonte: Autor 2024

O primeiro processamento é o alinhamento das imagens, no levantamento em questão foram obtidas 724 imagens, que serão alinhadas conforme figura 20.

Figura 20 - Coordenadas de Log de Voos

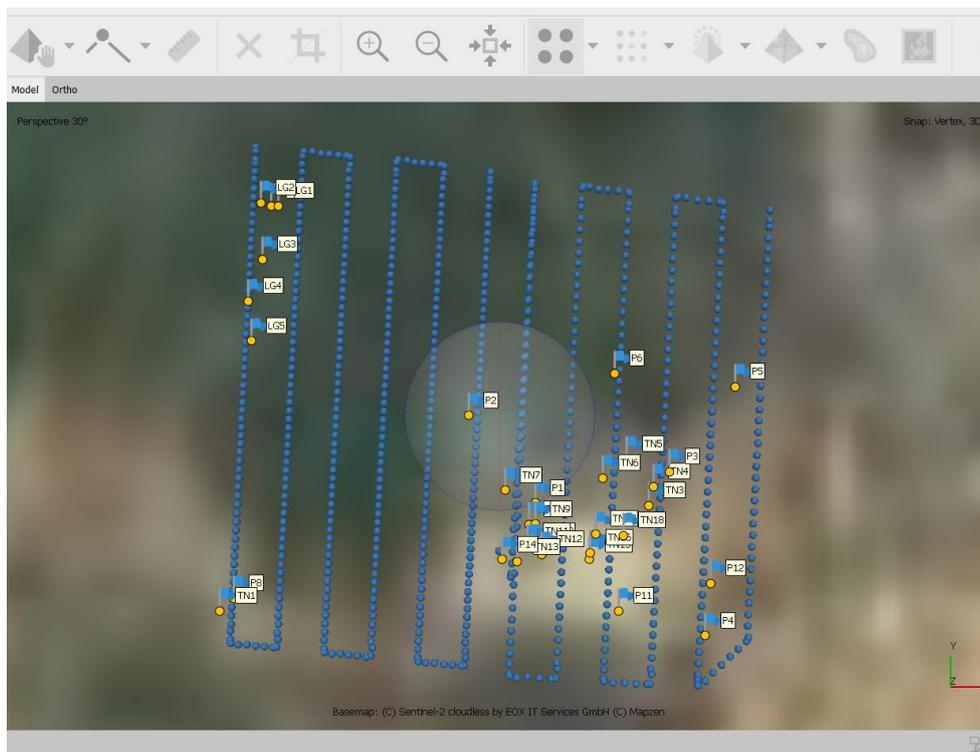


Fonte: Autor 2024

Seguindo com o processamento, conforme Figura 21, o sistema de coordenadas está materializado no terreno, e podemos realizar a pontaria dos pontos de apoio. Essa etapa é crucial para garantir a precisão das medições. Os pontos de

apoio, devidamente alinhados com o sistema de coordenadas, servirão como referência para todo o levantamento topográfico. É importante que sejam escolhidos com cuidado, considerando sua visibilidade, estabilidade e representatividade na área de interesse.

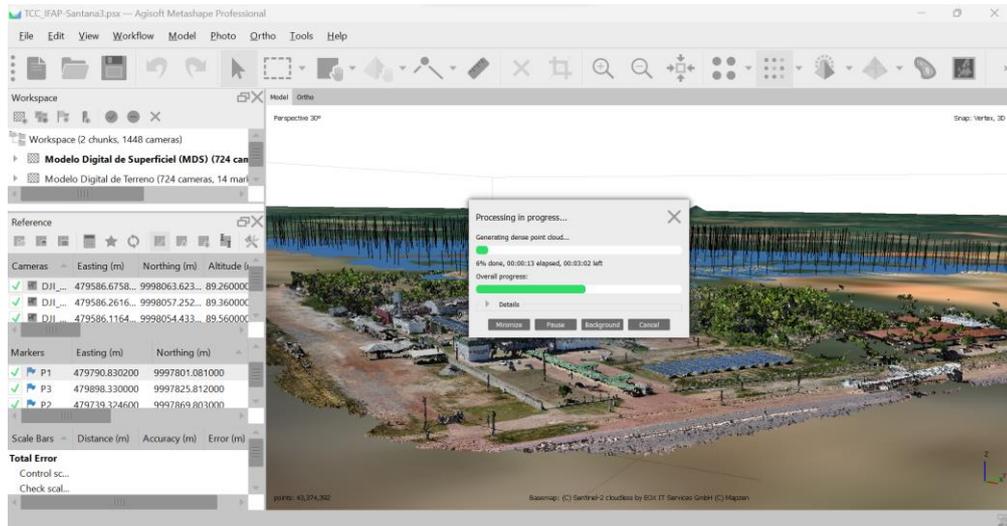
Figura 21 - Pontos de Apoio e Verificação



Fonte: Autor 2024

No software Agisoft Metashape, a etapa de criação de um modelo tridimensional é crucial e envolve o tratamento meticuloso das imagens capturadas. A partir desse modelo, uma série de processos são realizados para gerar os produtos finais desejados (conforme exemplificado na Figura 22). Esses processos incluem a reconstrução da geometria do terreno, a texturização das superfícies e a criação de ortofotos precisas.

Figura 22 - Processamento da Imagens Agisoft Metashape



Fonte: Autor 2024

A ortorretificação é um procedimento crucial na fotogrametria, pois visa corrigir as distorções geométricas presentes nas imagens aéreas. Essas distorções podem ser causadas por fatores como a inclinação do terreno, a altitude do voo e a perspectiva da câmera. Observamos na figura 23 onde o alvo está desalinhado com o ponto fornecido pelo GNSS.

