



PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA ESTIMA

**PROCESSAMENTO DE IMAGENS OBTIDAS COM
AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA SEM
GEOMARCAÇÃO**

LAVRAS-MG

2021

PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA ESTIMA

**PROCESSAMENTO DE IMAGENS OBTIDAS COM
AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA SEM
GEOMARCAÇÃO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Gabriel Araújo e Silva Ferraz
Orientador

Dra. Luana Mendes dos Santos
Coorientadora

LAVRAS-MG

2021

PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA ESTIMA

**PROCESSAMENTO DE IMAGENS OBTIDAS COM
AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA SEM
GEOMARCAÇÃO**

**PROCESSING IMAGES OBTAINED WITH REMOTELY
PILOTED AIRCRAFT WITHOUT GEOMARKING.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 30 de novembro 2021.

Prof. Dr. Gabriel Araújo e Silva Ferraz

Dra. Luana Mendes dos Santos

MSc. Nicole Lopes Bento

Prof. Dr. Gabriel Araújo e Silva Ferraz
Orientador

Dra. Luana Mendes dos Santos
Coorientadora

LAVRAS-MG

2021

RESUMO

Seguindo o avanço das tecnologias no setor agrícola, o uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) vem se tornando uma realidade cada vez mais acessível para a Agricultura Digital no Brasil. Entretanto, como a maioria dos sistemas de navegação autônoma disponíveis atualmente utiliza algum tipo de Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), como o Sistema de Posicionamento Global (em inglês Global Positioning System GPS), os sinais, que são transmitidos por satélites, podem ser afetados por diferentes condições ou bloqueados/negados, resultado em imagens sem geomarcações. Sendo assim, o trabalho teve como objetivo testar e demonstrar a possibilidade da utilização de software no processamento de imagens obtidas a partir de uma câmera acoplada a uma ARP sem a utilização da geomarcação. A ARP utilizada no experimento foi do tipo asa rotativa, o quadricóptero modelo matrice 100, com sensor multiespectral Parrot Sequoia acoplado, e as imagens obtidas no levantamento foram processadas no software Pix4Dmapper. Utilizou-se uma lavoura cafeeira com cerca de 0,4 ha de área, pertencente à Universidade Federal de Lavras (UFLA). Com os resultados obtidos, foi possível concluir que o método realizado foi eficaz quanto ao seu processamento sem geomarcação. Notou-se que a qualidade das imagens obtidas foi satisfatória, porém para uma melhor precisão geográfica, necessita-se de análises sistêmicas posteriores ao processamento para o georreferenciamento da mesma.

Palavras chave: aeronave remotamente pilotada (RPA), sensoriamento remoto, geotag, mapeamento.

ABSTRACT

Following the advancement of technologies in the agricultural sector, the use of Remotely Piloted Aircraft (ARPs) has become an increasingly accessible reality for Digital Agriculture in Brazil. However, as most autonomous navigation systems available today use some form of Global Navigation Satellite System (GNSS), such as the Global Positioning System GPS, the signals, which are transmitted by satellites, can be affected by different conditions or blocked/denied, resulting in images without geotags. Thus, the work aimed to test and demonstrate the possibility of using software in the processing of images obtained from a camera coupled to an ARP without the use of geomarking. The ARP used in the experiment was the rotary wing type, the matrix 100 model quadricopter, with a Parrot Sequoia multispectral sensor coupled, and the images obtained in the survey were processed in the Pix4Dmapper software. A coffee plantation with about 0.4 ha of area, belonging to the Federal University of Lavras (UFLA) was used. With the results obtained, it was possible to conclude that the method performed was effective in its processing without geomarking. It was noted that the quality of the images obtained was satisfactory, but for a better geographic precision, post-processing systemic analysis is needed for its georeferencing.

