

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO



PROPOSTA DE MAPEAMENTO VISUAL E FOTOGRAF MÉTRICO
UTILIZANDO DRONES

MATHEUS DUARTE ALBUQUERQUE

GOIÂNIA

2026

MATHEUS DUARTE ALBUQUERQUE

**PROPOSTA DE MAPEAMENTO VISUAL E FOTOGRAMÉTRICO
UTILIZANDO DRONES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola Politécnica e de Artes, da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Computação.

Orientador (a): Prof. Me. André Luiz Alves.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Antônio Marcos Melo Medeiros.

Prof. Me. Rafael Leal Martins.

GOIÂNIA

2026

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta metodológica para o mapeamento visual e fotogramétrico de uma área que simula uma lavoura, utilizando drones comerciais como ferramentas de apoio à documentação espacial. A pesquisa foi reposicionada para o contexto agrícola, com foco na aquisição organizada de imagens aéreas, no processamento fotogramétrico experimental e na delimitação visual da área de estudo. Inicialmente, o drone DJI Mavic Pro Platinum foi utilizado nas etapas de reconhecimento do local, planejamento da operação, simulação do voo, delimitação preliminar da área e organização da missão. Entretanto, em razão de uma limitação operacional relacionada ao funcionamento da câmera do equipamento, a coleta efetiva das imagens aéreas foi realizada com o drone DJI Mini 3. Essa adaptação não alterou o objetivo central do estudo, que permaneceu voltado à validação de um fluxo de mapeamento visual com drone. As imagens coletadas foram processadas no WebODM como etapa de teste fotogramétrico, permitindo avaliar a reconstrução visual da área experimental. O processamento final utilizou 70 imagens, das quais todas foram reconstruídas pelo software. Contudo, o relatório indicou ausência de referência geográfica automática, o que limitou o uso do produto gerado para medições diretas. Dessa forma, a medição final foi realizada no QGIS a partir de uma imagem aérea original capturada pelo DJI Mini 3. A área simulando lavoura foi delimitada manualmente por meio de polígono, utilizando uma escala de referência baseada na distância aproximada de 22 metros entre dois pontos visíveis na imagem. Como resultado, obteve-se uma área aproximada de 174,65 m² e perímetro aproximado de 91,20 m. Os resultados apresentam finalidade acadêmica e demonstrativa, voltada à validação do fluxo de mapeamento visual com drone. O geofencing é tratado como recurso auxiliar de delimitação espacial e organização da operação, não como técnica responsável pela geração do mapa.

PALAVRAS-CHAVE: Drones; Mapeamento Visual; Fotogrametria; QGIS; WebODM; Área Simulando Lavoura.

ABSTRACT

This study presents a methodological proposal for visual and photogrammetric mapping of an area simulating a crop field, using commercial drones as tools to support spatial documentation. The research was repositioned toward the agricultural context, focusing on organized aerial image acquisition, experimental photogrammetric processing, and visual delimitation of the study area. Initially, the DJI Mavic Pro Platinum drone was used during site recognition, operation planning, flight simulation, preliminary area delimitation, and mission organization. However, due to an operational limitation related to the camera of the equipment, the effective aerial image acquisition was performed with the DJI Mini 3 drone. This adaptation did not change the main objective of the study, which remained focused on validating a visual mapping workflow using drones. The collected images were processed in WebODM as a photogrammetric testing stage, allowing the visual reconstruction of the experimental area to be evaluated. The final processing used 70 images, all of which were reconstructed by the software. However, the report indicated the absence of automatic geographic reference, which limited the use of the generated product for direct measurements. Therefore, the final measurement was performed in QGIS using an original aerial image captured by the DJI Mini 3. The area simulating a crop field was manually delimited using a polygon, with a reference scale based on the approximate distance of 22 meters between two visible points in the image. As a result, an approximate area of 174.65 m² and an approximate perimeter of 91.20 m were obtained. The results have an academic and demonstrative purpose, aimed at validating the visual mapping workflow with drones. Geofencing is addressed as an auxiliary resource for spatial delimitation and operational organization, not as the technique responsible for map generation.

Keywords: *drones; visual mapping; photogrammetry; QGIS; WebODM; crop field simulation.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista geral da área experimental utilizada para simulação de lavoura.	17
Figura 2 – Drone DJI Mavic Pro Platinum utilizado nas etapas de planejamento, reconhecimento e simulação da operação.....	19
Figura 3 – Drone DJI Mini 3 utilizado na coleta efetiva das imagens aéreas da área experimental.....	19
Figura 4 – Exemplo de imagem aérea original capturada durante o voo sobre a área simulando lavoura.....	20
Figura 5 – Organização dos arquivos de imagem utilizados na etapa prática do estudo.....	21
Figura 6 – Relatório de qualidade do processamento experimental realizado no WebODM.....	22
Figura 7 – Delimitação manual da área simulando lavoura por meio de polígono no QGIS.....	24
Figura 8 – Delimitação final da área simulando lavoura no QGIS com pontos de referência A e B.....	27
Figura 9 – Resultado da estimativa de área e perímetro obtida no QGIS.....	28

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
DJI – *Da-Jiang Innovations*
GPS – *Global Positioning System*
GCP – *Ground Control Point*
NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*
PUC – Pontifícia Universidade Católica
QGIS – *Quantum Geographic Information System*
RGB – *Red, Green and Blue*
RTK – *Real Time Kinematic*
TCC – Trabalho de Conclusão de Curso
VANT – Veículo Aéreo Não Tripulado
WebODM – *Web OpenDroneMap*