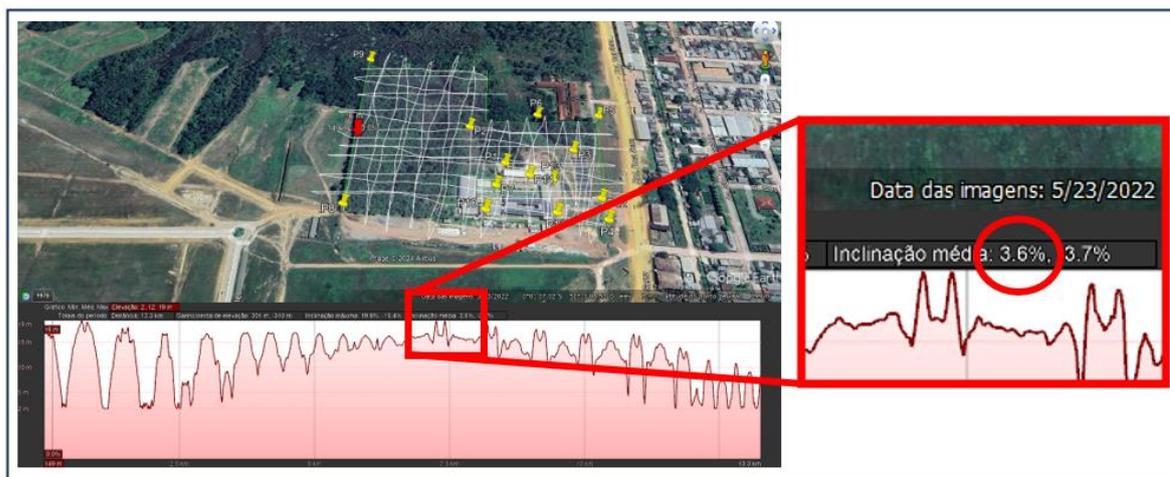
Figura 23 - Alvo demarcado e Marcadores



Fonte: Autor 2024

Para os pontos serem classificados como pertencentes ao terreno é necessário passar nos 3 parâmetros de filtragem, o primeiro é o ângulo entre o perfil do terreno e o objeto que está acima do terreno, essa informação obtemos através do Software Google Earth, abrimos a área de interesse no software fixamos um caminho e encontraremos a inclinação média do terreno, no caso 3,6%, conforme Figura 24.

Figura 24 - Inclinação Média do Terreno



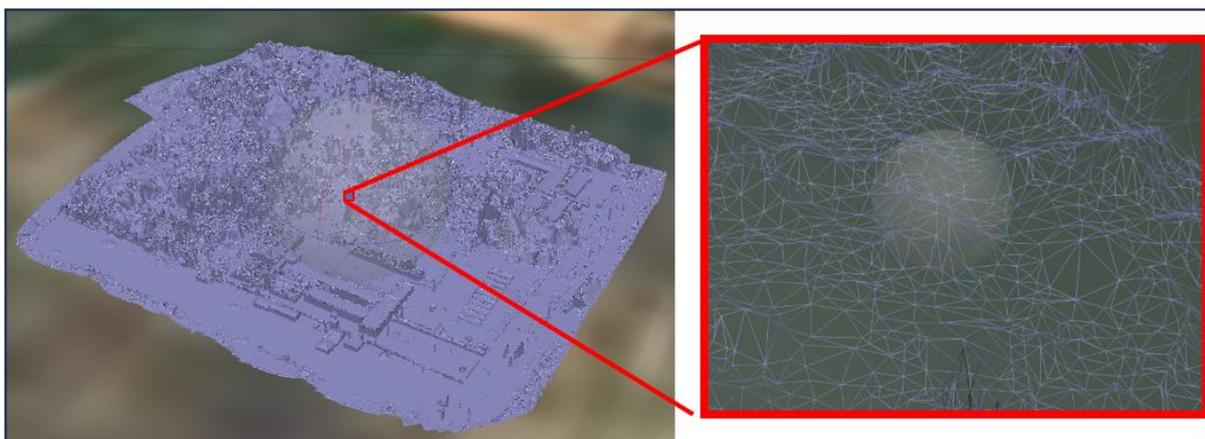
Fonte: Google Earth, adaptado pelo Autor 2024

Os outros dois parâmetros, são Distância Máxima e Tamanho da Cédula, ambos informados no Metashape.

Prosseguindo com o processamento das imagens, podemos construir os modelos tridimensionais, MDT e MDS, através das malhas triangulares.

As malhas triangulares são uma forma amplamente utilizada de representação geométrica em computação gráfica e modelagem 3D. Consistem em conjuntos de triângulos interligados por arestas ou vértices compartilhados, figura 25. Essas malhas viabilizam a manipulação e visualização de superfícies de alta complexidade. No processamento em questão observa-se um desarranjo de triangulação em alguns pontos, devido principalmente a uma área bastante intensa de vegetação alta.

Figura 25 - Malha de Triangulação



Fonte: Autor 2024

O propósito para processamento das fotografias aéreas é a construção de um Mapa Topográfico, rico em detalhes de superfície, esse Mapa acrescido de um memorial descritivo, será apresentado para Secretaria de Patrimônio da União no Amapá (SPU/AP).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do método de aerolevanteamento utilizando aeronaves remotamente pilotadas (RPA), com foco na geração de um produto cartográfico de baixo custo para o cadastro na Secretaria de Patrimônio da União. O levantamento aerofotogramétrico empregou o uso do RPA para registrar 724 imagens sobre uma área de aproximadamente 10 hectares, resultando na produção de uma ortofoto do IFAP- Campus Santana.

A pesquisa utilizou voos conduzidos com o RPA MAVIC 2 AIR da marca DJI e empregou demonstrações qualitativas e quantitativas para avaliar a qualidade das imagens capturadas durante o levantamento fotogramétrico. Os resultados indicaram que o mapa gerado apresenta uma precisão de 7,19 cm por pixel, conforme evidenciado no relatório de processamento do software Agisoft (Anexo II).