Keywords: remotely piloted aircraft (RPA), remote sensing, geotagging, mapping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sensor multiespectral Parrot Sequoia 4.0. Fonte: Adaptado de Teixeira (2019).....	12
Figura 2 - Drone quadricóptero MATRICE 100. Fonte: DJI (2021).	14
Figura 3 - Localização da área experimental no <i>Campus</i> da Universidade Federal de Lavras, MG. ...	15
Figura 4 - Quadricóptero Matrice 100, com o sensor multiespectral Parrot Sequoia acoplado.	16
Figura 5 - Painel de calibração de reflectância Parrot Sequoia. Fonte: Linna (2019).....	16
Figura 6 - Fluxograma da metodologia.....	18
Figura 7 - Tela do <i>software</i> Pix4Dmapper durante a inserção das 496 imagens.	19
Figura 8 - Ortofotomosaicos do sensor multiespectral Parrot Sequoia, sendo: A) Green; B) Red; C) Red Edge; e D) NIR.	20
Figura 9 - Propriedades dos ortofotomosaicos do sensor multiespectral Parrot Sequoia.....	21
Figura 10 - Composição dos ortofotomosaicos do sensor multiespectral Parrot Sequoia.	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do sensor multiespectral Parrot Sequoia.....	13
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1. Uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas na agricultura	10
2.2. Perda da geomarcação.....	11
2.3. Sensor Parrot Sequoia	12
2.4. Quadricóptero MATRICE 100	13
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1. Área de estudo.....	14
3.2. Material	15
3.2.1. Quadricóptero Matrice 100 – Sensor Parrot Sequoia.....	15
3.2.2. Painel de calibração de reflectância radiométrica AIRNOV	16
3.2.3. Pix4Dmapper.....	17
3.2.4. Geoprocessamento das imagens/ortomosaicos	17
3.3. Metodologia	17
3.3.1. Inserção das imagens (coordenadas de sistemas, geomarcação e orientação, seleção modelo câmera);.....	18
3.3.2. Modelo de opções de processamento;.....	19
3.3.3. Ortomosaico.	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÃO	24
REFERENCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

Conforme as tecnologias de aquisição de dados de Sensoriamento Remoto foram se desenvolvendo, a possibilidade do uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) na agricultura se tornou uma realidade para a Agricultura Digital no Brasil. Segundo Santos et al. (2019), o objetivo do uso do Sensoriamento Remoto na agricultura é adquirir informações precisas sobre a lavoura, de forma a ajudar o agricultor nas tomadas de decisão otimizando recursos.

O avanço das geotecnologias permitiu grandes possibilidades na obtenção e manipulação de geoinformações a partir do uso de ARPs, principalmente as de pequeno porte, por serem aptas a realizar inúmeras funções. Na agricultura, o uso de ARPs se mostra muito vantajoso, gerando praticidade no mapeamento das áreas de produção, maior eficiência no manejo das culturas, auxílio no reconhecimento de pragas e doenças, estresse hídrico, falhas de plantio entre outros (CHIARELLO, 2017).

A maioria dos sistemas de navegação autônoma disponíveis atualmente utiliza um Sistema Global de Navegação por Satélite (em inglês, Global Navigation Satellite System - GNSS), como o Sistema de Posicionamento Global americano (em inglês, Global Positioning System - GPS). Entretanto, os sinais GNSS são transmitidos por satélites, sendo afetados por diferentes condições atmosféricas de diferentes naturezas e estados variáveis ou ainda bloqueados/negados (SETTI JÚNIOR, 2019). A câmera e os diferentes sensores acopladas à aeronave para a aquisição de imagens também podem ocasionar a perda dos dados GNSS, resultando em imagens sem geomarcações.

Dentre os diversos modelos existentes no mercado, a aquisição de um sensor deve ser pensada para atender aos objetivos de sua aplicação e da precisão requerida (TEIXEIRA, 2019). Com a popularização dos ARPs nos tempos atuais, é cada vez mais comum a utilização destas plataformas para a coleta de informações da vegetação.