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 JUSTIFICATIVA	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 DRONES E MAPEAMENTO DE ÁREAS AGRÍCOLAS	12
2.2 FOTOGRAMETRIA COM DRONES.....	12
2.3 GEORREFERENCIAMENTO.....	13
2.4 GEOFENCING	13
2.5 PRODUTOS CARTOGRÁFICOS GERADOS POR FOTOGRAMETRIA	14
2.6 DRONES UTILIZADOS NO CONTEXTO DO ESTUDO	14
3 ESTUDO DE CASO E CONTEXTO APLICADO	15
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	15
3.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO MÉTODO	15
3.3 EQUIPAMENTOS E RECURSOS UTILIZADOS	16
3.4 PLANEJAMENTO DA MISSÃO DE VOO	18
3.5 EXECUÇÃO SUPERVISIONADA DA COLETA EM CAMPO.....	18
3.6 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS COLETADOS	19
3.7 PROCESSAMENTO FOTOGRAMÉTRICO NO WEBODM	19
3.8 MEDIÇÃO DA ÁREA NO QGIS	21
3.9 ANÁLISE DOS RESULTADOS	23
3.10 PAPEL DO GEOFENCING NA METODOLOGIA	23
4 METODOLOGIA	24
4.1 ADAPTAÇÃO METODOLÓGICA DURANTE A EXECUÇÃO PRÁTICA.....	24
4.2 RESULTADO DO PROCESSAMENTO NO WEBODM	25
4.3 DELIMITAÇÃO E MEDIÇÃO NO QGIS.....	25
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	27
4.5 LIMITAÇÕES OBSERVADAS NO EXPERIMENTO.....	27
5 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, vêm sendo amplamente utilizados em atividades de monitoramento, inspeção e mapeamento por possibilitarem a coleta de dados aéreos com rapidez, flexibilidade e menor custo operacional quando comparados a métodos convencionais de levantamento em campo. Em aplicações de mapeamento, a fotogrametria com drones pode contribuir para a geração de produtos visuais, documentação espacial e apoio à análise de áreas de interesse (CRYDERMAN; MAH; SHUFLETOSKI, 2014; RAEVA; FILIPOVA; FILIPOV, 2016).

No contexto agrícola, essas tecnologias ganham relevância por permitirem a visualização ampla de áreas cultivadas, a documentação espacial de talhões, a delimitação de perímetros e o acompanhamento visual de áreas de interesse. O mapeamento de lavouras está relacionado à capacidade de representar espacialmente uma área agrícola, permitindo compreender sua extensão, seus limites e suas características visuais (GUITARRARA, 2022; BORGES, 2019).

Neste trabalho, o foco deixa de ser a topografia voltada à construção civil e passa a ser o mapeamento visual de uma área experimental simulando lavoura. A proposta considera o uso de drones comerciais para a captura organizada de imagens aéreas, que posteriormente são analisadas por meio de processamento fotogramétrico experimental e ferramentas de geoprocessamento.

Inicialmente, o estudo previa a utilização do DJI Mavic Pro Platinum para todas as etapas práticas do mapeamento. Entretanto, durante a preparação do experimento, foi identificada uma limitação operacional relacionada ao funcionamento da câmera desse equipamento. Por esse motivo, o DJI Mavic Pro Platinum foi utilizado nas etapas de reconhecimento do local, planejamento da missão, simulação da operação, delimitação preliminar da área e organização

do voo, enquanto a coleta efetiva das imagens aéreas foi realizada com o DJI Mini 3.

É importante destacar que, neste tipo de estudo, o mapeamento não ocorre apenas pelo ato de sobrevoar a área. Para que as imagens possam ser utilizadas como base de análise, é necessário combinar planejamento de voo, cobertura adequada das fotografias, organização dos dados coletados e processamento em software apropriado. No caso deste trabalho, o WebODM foi utilizado como etapa de processamento fotogramétrico experimental (WEBODM, 2025), enquanto o QGIS foi empregado na delimitação manual e na estimativa aproximada da área e do perímetro (OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION, 2025).

O geofencing também é considerado no trabalho, porém como recurso auxiliar. Sua função está relacionada à delimitação espacial da área de interesse, ao planejamento da operação e ao controle do perímetro da missão. A análise visual e a medição aproximada da área, entretanto, foram realizadas a partir das imagens obtidas pelo drone e de sua interpretação em ambiente computacional.

Assim, este trabalho propõe a aplicação de um fluxo de mapeamento visual com drone comercial em uma área simulando lavoura, buscando demonstrar a viabilidade acadêmica e demonstrativa do uso de drones para documentação espacial, delimitação de área e análise visual no contexto agrícola.

1.1 Justificativa

O uso de drones no ambiente agrícola tem se tornado cada vez mais relevante devido à necessidade de monitorar áreas extensas de maneira rápida e organizada. Em muitos casos, a inspeção manual de uma lavoura exige deslocamento, tempo e esforço operacional, além de poder apresentar baixa padronização no registro das informações. O drone, por sua vez, permite visualizar a área de cima, registrar imagens sistemáticas e gerar produtos que auxiliam na compreensão espacial do terreno.

A escolha de drones comerciais se justifica pela acessibilidade desses equipamentos e pela possibilidade de utilizá-los em estudos acadêmicos de pequeno e médio porte. Embora não sejam necessariamente equipamentos

agrícolas especializados, drones com câmera RGB podem contribuir para o mapeamento visual, documentação espacial e delimitação aproximada de áreas de interesse, desde que suas possibilidades e limitações sejam tratadas de forma adequada (DJI, 2025a; DJI, 2025b).

Neste estudo, o DJI Mavic Pro Platinum foi utilizado nas etapas iniciais de planejamento e reconhecimento da área, enquanto o DJI Mini 3 foi empregado na coleta efetiva das imagens aéreas devido a uma adaptação metodológica decorrente de limitação operacional. Essa organização preserva o objetivo central do trabalho, pois o foco permanece no fluxo de mapeamento visual com drone, no processamento das imagens e na análise dos resultados obtidos.

Do ponto de vista da Engenharia de Computação, o trabalho envolve temas como aquisição de dados, geolocalização, organização de arquivos, processamento digital de imagens, fotogrametria, análise de dados geoespaciais e visualização de resultados. Dessa forma, o projeto se mantém alinhado à formação do curso, mesmo com a aplicação direcionada ao contexto agrícola.

1.2 Objetivos

Esta seção apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho, considerando o recorte temático voltado ao mapeamento de área simulando lavoura com uso de drone e processamento fotogramétrico experimental.