Além disso, o Erro Quadrático Médio (RMSE) foi calculado como uma medida da dispersão dos valores residuais, proporcionando uma avaliação da precisão em todas as direções (X, Y e Z). Esses resultados são detalhados na Tabela 3, fornecendo uma visão abrangente da qualidade do produto cartográfico gerado a partir do aerolevanteamento com RPA.

Tabela 4 - Tabela de erro RMSE

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
P1					
P2	-21.879	-7.60946	0.915933	23.1826	14.342 (3)
P3	13.7724	-7.83386	0.117974	15.845	20.344 (3)
P4					
P5					
P6					
P7	3.95877	11.1544	-0.084536	11.8364	7.244 (5)
P8	4.13375	4.31777	-0.500688	5.99847	14.369 (5)
P9					
P10					
P11					
P12					
P13					
P14					
Total	13.2394	8.09841	0.526945	15.5288	14.039

Fonte: Software Agisoft 2024

Isso implica que existe uma discrepância de até 0,14 metros entre a posição registrada pelo GPS do dispositivo durante a coleta das imagens e a posição corrigida durante o processamento do mapa. É importante ressaltar que essa margem de erro não invalida a precisão do mapa; ao contrário, a precisão aumenta significativamente após o processamento. No entanto, o fato de não terem sido utilizadas outras ferramentas para obtenção de referências durante a coleta das imagens deixa uma lacuna em relação à precisão das mesmas.

6.1.1. Geração dos Produtos: Ortomosaico e Modelo Digital de Elevação (DEM).

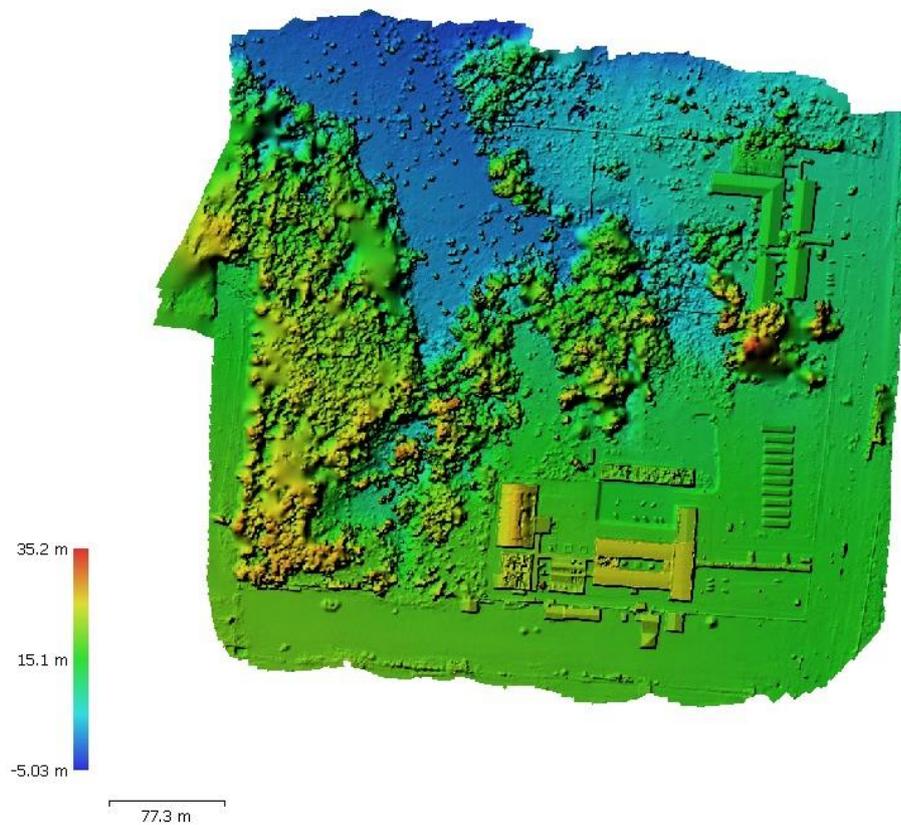
Em virtude da qualidade do processo de processamento realizado, tornou-se evidente que o Ortomosaico, Figura 26, gerado demonstrou ser adequado para a produção do Modelo Digital de Elevação (DEM), Figura 27, Modelo Digital de Superfície (MDS), Figura 28 e Modelo Digital de Terreno (MDT), Figura 29. Tal constatação é respaldada pelas representações visuais fornecidas pelas figuras apresentadas abaixo:

Figura 26 - Ortomosaico Campus Santana



Fonte: Autor 2024

Figura 27 - Modelo Digital de Elevação (DEM)



Fonte: Autor 2024

Figura 28 - Modelo Digital de Superfície - MDS



Fonte: Autor 2024

Figura 29 - Modelo Digital de Terra (MDT)



Fonte: Autor 2024

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise do objeto de estudo desta monografia, observa-se que a utilização do RPA em conjunto com a aerofotogrametria proporciona vantagens significativas em termos de produtividade e obtenção rápida de uma grande quantidade de pontos e informações. Além disso, essa abordagem possibilita o cálculo de volumes, fornecendo resultados mais fiéis à realidade do terreno devido ao detalhamento obtido pela nuvem de pontos.

Essas tecnologias apresentam um enorme potencial em benefício de diversas áreas de pesquisa. A rapidez na execução de tarefas e a facilidade de uso como ferramentas para o desenvolvimento de mapas com imagens são extremamente vantajosas na obtenção ágil de dados.

No entanto, em áreas com obstáculos, como é o caso do ambiente estudado, exemplificado por densa cobertura vegetal ou áreas de ressaca, torna-se imprescindível o uso da Topografia Convencional através do GNSS. Isso ocorre porque apenas o RPA não proporciona interpolações suficientes para gerar um Modelo Digital de Terreno (MDT) preciso, e conseqüentemente, um Modelo Digital de Superfície (MDS).