Trabalhos como o de Zhang et al. (2019) têm buscado soluções alternativas para o problema do registro de imagens com perda da latitude e longitude dos pixels. Sendo assim, este trabalho tem relevância, pois pretende descrever uma metodologia para o processamento de imagens obtidas com perda de dados GNSS.

Portanto, o trabalho teve como objetivo o trabalho teve como objetivo testar e demonstrar a possibilidade da utilização de software no processamento de imagens obtidas a partir de uma câmera acoplada a uma ARP sem a utilização da geomarcação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas na agricultura

As geotecnologias têm despertado o interesse de pesquisadores de diferentes áreas para o potencial das ARPs. A crescente comercialização destas aeronaves possibilitou a obtenção de imagens aéreas à um baixo custo atendendo a diferentes áreas de aplicação. No Brasil, as normas para o uso de ARPs são regidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), o Departamento de Controle Aéreo da Aeronáutica (DECEA) e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) (NORONHA, 2016).

Segundo Boursianis et al. (2020), vários pesquisadores tem apontado que a agricultura está passando por uma quarta revolução, onde a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) está sendo integrada às práticas agrícolas tradicionais. O uso de tecnologias como o Sensoriamento Remoto, a Internet das Coisas (Internet of Things - IoT), o uso de ARPs e Aprendizado de Máquina (Machine Learning) podem fornecer um novo avanço nas práticas agrícolas (WALTER et al., 2017).

As ARPs foram implantadas na agricultura para resolver vários problemas na produção agrícola. As aeronaves podem ser utilizadas no monitoramento da altura das plantas através de modelagem 3D, na extração de índices de vegetação para avaliar a biomassa da cultura com base na reflectância, mapear o volume de grãos, no gerenciamento de ervas daninhas, gerenciamento de produção, entre outros (BOURSIANIS et al., 2020).

As principais vantagens do uso de imagens obtidas por ARPs, se comparadas as imagens de satélite, é a praticidade de aquisição e a alta resolução espacial, menos afetadas às condições climáticas (cobertura de nuvens, etc). Dentre os pontos negativos tem-se a cobertura de grandes áreas, que costuma ser um processo demorado e caro (MALAMIRI et al., 2021).

Segundo Osco et al. (2019), os dados coletados por ARPs são afetados pelas características do sensor utilizado para o imageamento, a geometria de iluminação e as condições atmosféricas da área de interesse. Desta forma, é necessária a calibração dos dados originais de forma prévia a análise dos dados espectrais.

2.2. Perda da geomarcação

Os métodos de pesquisas utilizando os sistemas de posicionamento iniciaram-se com o sistema americano NAVSTAR Global Positioning System (GPS) e o sistema russo denominado GLONASS, o único a competir com o sistema americano. Na década de 90 os europeus criaram o seu próprio sistema, o Galileu, que lança continuamente satélites visando atingir a fase operacional completa do sistema (Full Operational Capability – FOC) (SILVA et al., 2020). No ano de 2006 a China anunciou o seu próprio sistema de navegação por satélite, o denominado de Beidou/Compass (LIMA, 2018).

Atualmente, a maioria dos receptores são denominados receptores Global Navigation Satellite System (GNSS), e buscam rastrear os satélites dos sistemas GPS, GLONASS, Galileo e Compass, mas também podem rastrear e receber correções dos Satellite Base Augmentation Systems (SBAS). Segundo Faria et al. (2016), é relativamente simples interferir nos sinais do GNSS considerando os fundamentos que regem a operação do sistema.