1.2.1 Objetivo geral

Realizar o mapeamento visual e fotogramétrico de uma área simulando lavoura, por meio da captura organizada de imagens aéreas com drone, processamento fotogramétrico experimental e delimitação manual em ambiente de geoprocessamento, visando obter estimativas aproximadas de área e perímetro.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a área simulando lavoura, delimitando seus limites e condições gerais para o teste de campo;
- Utilizar o DJI Mavic Pro Platinum nas etapas de reconhecimento, planejamento, simulação da operação e delimitação preliminar da área;

- Realizar a coleta efetiva das imagens aéreas com o DJI Mini 3, em razão da adaptação metodológica necessária durante a execução prática;
- Organizar os dados coletados em pastas, registros de campo e arquivos apropriados para posterior análise;
- Processar as imagens no WebODM como etapa experimental de reconstrução fotogramétrica;
- Utilizar o QGIS para delimitação manual da área simulando lavoura e cálculo aproximado de área e perímetro;
- Analisar os resultados obtidos, discutindo as potencialidades e limitações do fluxo aplicado;
- Apresentar o geofencing como recurso complementar de delimitação e apoio ao planejamento da missão, diferenciando-o do georreferenciamento e da fotogrametria.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos necessários para compreender o funcionamento do mapeamento visual e fotogramétrico com drones, abordando drones no contexto agrícola, fotogrametria, georreferenciamento, geofencing, produtos cartográficos e as características dos equipamentos utilizados no estudo. A fundamentação considera referências sobre cartografia, GPS, fotogrametria com VANTs, ferramentas de geoprocessamento e documentação técnica dos softwares e equipamentos utilizados (GUITARRARA, 2022; ZANOTTA; CAPPELLETTO; MATSUOKA, 2011; CRYDERMAN; MAH; SHUFLETOSKI, 2014; OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION, 2025; WEBODM, 2025).

2.1 Drones e mapeamento de áreas agrícolas

Drones são aeronaves não tripuladas que podem ser controladas remotamente ou por rotas planejadas. Na agricultura, eles são utilizados para registrar imagens aéreas, acompanhar áreas de cultivo, delimitar talhões, documentar alterações visuais e apoiar o monitoramento de propriedades rurais. A principal vantagem está na capacidade de observar grandes áreas em menor tempo, com menor necessidade de deslocamento físico em campo.

No mapeamento de lavouras, drones comerciais com câmera RGB podem ser utilizados para gerar registros visuais da área e produtos cartográficos básicos. Esses produtos não substituem levantamentos especializados, mas podem oferecer uma base útil para documentação espacial, planejamento agrícola e estudos acadêmicos (DJI, 2025a; DJI, 2025b).

2.2 Fotogrametria com drones

A fotogrametria é uma técnica que permite obter informações métricas e espaciais a partir de imagens. Quando aplicada ao uso de drones, consiste na captura de várias fotografias aéreas com sobreposição entre si, permitindo que softwares especializados identifiquem pontos comuns entre as imagens e reconstruam a área fotografada (CRYDERMAN; MAH; SHUFLETOSKI, 2014).

O resultado do processamento fotogramétrico pode incluir ortomosaicos, nuvens de pontos, modelos digitais de superfície e representações tridimensionais. O ortomosaico é um dos principais produtos desse tipo de fluxo,

pois reúne diversas imagens corrigidas geometricamente em uma única representação contínua da área mapeada.

Para que a fotogrametria apresente bons resultados, é importante que a coleta das imagens seja planejada. Elementos como altura de voo, velocidade, sobreposição frontal e lateral, iluminação, nitidez das imagens e cobertura completa da área influenciam diretamente a qualidade do produto final.

2.3 Georreferenciamento

Georreferenciamento é o processo de associar dados espaciais a coordenadas reais da superfície terrestre. No contexto deste trabalho, significa relacionar as imagens capturadas pelo drone e os produtos gerados no processamento a posições geográficas, permitindo que o ortomosaico e as medições obtidas sejam interpretados espacialmente.

O georreferenciamento pode utilizar as coordenadas registradas pelo GPS do próprio drone e, quando possível, pontos de controle no solo. Esses pontos são referências visíveis e com coordenadas conhecidas que podem melhorar a consistência do processamento. Em estudos acadêmicos preliminares, o GPS do drone pode ser suficiente para fins de documentação e análise visual; entretanto, para aplicações que exigem maior rigor espacial, os pontos de controle tornam-se recomendáveis (ZANOTTA; CAPPELLETO; MATSUOKA, 2011).

2.4 Geofencing

O geofencing é uma tecnologia baseada na criação de cercas virtuais sobre uma área geográfica. Em operações com drones, pode ser utilizado para delimitar uma área de interesse, apoiar o planejamento do voo, indicar limites operacionais e auxiliar na segurança da missão. No entanto, o geofencing não é a técnica responsável por gerar o mapa (FILHO, 2021).

É necessário diferenciar geofencing de georreferenciamento. Enquanto o geofencing define um perímetro virtual para controle espacial, o georreferenciamento associa imagens e produtos cartográficos a coordenadas reais. Assim, neste trabalho, o geofencing será tratado como recurso complementar de delimitação e organização da operação, enquanto o mapeamento será realizado por fotogrametria e georreferenciamento.

2.5 Produtos cartográficos gerados por fotogrametria

A partir do processamento fotogramétrico das imagens capturadas pelo drone, diferentes produtos podem ser gerados. A disponibilidade e a qualidade desses produtos dependem da quantidade e qualidade das imagens, do software utilizado e dos parâmetros adotados no processamento. Entre os principais produtos esperados, destacam-se: ortomosaico 2D, medição de área e perímetro quando houver referência espacial adequada ou escala definida, registro fotográfico aéreo, nuvem de pontos e modelo digital de superfície (WEBODM, 2025).

2.6 Drones utilizados no contexto do estudo

No contexto deste estudo, foram utilizados dois drones em momentos distintos da etapa prática. O DJI Mavic Pro Platinum foi empregado nas atividades iniciais de reconhecimento, planejamento, simulação da operação, delimitação preliminar da área e organização da missão. Esse equipamento contribuiu para a definição do ponto de partida e para a validação operacional do fluxo de trabalho.