Com base nesses modelos, é evidente a representação de uma extensa área ainda não desenvolvida. A partir deste estudo, torna-se possível realizar um planejamento eficaz para projetos futuros de expansão do campus, como a construção de novas instalações ou a condução de estudos ambientais.

O objetivo principal do trabalho, que incluía o levantamento planimétrico, a definição de limites e a aquisição de dados de área para o cadastramento junto à Secretaria do Patrimônio da União (SPU), foi alcançado com sucesso. O uso de RPA emerge como uma tendência e facilita esse tipo de levantamento em comparação com métodos tradicionais. No entanto, no que diz respeito à altimetria, o uso exclusivo de RPA ainda apresenta limitações e uma alta probabilidade de erro. As elevações mostradas no MDE, não podem ser consideradas para fins de altimetria, pois, durante o levantamento, enfrentamos vários contratemplos, especialmente devido a falhas nos equipamentos utilizados. Essas dificuldades destacam a necessidade de investigações e estudos futuros dedicados à altimetria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOUBECK, A. **Topografia.Curitiba**: Universidade Federal do Paraná, 1989.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9 ed. Rio de Janeiro, Globo, 1987.

BORGES, A. C. **Topografia Aplicada à Engenharia**. Blucher, 2013.

SANTOS, D. G. da S.; RODRIGUES, M. V.; ALVES, J. A. da C.; MORAES, V. H. de; CARDOSO, G.G.G. **Estudo de áreas em levantamento planimétrico por caminhamento e irradiação em teodolito digital e analógico**. *Revista Brasileira de Geomática*, v.2, n. 1, p. 2-7, 2014

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para engenharia: Teoria e prática de geomática**. 1. ed. São Paulo: Editora Elsevier, 2015. 412 p. (livro meu)

MCCORMAC, J. **Topografia**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017. (Livro IFAP)

FORTUNATO, B. Q.; NETTO, S. O.A.; BARBALHO, L.V. **Levantamento Topográfico do Campus UERJ Maracanã para regularização Patrimonial**. *Revista Brasileira de Geomática*, v. 7, n. 2, p. 115-129, abr/jun. 2019.

NETO JÚNIOR, José Machado Coelho; ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; ANDRADE, Julio da Silva C. O. **Topografia Geral**. Recife: Edufrpe, 2024. 156 p.

BRITO, J. L. N. e S.; COELHO FILHO, L. C. T. **Fotogrametria Digital** . Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2007.

TROMBETA, Letícia R A.; OLIVEIRA, Luiz F. R de; PELINSON, Natália S.; et al. **Geoprocessamento**. Porto Alegre: Grupo A, 2019. E-book. ISBN 9786581492120. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9786581492120/>. Acesso em: 29 out. 2023.

SANTOS, Daniel Rodrigues dos; OLIVEIRA, Henrique Cândido de. **Princípios de aquisição e processamento de dados espaciais**. São Paulo: Editora Blucher, 2022. E-book. ISBN 9786555065565. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9786555065565/>. Acesso em: 29 out. 2023.

Fabiano C. Nogueira et al. **Rede Convolucional Aplicada na Detecção Automática De Pontos de Controle Geodésicos dm Imagens Aéreas para Utilização em Ajustamento Fotogramétrico e Dd Ortomosaicos** . In: Anais Do Xx Simpósio

Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 2023, Florianópolis. Anais eletrônicos... São José dos Campos, INPE, 2023. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2023/trabalhos/rede-convolucional-aplicada-na-deteccao-automatica-de-pontos-de-controle-geodesi?lang=pt-br>> Acesso em: 29 out. 2023.

NAVARRO, J. D.; GARCIA, A.; RIBEIRO, G. L.; SZESZ, A. J.; VAZ, M. S. M. G. **Índices de vegetação para imagens capturadas por veículos aéreos não tripulados**. In: XSBIAGRO, 10., 2015. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Anais. Ponta Grossa, 2015.

SILVA, L. S.; ZANONI, V. A. G.; PAZOS, V. C.; SANTOS, L. M. A.; JUCÁ, T. R. P. **Fotogrametria com imagens adquiridas com drones: do plano de voo ao modelo 3D**. Brasília, DF; Editora Universidade de Brasília, 2022.

EISENBEISS, H. VANT **Photogrammetry**. Zurich, University of Technology Dresden. Doctor of Sciences, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Modelo hgeoHNOR2020 para Conversão de Altitudes Geométricas em Altitudes Normais**. Brasília, DF: IBGE, 2023.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Mapa das Curvas de Nível IFAP–Campus Santana;

APÊNDICE B – Planta Planimétrica do IFAP–Campus Santana;

ANEXOS

ANEXO A – Relatório do Processamento – Agisoft Metachape;

ANEXO B – Relatório de Estação Geodésica: 5000B – IBGE;

4795000.000

9997000.000

9997900.000

9997800.000

9997700.000

4796000.000

4797000.000

4798000.000

4799000.000

4800000.000

4795000.000

9998000.000

9998900.000

9998800.000

9998700.000

4796000.000

4797000.000

4798000.000

4799000.000

4800000.000

4795000.000



Pontos	(E(m))	(N(m))
P1	479790,0000	9997801,0000
P2	479739,0000	9997869,0000
P3	479898,0000	9997825,0000
P4	479926,0000	9997694,0000
P5	479951,0000	9997893,0000
P6	479857,0000	9997903,0000
P7	479773,0000	9997758,0000
P8	479553,0000	9997721,0000
P9	479582,0000	9998034,0000
P10	479752,0000	9997708,0000
P11	479859,0000	9997712,0000
P12	479924,0000	9997739,0000
P13	479853,0000	9997767,0000