Além da possibilidade de o acesso aos sistemas de navegação global serem negados a qualquer instante por qualquer provedor destes sistemas, os sinais GNSS são facilmente afetados pelas condições meteorológicas, bloqueados ou falsificados, tornando voos com posicionamento baseados em GNSS longe de serem confiáveis em ambientes e terrenos hostis (LEE et al., 2015). Drones de pequeno porte geralmente não são equipados com equipamentos caros de alta precisão. Atualmente, a maioria dos sistemas de navegação autônoma disponíveis utiliza a tecnologia IMU (Inertia Measurement Unit) e um receptor GNSS, como o GPS. Segundo Machado (2019), apesar de na maior parte dos ambientes a navegação GNSS + IMU funcione bem em céu de visão clara, este não é um sistema totalmente confiável.

Um ambiente de voo complexo e variável, com fortes ruídos de fundo e interferência de sinal de rádio, limitariam os receptores do drone, trazendo grandes dificuldades para a obtenção da localização geográfica de si mesmo e do alvo (ZHANG et al., 2019).

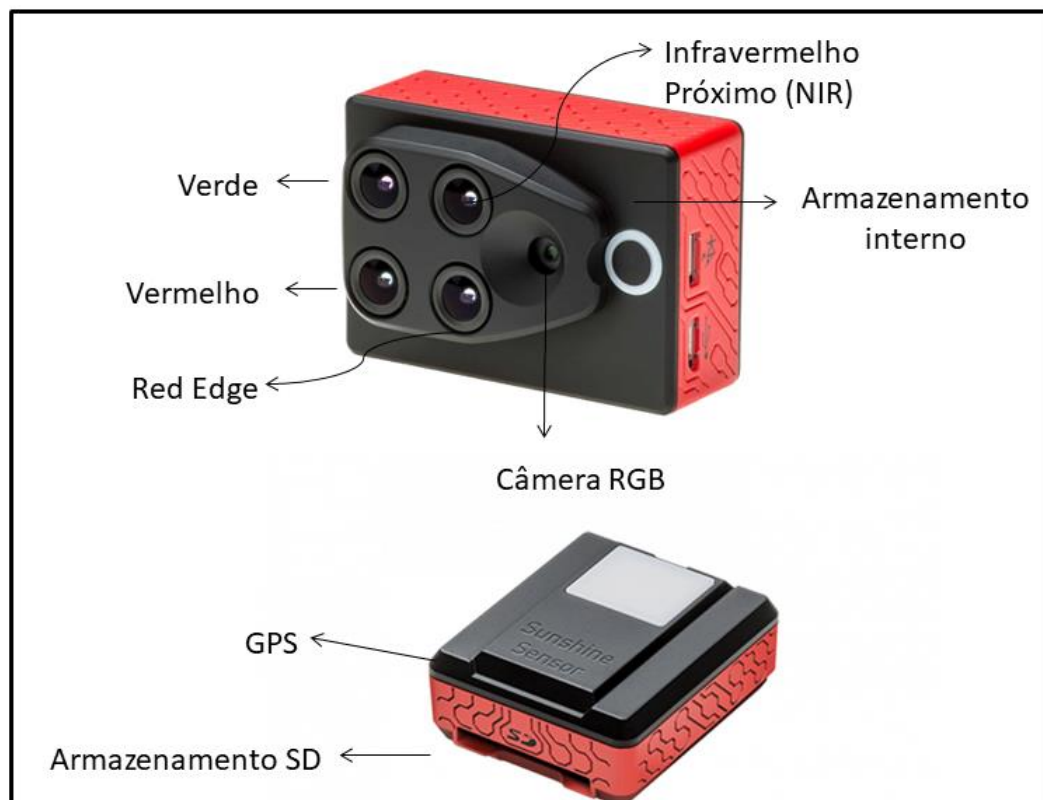
O sistema de navegação GPS e suas interferências tem tornado alvo de muitas de muitas discussões, desta podem ser divididas em dois grupos, sendo elas interferências intencionais e não-intencionais (DE SOUZA, 2005). Para nossos estudos, frisamos os não-intencionais, devido ao fato hipotético para tal erro discutido no trabalho. O mesmo são atribuídas às fontes de erros sistêmicos e aos problemas causados por emissões espúrias oriundas de outros serviços, tais como TV via satélite, estações de rádio FM, radioamadores, base de controles aéreos e entre outros.