Entretanto, durante a preparação prática, foi identificada uma limitação operacional relacionada ao funcionamento da câmera do DJI Mavic Pro Platinum. Por esse motivo, a coleta efetiva das imagens aéreas utilizadas no processamento e na análise foi realizada com o DJI Mini 3, drone comercial equipado com câmera RGB e adequado à captura de registros aéreos da área experimental.

A utilização do DJI Mini 3 não alterou o objetivo central do estudo, pois a metodologia permaneceu baseada na captura organizada de imagens aéreas, processamento fotogramétrico experimental, delimitação visual e medição aproximada da área simulando lavoura. Como o foco do trabalho não envolve análise espectral avançada, os drones foram empregados para documentação visual e mapeamento básico da área de estudo.

3 ESTUDO DE CASO E CONTEXTO APLICADO

3.1 Caracterização da área experimental

A área escolhida para o teste consistiu em um terreno aberto utilizado para simular uma pequena área de lavoura. O local apresentava vegetação rasteira, trechos de solo exposto, vegetação mais densa nas bordas, presença de muro, construção próxima, sombras e formato irregular. Essas características permitiram avaliar o comportamento do fluxo de mapeamento visual em uma área com elementos reais de campo, ainda que em escala experimental.

Durante a preparação da atividade, foi utilizado um ponto físico de referência no terreno, com a finalidade de auxiliar na organização do voo e na identificação visual da área. Esse elemento foi empregado como apoio operacional, não como ponto de controle geodésico. Além disso, duas mesas pretas visíveis na imagem aérea foram posteriormente utilizadas como pontos de referência A e B para aplicação de escala manual no QGIS.

Figura 1 – Vista geral da área experimental utilizada para simulação de lavoura.



Fonte: Autor, 2025.

3.2 Caracterização geral do método

A metodologia adotada foi baseada no mapeamento fotogramétrico com georreferenciamento das imagens obtidas por drone. O geofencing foi considerado como recurso complementar de delimitação espacial e apoio à

organização da operação, não constituindo a técnica responsável pela geração do mapa.

De forma resumida, o processo metodológico envolveu a definição da área de estudo, o reconhecimento do local, o planejamento da missão, a execução supervisionada do voo, a conferência das imagens, a organização dos dados, o processamento fotogramétrico experimental no WebODM, a delimitação manual no QGIS e a análise dos resultados obtidos.

3.3 Equipamentos e recursos utilizados

A etapa prática do trabalho envolveu o uso de dois drones em momentos distintos. Inicialmente, o DJI Mavic Pro Platinum foi empregado nas atividades de reconhecimento da área, simulação da operação, definição do ponto de partida e delimitação preliminar da área de interesse. Entretanto, devido a uma limitação operacional relacionada ao funcionamento da câmera do equipamento, a coleta efetiva das imagens aéreas foi realizada com o DJI Mini 3.

A substituição do equipamento não alterou o objetivo central do estudo, uma vez que a metodologia permaneceu baseada na captura organizada de imagens aéreas, no processamento fotogramétrico experimental e na análise visual da lavoura. Dessa forma, o Mavic Pro Platinum contribuiu para as etapas de planejamento e validação operacional, enquanto o DJI Mini 3 foi utilizado na aquisição das imagens analisadas.

- drone DJI Mavic Pro Platinum, utilizado nas etapas de planejamento, reconhecimento e simulação da operação;
- drone DJI Mini 3, utilizado na coleta efetiva das imagens aéreas;
- controle remoto e baterias carregadas;
- cartão de memória com espaço disponível;
- computador para transferência, organização e processamento das imagens;
- WebODM, utilizado como ferramenta de processamento fotogramétrico experimental;
- QGIS, utilizado para delimitação manual da área e cálculo aproximado de área e perímetro;

- pontos visíveis na imagem aérea utilizados como referência visual para aplicação de escala.

Figura 2 – Drone DJI Mavic Pro Platinum utilizado nas etapas de planejamento, reconhecimento e simulação da operação.



Fonte: DJI, 2025.

Figura 3 – Drone DJI Mini 3 utilizado na coleta efetiva das imagens aéreas da área experimental.



Fonte: Autor, 2025.

3.4 Planejamento da missão de voo

Antes da execução do voo, foi realizado o planejamento da missão. Essa etapa teve como finalidade garantir que a área fosse observada de maneira organizada, com cobertura visual suficiente para posterior análise. O planejamento considerou os limites da área experimental, as condições do terreno, a presença de obstáculos, a segurança da operação, o ponto de partida e a forma de captura das imagens.

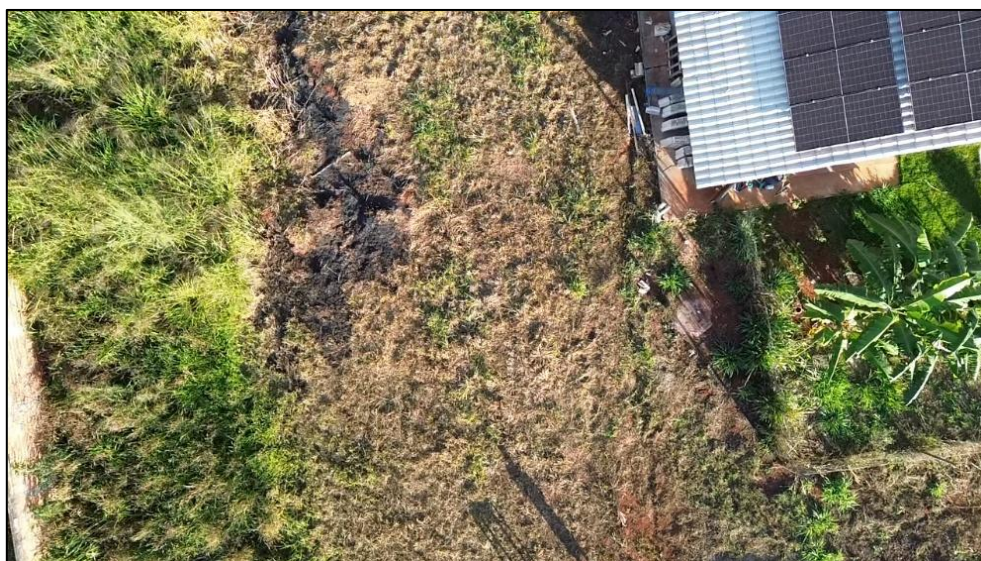
O DJI Mavic Pro Platinum foi utilizado nessa fase como apoio à simulação da operação e à definição preliminar da área de interesse. A partir desse reconhecimento inicial, foi possível organizar a missão e preparar a coleta das imagens com o DJI Mini 3.