Legenda

○ Coordenadas RTK

□ Poligonal Campus Santana IFAP

Recorte Drone Mavic Mini 2

■ Banda 1 (Red)

■ Banda 2 (Green)

■ Banda 3 (Blue)

IFAP CAMPUS SANTANA

ÁREA TOTAL: 100413,83880647 m²

DATUM: SIRGAS 2000 / 22 S UTM

EPSG:31982

PROFESSOR: Dr. OSVALDO VASCONCELOS

TÉCNICO: Cley Jackson Feitoza

ACADÊMICOS: ALESSANDRA FACUNDES

ARNALDO MIRA

MARLUCE COSTA

SEBASTIANA SILVA

SEBASTIAO VIANA

SILAS FERREIRA



Agisoft Metashape

Processing Report
19 February 2024



Survey Data

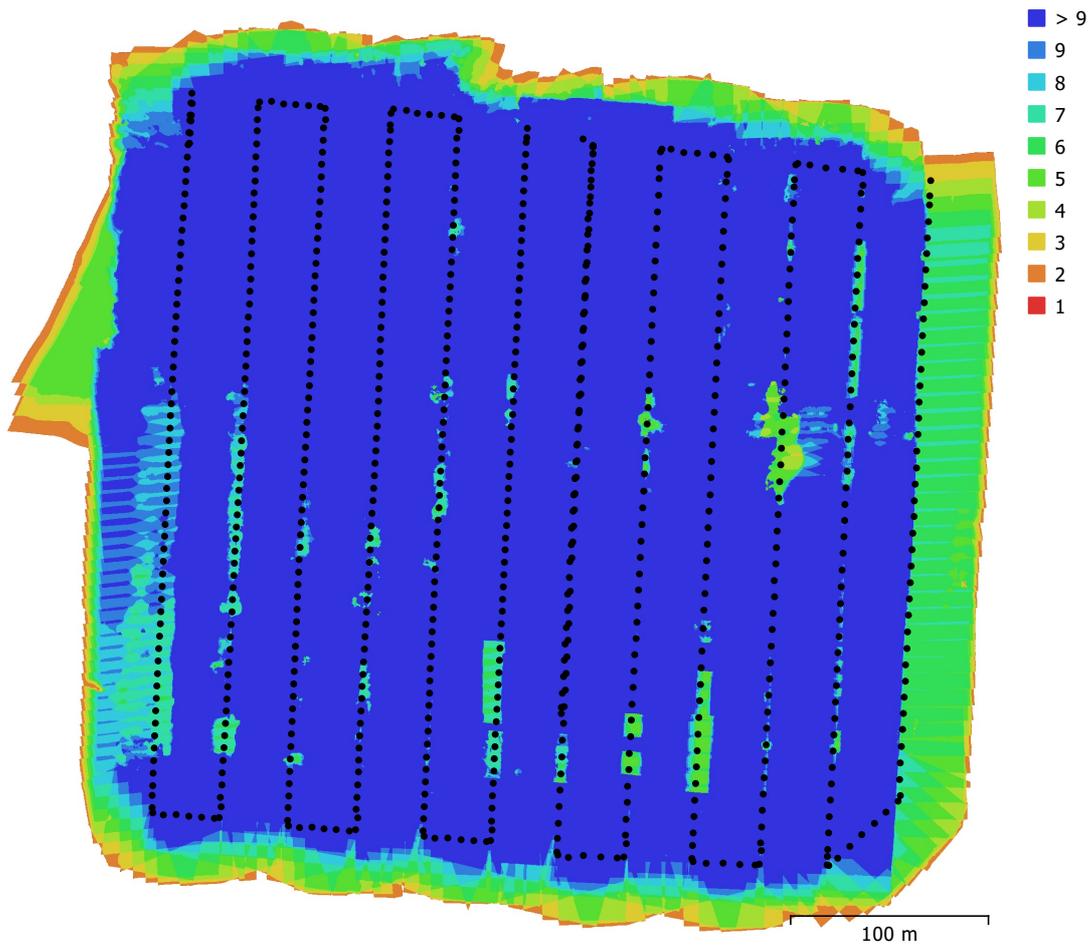


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	724	Camera stations:	724
Flying altitude:	54.5 m	Tie points:	1,084,752
Ground resolution:	1.8 cm/pix	Projections:	4,347,240
Coverage area:	0.193 km ²	Reprojection error:	1.12 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC7303 (4.49mm)	4000 x 3000	4.49 mm	1.62 x 1.62 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

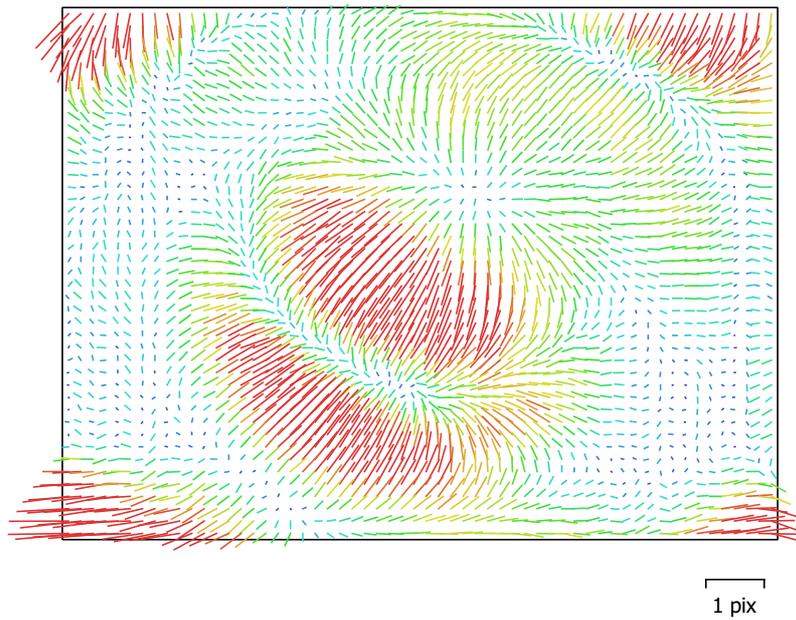


Fig. 2. Image residuals for FC7303 (4.49mm).