Mediante a complexidade, a qualidade do sinal pode ser avaliada através da chamada relação sinal/ruído (S/N), podendo definida como sendo a relação entre a potência do sinal recebido do satélite e a potência de ruído que acompanha o sinal. O ruído pode ser causado pelo próprio receptor, em decorrência do movimento aleatório de elétrons no circuito (ruído térmico), por fenômenos naturais (radiações atmosféricas capturadas pela antena) ou por transmissores de sinais interferentes (DE SOUZA, 2005).

2.3. Sensor Parrot Sequoia

O sensor multiespectral Parrot Sequoia 4.0 (FIGURA 1), desenvolvido por uma parceria entre as empresas Parrot e Micasense, é ideal para ARP's pequenas. Este sensor é capaz produzir imagens em quatro bandas distintas do espectro eletromagnético: visível (verde e vermelho) e do invisível (red edge e infravermelho próximo).

Figura 1 - Sensor multiespectral Parrot Sequoia 4.0.



Fonte: Adaptado de Teixeira (2019).

As imagens das quatro bandas possuem tamanho do pixel de $3,75 \mu\text{m}$ e 16 bits de resolução radiométrica. O Sequoia também possui uma câmera integrada red, green, and blue

(RGB) de 16 megapixels, ideal para aplicações de sensoriamento remoto em áreas agrícolas. As especificações do sensor multiespectral estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Especificações do sensor multiespectral Parrot Sequoia.

Resolução	1280 x 960 pixels
Resolução câmera multiespectral	1.2 MP
Ângulo focal	3,98 mm
Bandas espectrais	Green (G, 530–570 nm) Red (R, 640–680 nm) Red edge (RE, 730–740 nm) NIR (NIR, 77-810 nm)
Obturador em banda única	Global
Calibração	Calibração radiométrica automática
RGB FOV	HFOV: 64° VFOV: 50° DFOV: 74°
FOV em banda única	VFOV: 49° HFOV: 62° DFOV: 74
Formato Multiespectral	tiff

Legenda: HFOV: Campo de visada horizontal; VFOV: Campo de visada vertical (VFOV); e DFOV: Campo de visada diagonal. Fonte: SENSEFLY (2021).

O sensor Parrot Sequoia é composto por uma câmera principal e um sensor Sunshine (SS), podendo registrar a irradiância solar durante a aquisição das imagens das quatro bandas espectrais para posterior correção radiométrica (TEXEIRA, 2019). O Sequoia também possui um sistema GPS integrado a um módulo separado que deve ser embarcado na aeronave, de forma que todas as imagens recebam GeoTag automaticamente.

2.4. Quadricóptero MATRICE 100

Sensores multiespectrais podem ser acoplados a ARP do tipo asa fixas ou multirotor. As aeronaves de asa fixa são utilizadas, principalmente, para o monitoramento e medição de grandes áreas. Dentre a enorme variedade de modelos e tamanhos dos multirotores, os

quadricópteros, modelos que possuem quatro rotores, se destacam como os mais conhecidos e utilizados pelo público em geral.

O drone quadricóptero MATRICE 100, desenvolvido pela empresa chinesa DJI, é um modelo indicado para fins profissionais e apresenta uma plataforma robusta e expansível, viabilizando a integração e a utilização de múltiplos sensores e periféricos (FIGURA 2).

Figura 2 - Drone quadricóptero MATRICE 100.



Fonte: DJI (2021).