3.5 Execução supervisionada da coleta em campo

A coleta em campo foi realizada de forma supervisionada, com o objetivo de registrar imagens aéreas da área experimental conforme o planejamento definido. Durante o voo, buscou-se garantir que a área fosse coberta de maneira contínua, com imagens nítidas e adequadas à análise visual posterior.

A coleta efetiva das imagens aéreas foi realizada com o DJI Mini 3. Após a captura, foi realizada uma conferência inicial dos arquivos, verificando se as imagens haviam sido gravadas corretamente e se apresentavam condições visuais adequadas para o processamento e análise.

Figura 4 – Exemplo de imagem aérea original capturada durante o voo sobre a área simulando lavoura.



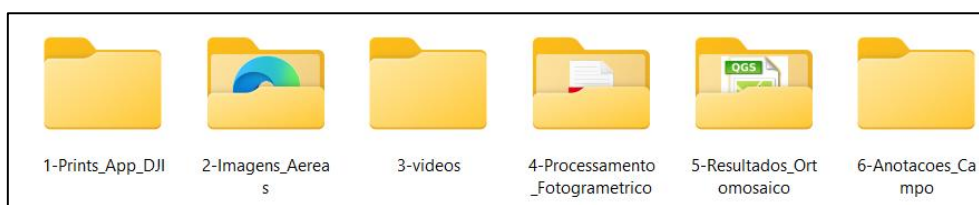
Fonte: Autor, 2025.

3.6 Organização dos dados coletados

Após o voo, as imagens foram transferidas para o computador e organizadas em uma estrutura de pastas. Essa organização permitiu manter a rastreabilidade dos arquivos utilizados no experimento, separando as imagens originais, os arquivos de processamento e os produtos gerados nas etapas posteriores.

A organização dos dados foi importante para facilitar a importação das imagens no WebODM e a seleção da imagem aérea utilizada posteriormente no QGIS. Dessa forma, foi possível manter uma sequência lógica entre coleta, processamento, análise visual e medição aproximada.

Figura 5 – Organização dos arquivos de imagem utilizados na etapa prática do estudo.



Fonte: Autor, 2025.

3.7 Processamento fotogramétrico no WebODM

As imagens coletadas foram inicialmente processadas no WebODM, com o objetivo de realizar uma reconstrução fotogramétrica experimental da área estudada. O processamento final utilizado como referência contou com 70 fotografias aéreas capturadas com o DJI Mini 3.

O relatório de processamento indicou que as 70 imagens foram reconstruídas, correspondendo a 100% do conjunto inserido. Também foram gerados pontos densos, totalizando aproximadamente 2.048.805 pontos, com tempo de processamento de cerca de 38 minutos. Esses dados demonstram que o software conseguiu realizar a reconstrução visual da cena a partir das imagens fornecidas.

Entretanto, o relatório também indicou ausência de referência geográfica automática, representada pelo campo "Geographic Reference: None". Além disso, a área coberta apareceu como 0,000000 km² e a data de captura foi

apresentada como 01/01/1970, indicando inconsistência ou ausência de metadados completos. Por esse motivo, o produto gerado pelo WebODM foi utilizado apenas como etapa de teste e avaliação do processamento fotogramétrico, não sendo adotado como base final para medição da área e do perímetro.

Figura 6 – Relatório de qualidade do processamento experimental realizado no WebODM.

Quality Report

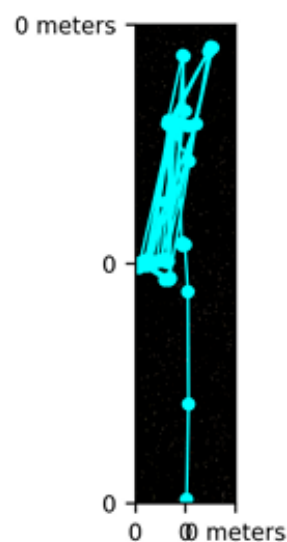
Processed with ODX version 3.7.4

Dataset Summary

Date	26/05/2026 at 18:11:30
Area Covered	0.000000 km²
Processing Time	38.0m:31.0s
Capture Start	01/01/1970 at 00:00:00
Capture End	01/01/1970 at 00:00:00

Processing Summary

Reconstructed Images	70 over 70 shots (100.0%)
Reconstructed Points (Sparse)	44512 over 68728 points (64.8%)
Reconstructed Points (Dense)	2,048,805 points
Detected Features	13,372 features
Reconstructed Features	6,257 features
Geographic Reference	None



Fonte: Autor, 2025.

3.8 Medição da área no QGIS

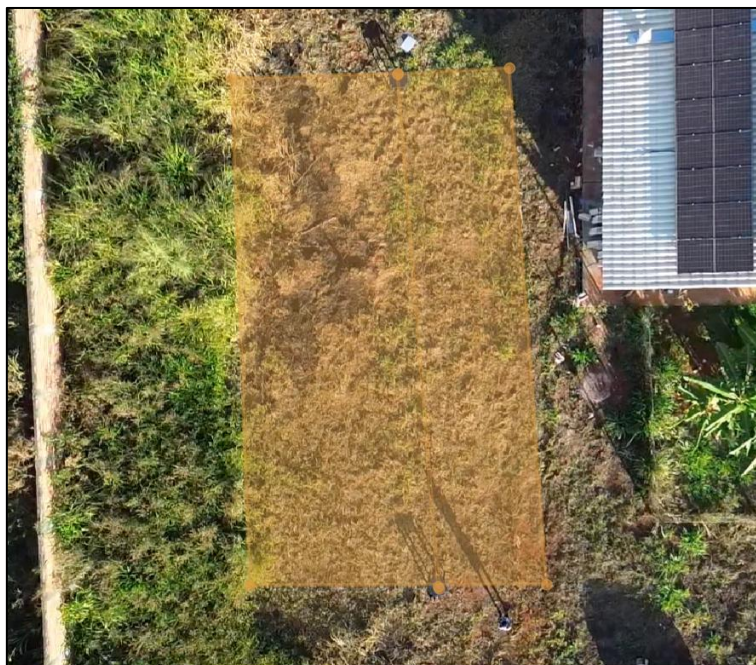
Como o produto gerado no WebODM não foi adotado como base final de medição, a análise de área e perímetro foi realizada no QGIS a partir de uma imagem aérea original capturada com o DJI Mini 3. Essa imagem foi adicionada

como camada raster e serviu como base visual para a delimitação manual da área simulando lavoura.