FC7303 (4.49mm)

724 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	4000 x 3000	4.49 mm	1.62 x 1.62 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3016.23	0.31	1.00	0.02	0.61	0.16	-0.12	0.11	-0.02	0.09
Cx	-16.6335	0.035		1.00	0.02	-0.01	0.01	-0.01	0.38	0.02
Cy	-8.09851	0.04			1.00	0.11	-0.08	0.07	-0.01	0.43
K1	0.0168441	3.5e-05				1.00	-0.87	0.82	-0.01	0.13
K2	-0.0332603	0.0001					1.00	-0.98	0.02	-0.01
K3	0.0207569	0.0001						1.00	-0.02	0.01
P1	-0.000702144	2e-06							1.00	0.02
P2	0.000595374	2.4e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

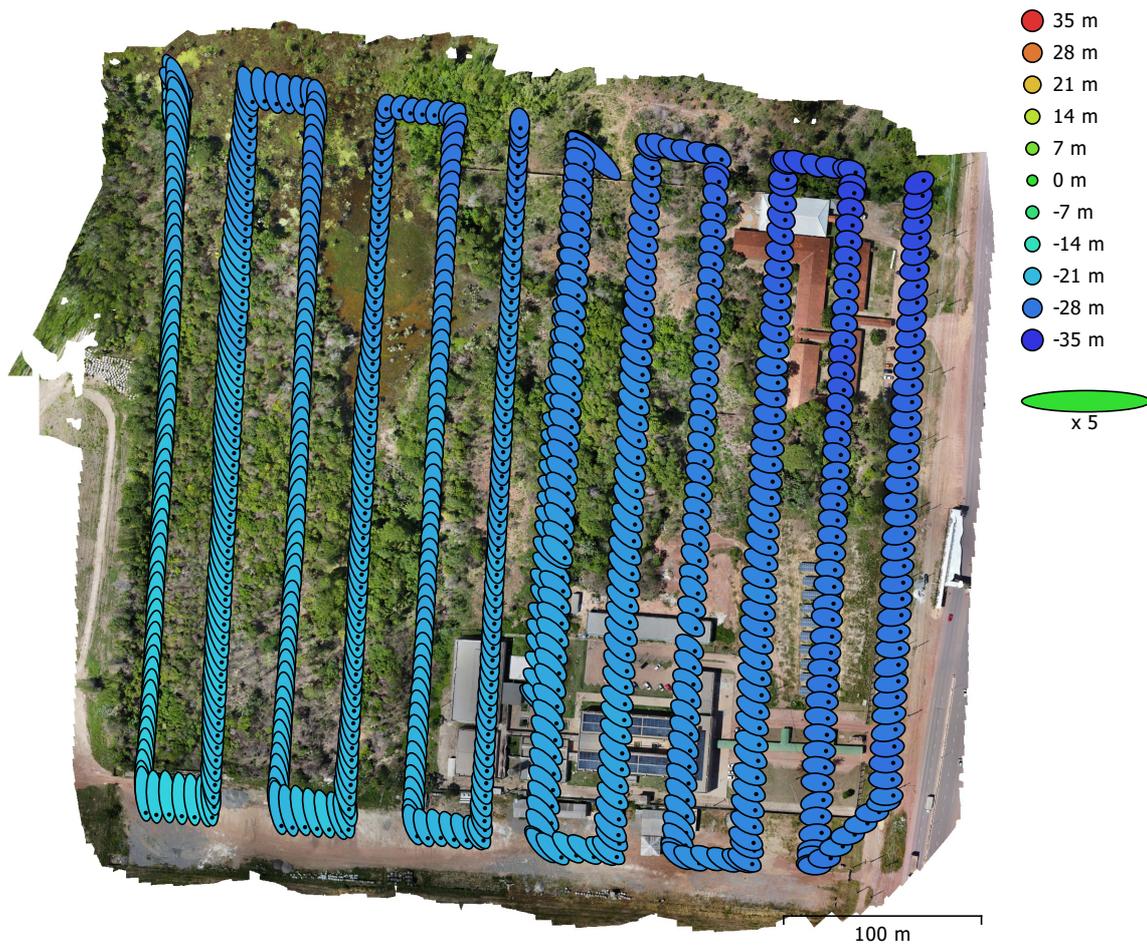


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
1.05158	1.98037	24.9844	2.24225	25.0848

Table 3. Average camera location error.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points