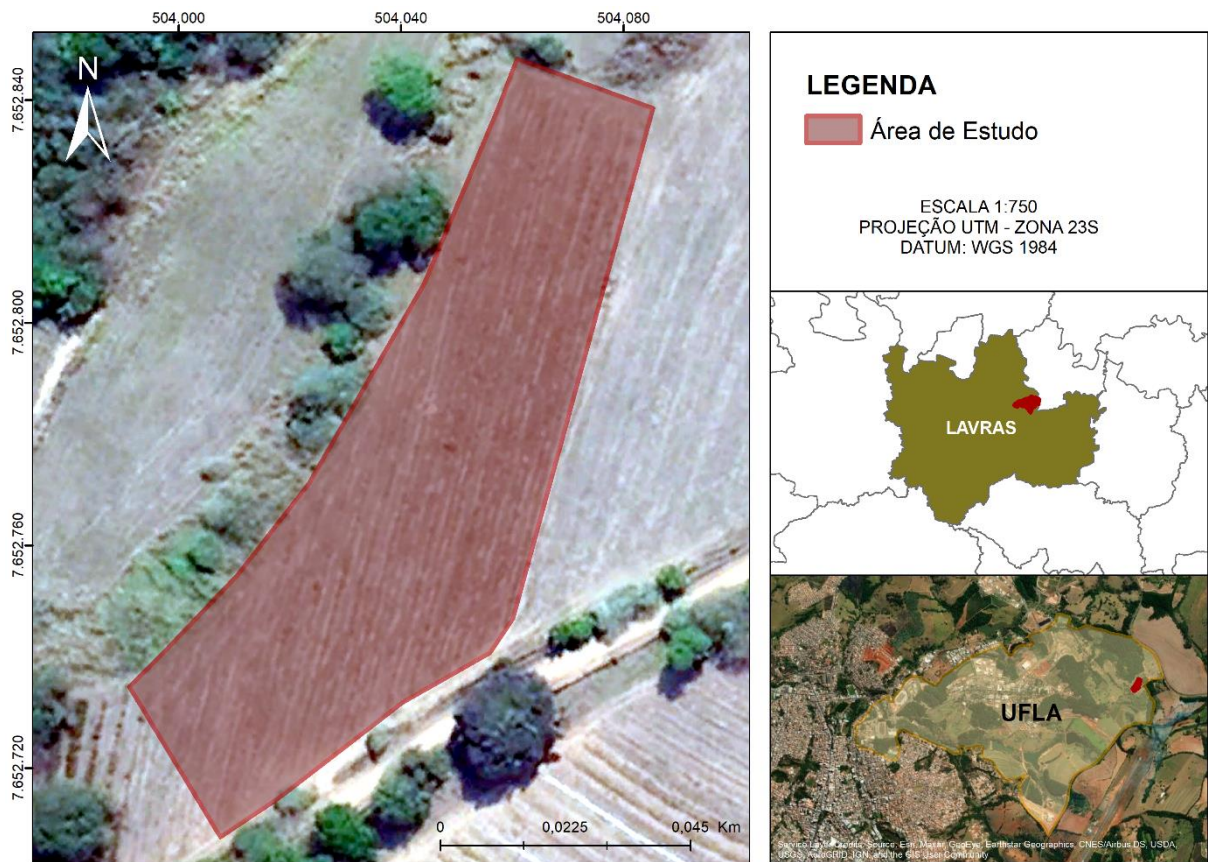
O Matrice 100 é construído em fibra de carbono e pode carregar até 2,2 kg em equipamentos e acessórios. Este modelo pode ser guiado por controle remoto com transmissão de dados e imagens em tempo real, além de possuir um sistema de navegação GPS e GLONASS. Proporcionando um voo estável e com grande resistência a ventos, sua autonomia de voo é de no máximo 40 minutos e mínimo de 17 minutos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

A área de estudo corresponde a uma lavoura cafeeira, com cerca de 0,40 ha de área, situada no *Campus* da Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao sul do Estado de Minas Gerais (FIGURA 3).

Figura 3 - Localização da área experimental no *Campus* da Universidade Federal de Lavras, MG.



Fonte: Polyana Pereira (2021).