No QGIS, a área de interesse foi delimitada por meio da criação de um polígono vetorial. Para aplicação de escala manual, foram utilizados dois pontos visíveis na imagem, denominados ponto A e ponto B, representados por duas mesas pretas presentes no local. A distância real aproximada entre esses pontos foi considerada como 22 metros. No ambiente do QGIS, a distância medida entre A e B foi de 665,696 unidades.

Com base nessa referência, foi aplicado o fator de escala $22 / 665.696$. Em seguida, foram criados os campos “area_m2” e “perimetro_m”, utilizando as expressões $\$area * (22 / 665.696)^2$ para área e $\$perimeter * (22 / 665.696)$ para perímetro. A partir desse procedimento, obteve-se área aproximada de 174,65 m² e perímetro aproximado de 91,20 m. Esses valores foram interpretados como estimativas compatíveis com o caráter experimental do estudo, uma vez que foram obtidos por delimitação manual e escala visual de referência.

Figura 7 – Delimitação manual da área simulando lavoura por meio de polígono no QGIS.



Fonte: Autor, 2025.

3.9 Análise dos resultados

A análise dos resultados teve como foco verificar se o fluxo de mapeamento visual atendeu aos objetivos propostos. Para isso, foram observados critérios como cobertura da área, clareza visual das imagens, possibilidade de delimitação do perímetro, aplicação de escala de referência e obtenção de medidas aproximadas de área e perímetro. A análise também considerou que os drones utilizados possuem câmera RGB convencional, direcionando o estudo para documentação visual e fotogrametria básica. Assim, não foram realizadas análises avançadas de vegetação baseadas em sensores multiespectrais. Os resultados apresentam finalidade acadêmica e demonstrativa, voltada à validação do fluxo de mapeamento visual com drone.

3.10 Papel do geofencing na metodologia

O geofencing foi apresentado como ferramenta de apoio ao planejamento e à delimitação espacial da missão. Sua função esteve relacionada à organização do voo dentro de uma área previamente definida, contribuindo para o controle visual da operação e para a segurança da atividade em campo.

Entretanto, a geração do produto visual e a estimativa da área não foram atribuídas ao geofencing. O mapeamento foi realizado a partir das imagens aéreas obtidas pelo drone, do processamento fotogramétrico experimental no WebODM e da delimitação manual no QGIS. Essa distinção é essencial para a consistência técnica do trabalho, pois evita confundir delimitação operacional com geração cartográfica. O estudo adotou o mapeamento visual e fotogramétrico com imagens obtidas por drone como método principal para análise da área experimental. O geofencing foi considerado como recurso complementar de delimitação espacial da área de interesse e de apoio à organização da operação, não constituindo, contudo, a técnica responsável pela geração do mapa ou pela medição final da área.

4 METODOLOGIA

4.1 Adaptação metodológica durante a execução prática

Durante a execução prática do estudo, foi necessária uma adaptação metodológica relacionada ao equipamento utilizado na coleta das imagens aéreas. O planejamento inicial considerava o uso do DJI Mavic Pro Platinum em todo o fluxo operacional. No entanto, durante a preparação do teste, foi identificada uma limitação operacional no funcionamento da câmera desse equipamento, o que impossibilitou sua utilização na captura efetiva das imagens aéreas.

Dessa forma, o DJI Mavic Pro Platinum foi mantido nas etapas de reconhecimento do local, simulação da operação, delimitação preliminar da área, definição do ponto de partida e organização da missão. Para a coleta efetiva das imagens aéreas, foi utilizado o DJI Mini 3, que permitiu registrar a área experimental com qualidade visual adequada para análise posterior.

Essa adaptação não comprometeu o objetivo central do trabalho, pois a proposta permaneceu voltada à validação de um fluxo de mapeamento visual com drone. O uso de dois equipamentos em etapas distintas permitiu manter a coerência metodológica entre planejamento, coleta, processamento e análise.

4.2 Resultado do processamento no WebODM

O processamento das imagens no WebODM foi realizado com um conjunto de 70 fotografias aéreas capturadas com o DJI Mini 3. O relatório de qualidade indicou que todas as imagens foram reconstruídas, correspondendo a 70 de 70 imagens processadas. O software também gerou aproximadamente 2.048.805 pontos densos, com tempo de processamento de cerca de 38 minutos.

Esses dados indicam que houve reconstrução visual da cena, demonstrando que o conjunto de imagens possuía informações suficientes para o processamento fotogramétrico experimental. No entanto, o relatório apresentou ausência de referência geográfica automática, indicada pelo campo “Geographic Reference: None”, além de área coberta registrada como 0,000000 km².

Diante disso, o processamento no WebODM foi considerado uma etapa relevante para avaliação do fluxo fotogramétrico, mas não foi utilizado como base final para a medição da área e do perímetro. A etapa contribuiu para identificar limitações práticas do processamento e orientar a escolha do QGIS como ferramenta de delimitação e estimativa visual. O problema observado no WebODM também foi registrado como possibilidade de aprofundamento em trabalhos futuros, principalmente considerando a utilização de metadados completos, diferentes parâmetros de processamento e pontos de referência adicionais.