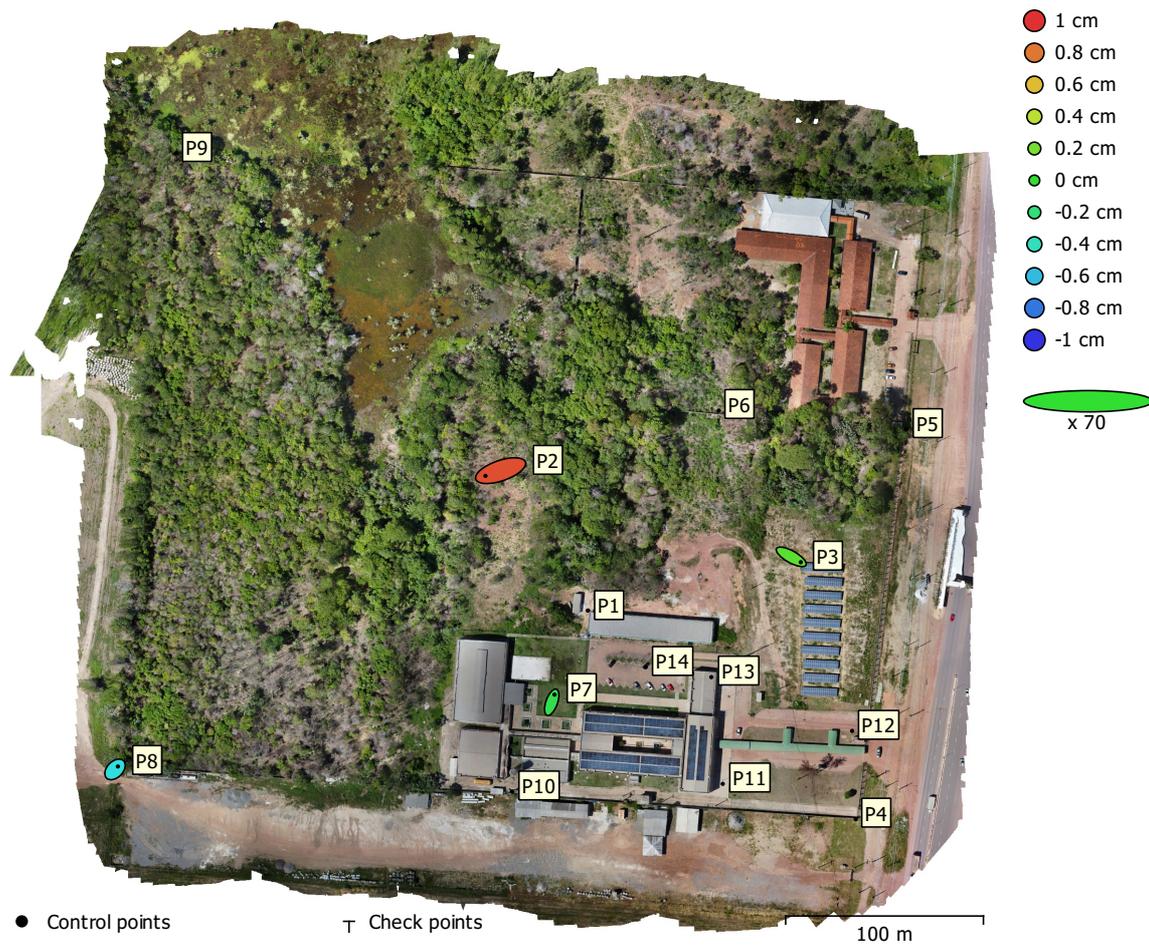


Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
4	13.2394	8.09841	0.526945	15.5199	15.5288

Table 4. Control points RMSE.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
P1					
P2	-21.879	-7.60946	0.915933	23.1826	14.342 (3)
P3	13.7724	-7.83386	0.117974	15.845	20.344 (3)
P4					
P5					
P6					
P7	3.95877	11.1544	-0.084536	11.8364	7.244 (5)
P8	4.13375	4.31777	-0.500688	5.99847	14.369 (5)
P9					
P10					
P11					
P12					
P13					
P14					
Total	13.2394	8.09841	0.526945	15.5288	14.039