Segundo a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cwa, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A precipitação média anual é de 1.460 mm e temperatura média mensal é de 20,4°C (DANTAS et al., 2007). A vegetação nativa da região é caracterizada Floresta Estacional Semidecidual Submontana (IBGE, 2012).

3.2. Material

3.2.1. Quadricóptero Matrice 100 – Sensor Parrot Sequoia

Neste experimento, utilizou-se uma ARP do tipo asa rotativa, o quadricóptero modelo Matrice 100, com o sensor multiespectral Parrot Sequoia acoplado (FIGURA 4).

Figura 4 - Quadricóptero Matrice 100, com o sensor multiespectral Parrot Sequoia acoplado.

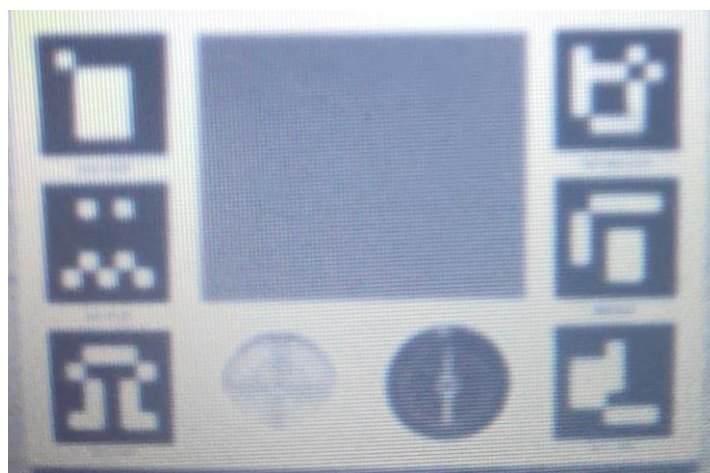


Fonte: Luana Mendes dos Santos

3.2.2. Painel de calibração de reflectância radiométrica AIRNOV

Neste estudo, utilizou-se o painel de calibração de reflectância AIRNOV (FIGURA 5) para a calibração radiométrica das imagens obtidas pelo sensor multiespectral Parrot Sequoia. Este painel de calibração possui áreas retangulares com os tons de cinza White e Black. Cada um dos subpainéis possui curvas de reflectância conhecidas ao longo das bandas do visível e do invisível.

Figura 5 – Painel de calibração de reflectância Parrot Sequoia.



Fonte: Do autor (2021).

3.2.3. Pix4Dmapper

As imagens obtidas no levantamento foram processadas no *software* Pix4Dmapper 4.1 (PIX4D SA), desenvolvido especificamente para conjuntos de imagens e dados de levantamentos aéreos de veículos não tripulados. O *software*, através da Triangulação Aérea (AAT) e do Ajustamento de Feixes em Bloco (BBA), calcula as posições e orientações das imagens originais de forma automática. Com base em nuvens de pontos 3D, obtidos durante a AAT e o BBA, pode-se gerar um Modelo Digital de Superfície (MDS) e, a partir da projeção e combinação das imagens originais com o MDS, pode-se obter um ortomosaico (BARCELOS, 2018).