4.3 Delimitação e medição no QGIS

A medição final da área foi realizada no QGIS a partir de uma imagem aérea original capturada com o DJI Mini 3. A imagem foi utilizada como base visual para a delimitação manual da área simulando lavoura. Por meio da criação de um polígono vetorial, foi possível contornar a região de interesse e calcular os valores aproximados de área e perímetro.

Para estabelecer uma escala de referência, foram utilizados dois pontos visíveis na imagem, denominados ponto A e ponto B, representados por duas mesas pretas posicionadas no local. A distância real aproximada entre esses pontos foi considerada como 22 metros, enquanto a distância medida no QGIS foi de 665,696 unidades. A partir dessa relação, foi aplicado um fator de escala para conversão das medidas.

Com a aplicação das expressões de cálculo, obteve-se uma área aproximada de 174,65 m² e um perímetro aproximado de 91,20 m. Os resultados apresentam finalidade acadêmica e demonstrativa, voltada à validação do fluxo de mapeamento visual com drone. Dessa forma, os valores obtidos foram interpretados como estimativas aproximadas, adequadas ao escopo experimental do estudo.

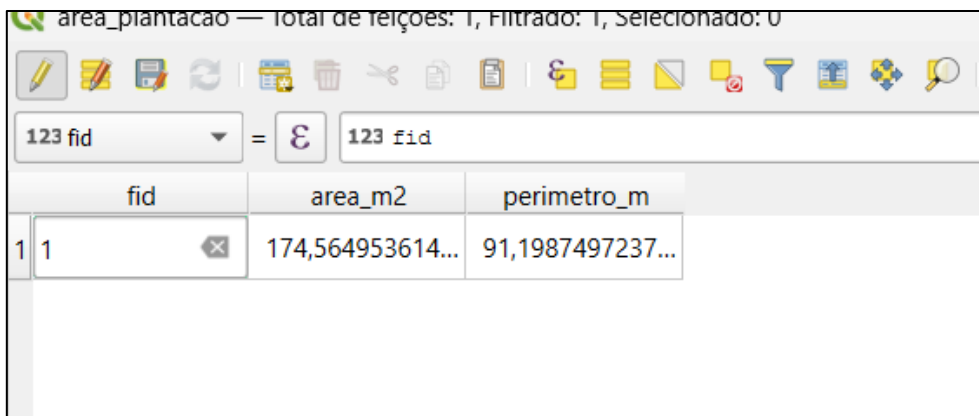
Figura 8 – Delimitação final da área simulando lavoura no QGIS com pontos de referência A e B.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 9 – Resultado da estimativa de área e perímetro obtida no QGIS.

area_plantacao — Total de feições: 1, Filtrado: 1, Seleccionado: 0



fid	area_m2	perimetro_m
1	174,564953614...	91,1987497237...

Fonte: Autor, 2025.

4.4 Análise dos resultados obtidos

Os resultados obtidos demonstraram que o uso de imagens aéreas capturadas por drone possibilitou a documentação visual da área experimental e a delimitação aproximada da região simulando lavoura. A partir da imagem aérea original, foi possível identificar os limites da área, utilizar pontos visíveis como referência de escala e estimar valores de área e perímetro no QGIS.

A área aproximada de 174,65 m² e o perímetro aproximado de 91,20 m indicam que o fluxo utilizado permitiu obter informações espaciais compatíveis com o objetivo acadêmico do estudo. Além disso, a execução prática permitiu compreender as etapas envolvidas em um processo de mapeamento visual com drone, incluindo planejamento, captura, organização dos dados, processamento experimental, identificação de limitações e análise em ambiente de geoprocessamento.

Embora o WebODM não tenha sido adotado como base final de medição, sua utilização contribuiu para avaliar o comportamento das imagens em um fluxo fotogramétrico. O QGIS, por sua vez, permitiu a realização da delimitação manual e o cálculo das estimativas finais, assumindo papel central na apresentação dos resultados quantitativos do trabalho.

4.5 Limitações observadas no experimento

A principal limitação observada na etapa prática esteve relacionada à necessidade de adaptação do equipamento inicialmente previsto para a coleta das imagens. O DJI Mavic Pro Platinum apresentou limitação operacional na câmera, sendo utilizado nas etapas de planejamento, reconhecimento e

simulação da operação. A coleta efetiva das imagens foi realizada com o DJI Mini 3, preservando o objetivo metodológico de utilizar imagens aéreas obtidas por drone.

Outra limitação esteve relacionada ao processamento no WebODM. Embora o software tenha reconstruído todas as imagens inseridas e gerado pontos densos, o relatório indicou ausência de referência geográfica automática, o que restringiu o uso do produto gerado para medições diretas. Por esse motivo, a medição final foi realizada no QGIS com base em uma imagem aérea original e em uma escala visual de referência.

A medição no QGIS foi baseada na distância aproximada entre dois pontos visíveis na imagem, permitindo estimar a área e o perímetro da região delimitada. Os resultados apresentam finalidade acadêmica e demonstrativa, voltada à validação do fluxo de mapeamento visual com drone. Assim, os valores obtidos devem ser interpretados como estimativas aproximadas, adequadas ao contexto experimental do trabalho.

Ainda assim, a etapa prática demonstrou a viabilidade do uso de imagens aéreas obtidas por drone para documentação visual, delimitação espacial e análise aproximada de uma área simulando lavoura. O experimento permitiu compreender o fluxo completo de aquisição de imagens, processamento, identificação de limitações e uso do QGIS para extração de medidas.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo realizar o mapeamento visual e fotogramétrico de uma área simulando lavoura por meio do uso de drones comerciais, utilizando captura organizada de imagens aéreas, processamento fotogramétrico experimental e análise em ambiente de geoprocessamento. A proposta foi desenvolvida com foco na aplicação de drones em atividades de documentação espacial e monitoramento visual de áreas agrícolas, buscando demonstrar a viabilidade de um fluxo acessível para estudos acadêmicos e aplicações introdutórias no contexto rural.