Table 5. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

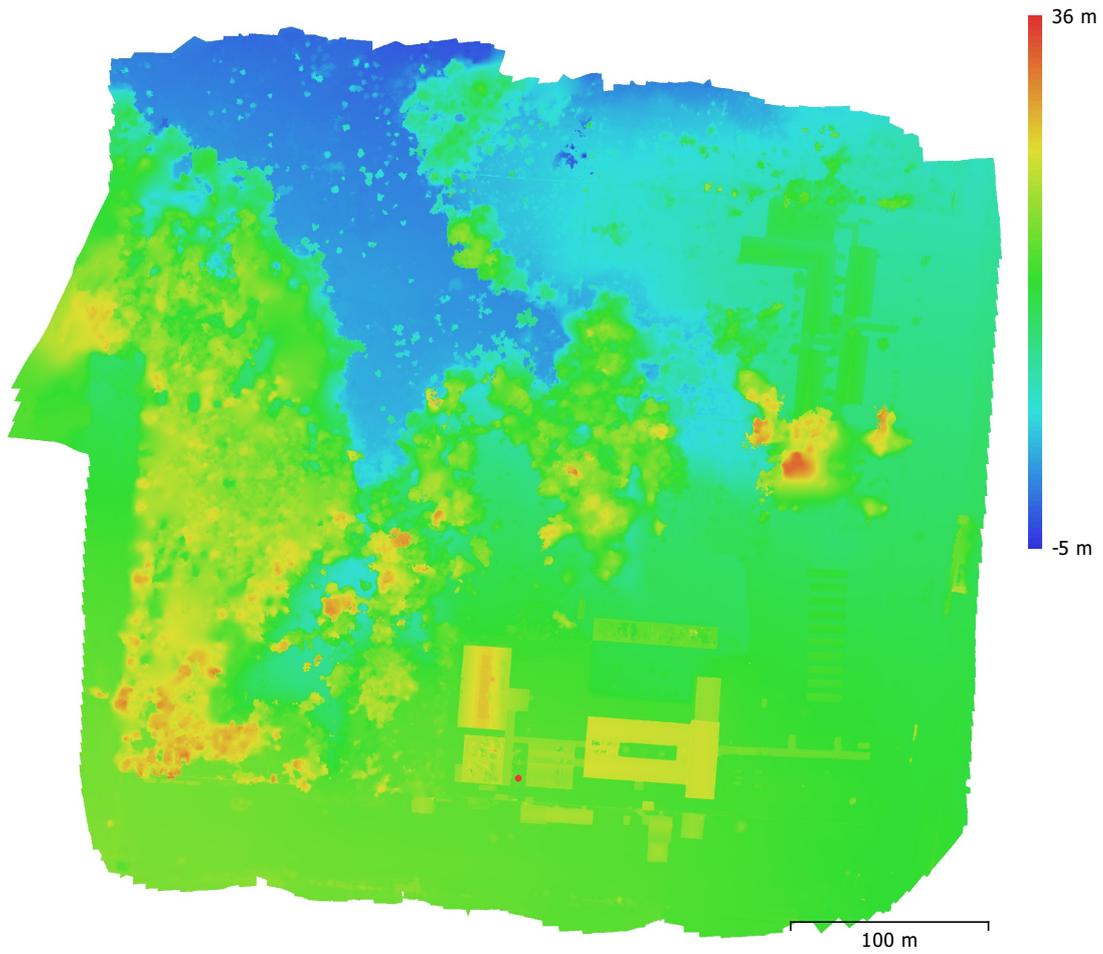


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 7.19 cm/pix
Point density: 193 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	724
Aligned cameras	724
Markers	14
Coordinate system	SIRGAS 2000 / UTM zone 22S (EPSG::31982)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	1,084,752 of 1,271,962
RMS reprojection error	0.252454 (1.12256 pix)
Max reprojection error	0.764693 (64.9675 pix)
Mean key point size	4.09883 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	4.21941

Alignment parameters

Accuracy	High
Generic preselection	No
Reference preselection	Source
Key point limit	40,000
Key point limit per Mpx	1,000
Tie point limit	10,000
Filter points by mask	Yes
Mask tie points	No
Exclude stationary tie points	No
Guided image matching	No
Adaptive camera model fitting	Yes
Matching time	2 hours 24 minutes
Matching memory usage	281.96 MB
Alignment time	17 minutes 14 seconds
Alignment memory usage	458.04 MB
Date created	2024:02:13 16:35:25
Software version	1.8.0.13794
File size	110.45 MB

Depth Maps

Count	724
-------	-----

Depth maps generation parameters

Quality	Medium
Filtering mode	Aggressive
Max neighbors	16
Processing time	14 minutes 12 seconds
Memory usage	1.11 GB
Date created	2024:02:13 21:12:28
Software version	1.8.0.13794
File size	584.78 MB

Dense Point Cloud

Points	43,374,392
Point colors	3 bands, uint8

Depth maps generation parameters

Quality	Medium
Filtering mode	Aggressive
Max neighbors	16
Processing time	14 minutes 12 seconds
Memory usage	1.11 GB

Dense cloud generation parameters

Processing time	14 minutes 11 seconds
Memory usage	2.78 GB

Ground points classification parameters	
Max angle (°)	3
Max distance (m)	0
Cell size (m)	30
Classification time	1 minutes 1 seconds
Classification memory usage	1.36 GB
Date created	2024:02:13 21:26:39
Software version	1.8.0.13794
File size	567.51 MB
Model	
Faces	8,589,080
Vertices	4,300,419
Vertex colors	3 bands, uint8
Depth maps generation parameters	
Quality	Medium
Filtering mode	Aggressive
Max neighbors	16
Processing time	14 minutes 12 seconds
Memory usage	1.11 GB
Reconstruction parameters	
Surface type	Height field
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Strict volumetric masks	No
Processing time	8 minutes 3 seconds
Memory usage	1.58 GB
Date created	2024:02:13 22:17:27
Software version	1.8.0.13794
File size	196.68 MB
DEM	
Size	15,130 x 15,089
Coordinate system	SIRGAS 2000 / UTM zone 22S (EPSG::31982)
File size	188.35 MB
Orthomosaic	
Size	27,953 x 25,845
Coordinate system	SIRGAS 2000 / UTM zone 22S (EPSG::31982)
Colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Blending mode	Mosaic
Surface	DEM
Enable hole filling	Yes
Enable ghosting filter	No
Processing time	15 minutes 8 seconds
Memory usage	1.32 GB
Date created	2024:02:13 23:23:56
Software version	1.8.0.13794
File size	11.57 GB
System	
Software name	Agisoft Metashape Professional
Software version	1.8.0 build 13794
OS	Windows 64 bit
RAM	7.77 GB
CPU	11th Gen Intel(R) Core(TM) i5-11400H @ 2.70GHz
GPU(s)	NVIDIA GeForce GTX 1650

Estação :	5000B	Nome da Estação :	5000B	Tipo :	Referência de Nível - RN
Município :	SANTANA			UF :	AP
Última Visita:	12/10/2016	Situação Marco Principal :	BOM	Última Atualização :	26/03/2019
Conexões :	EG : 8066255			Inscrição chapa :	RN 5000 B

DADOS PLANIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	00° 01' 07,00" S	Altitude Normal(m)	14,0933	Gravidade(mGal)	978.033,66
Longitude	51° 10' 49,00" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	RGFB
Fonte	GPS Navegação	Sigma Altitude(m)	0,003	Data Medição	15/07/2016
Origem		Datum	Santana	Data Cálculo	20/02/2019
Datum	SIRGAS2000	Data Medição	09/10/2015		
Data Medição	14/11/2014	Data Cálculo	30/07/2018		
Data Cálculo		Número Geopotencial (m ² /s ²)	137,837		
Sigma Latitude(m)					
Sigma Longitude(m)					
UTM(N)	9.997.943				
UTM(E)	479.940				
MC	-51				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 30/07/2018 - REALT 2018 2ª edição disponível em : <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101666.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em : https://geofp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_planialtimetrica/relatorio/re_sirgas2000.pdf
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015 disponível em : https://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf

Localização

Na base do monumento situado na portaria da Universidade Federal do Amapá, Campus Santana; aproximadamente a 4 m do portão; do lado direito de quem entra no estabelecimento; Rodovia Duca Serra, nº 1239; 2,43 Km além da RN 5000A; S/N.

Descrição

Chapa de metal, medindo 6 cm de diâmetro, estampado: RN 5000 B.

Foto(s) :