Durante a execução prática, foi necessária uma adaptação metodológica em relação ao equipamento inicialmente previsto. O DJI Mavic Pro Platinum foi utilizado nas etapas de reconhecimento da área, planejamento da missão, simulação da operação, delimitação preliminar e definição do ponto de partida. Entretanto, devido a uma limitação operacional relacionada ao funcionamento da câmera, a coleta efetiva das imagens aéreas foi realizada com o DJI Mini 3. Essa adaptação não alterou o objetivo central do estudo, pois a metodologia

permaneceu baseada na aquisição de imagens aéreas, no processamento experimental e na análise visual da área simulando lavoura.

O processamento das imagens no WebODM permitiu avaliar a reconstrução fotogramétrica experimental da área. Foram utilizadas 70 imagens, das quais todas foram reconstruídas pelo software. O relatório também indicou a geração de aproximadamente 2.048.805 pontos densos, com tempo de processamento de cerca de 38 minutos. Entretanto, a ausência de referência geográfica automática observada no relatório fez com que o produto gerado fosse utilizado apenas como etapa de teste e avaliação do fluxo de processamento, não sendo adotado como base final para medição.

A medição final foi realizada no QGIS a partir de uma imagem aérea original capturada com o DJI Mini 3. A área simulando lavoura foi delimitada manualmente por meio de polígono, utilizando como escala de referência a distância aproximada de 22 metros entre dois pontos visíveis na imagem, identificados como ponto A e ponto B. Com esse procedimento, obteve-se área aproximada de 174,65 m² e perímetro aproximado de 91,20 m.

Os resultados obtidos apresentam finalidade acadêmica e demonstrativa, voltada à validação do fluxo de mapeamento visual com drone. A metodologia aplicada permitiu documentar a área experimental, delimitar visualmente sua extensão e estimar valores de área e perímetro compatíveis com o escopo do estudo. Além disso, o trabalho demonstrou a importância da organização dos dados, da escolha adequada das ferramentas de processamento e da interpretação cuidadosa dos produtos gerados.

A metodologia adotada também permitiu diferenciar corretamente os conceitos envolvidos no trabalho. O geofencing foi tratado como recurso complementar de apoio ao planejamento e à delimitação da operação, enquanto o mapeamento visual foi realizado a partir das imagens aéreas e da análise em software. Essa distinção contribuiu para manter a consistência técnica do estudo e evitar a associação incorreta entre geofencing e geração de mapas.

Como trabalho futuro, recomenda-se aprofundar a análise do processamento no WebODM, avaliando diferentes configurações, conjuntos de imagens com metadados completos e uso de pontos de referência adicionais.

Essa continuidade pode contribuir para investigar formas de melhorar a consistência espacial dos produtos gerados e ampliar a aplicação do fluxo em novas áreas experimentais.

Como consideração final, conclui-se que o uso de drones comerciais pode contribuir para atividades acadêmicas de mapeamento visual, documentação espacial e análise aproximada de áreas simulando lavoura. O estudo reforça a relação entre Engenharia de Computação e aplicações no ambiente rural, envolvendo aquisição de dados, processamento de imagens, organização de informações geoespaciais e uso de ferramentas computacionais para análise de resultados.

REFERÊNCIAS

BORGES, Dayane. Cartografia: o que é? História, coordenadas geográficas e como é utilizada. *Conhecimento Científico*, 14 nov. 2019. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.com/cartografia-o-que-e/>. Acesso em: 15 set. 2022.

CAROL. Você sabe o que é Geofence? Conheça esse recurso! UrMobo. Disponível em: <https://urmobo.com.br/blog/geofence/>. Acesso em: 28 set. 2022.

CRYDERMAN, C.; MAH, S. B.; SHUFLETOSKI, A. *Evaluation of UAV photogrammetric accuracy for mapping and earthworks computations*. *Geomatica*, v. 68, n. 4, p. 309-317, 2014.

DJI. *DJI Mavic Pro Platinum User Manual*. DJI Support. Disponível em: <https://www.dji.com>. Acesso em: 2025a.

DJI. *DJI Mini 3 User Manual*. DJI Support. Disponível em: <https://www.dji.com>. Acesso em: 2025b.

FILHO, Shirlano Cândido Dias. *Geofencing* auxiliando os produtores rurais. TCC - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br>. Acesso em: 5 out. 2022.

GEO SEM FRONTEIRAS. Como funcionam os receptores GPS: trilateração vs triangulação. 11 fev. 2022. Disponível em: <https://geosemfronteiras.org/blog/como-funcionam-os-receptores-gps-trilateracao-vs-triangulacao/>. Acesso em: 24 set. 2022.

GUIARRARA, Paloma. Cartografia. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/cartografia.htm>. Acesso em: 20 set. 2022.

IBGE. Coordenadas geográficas. Atlas Escolar IBGE. Disponível em: <https://atlasescolar.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 set. 2022.

OPEN SOURCE GEOSPATIAL FOUNDATION. *QGIS User Guide*. Disponível em: <https://docs.qgis.org>. Acesso em: 2025.

RAEVA, P. L.; FILIPOVA, S. L.; FILIPOV, D. G. *Volume computation of a stockpile: a study case comparing GPS and UAV measurements in an open pit quarry*. *ISPRS Archives*, v. XLI-B1, p. 999-1004, 2016.

WEBODM. *WebODM Documentation*. OpenDroneMap. Disponível em: <https://docs.opendronemap.org>. Acesso em: 2025.

ZANOTTA, Daniel Capella; CAPPELLETTO, Eliane; MATSUOKA, Marcelo Tomio. O GPS: unindo ciência e tecnologia em aulas de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 2, 2011.



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO n° 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Mathews Duarte Albuquerque
do Curso de Engenharia de Computação, matrícula 2021100330030-9,
telefone: (62) 99991-8564 e-mail teu4435@gmail.com, na qualidade de titular dos
direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor),
autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o
Trabalho de Conclusão de Curso intitulado
Proposta de Mapeamento Visual e Fotogramétrico Utilizando Drones
, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5
(cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial
de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som
(WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MOV, AVI, QT); outros, específicos da
área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da
produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 23 de junho de 2020.

Assinatura do(s) autor(es): Mathews Duarte Albuquerque

Nome completo do autor: Mathews Duarte Albuquerque

Assinatura do professor-orientador: _____

Nome completo do professor-orientador: _____