3.2.4. Geoprocessamento das imagens/ortomosaicos

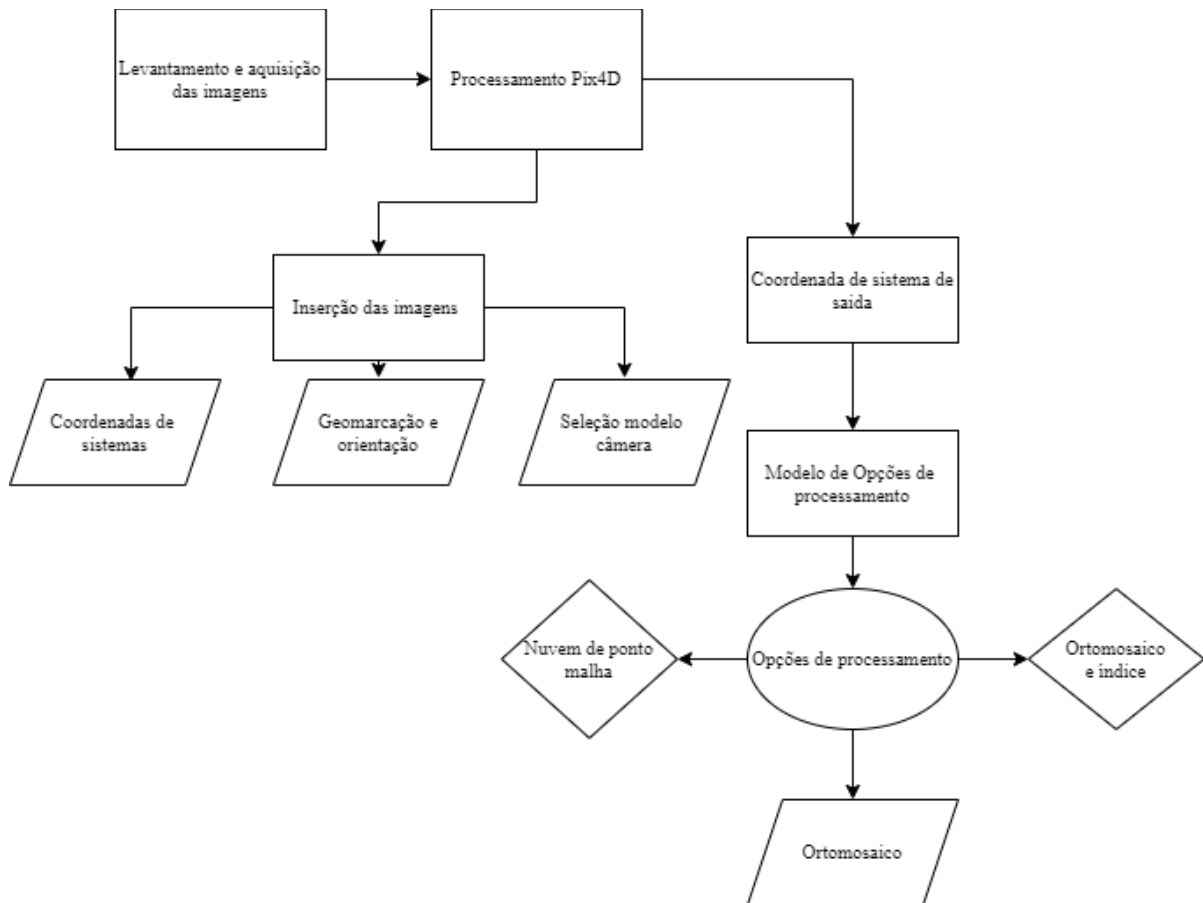
O *software* ArcGIS 10.5 (ESRI) é dedicado a servidor e serviços de sistema de informações geográficas online. Nele, foi feita uma composição de imagens que, em modo geral, as bandas representam faixas espectrais do espectro eletromagnético e tem capacidade de realçar objetos nas imagens. Para o estudo, foi feita a composição das bandas *red*, *green*, *red edge* e NIR. As imagens de cada banda encontram-se em tonalidades de cinza e foi possível com *software* criar uma composição falsa-cor e cor natural para melhorar a visualização dos objetos.

3.3. Metodologia

A aquisição dos dados experimentais se deu no dia 11 de agosto de 2021, utilizando a ARP de asa rotativa modelo Matrice 100 em modo de voo semi autônomo. O voo, previamente planejado, foi realizado entre 11:30 e 12:30 horas (horário local) com sobreposição longitudinal e lateral de 80%. Verificou-se também as condições climáticas do ambiente, como quantidades de nuvens, níveis de insolação, velocidade do vento e presença de pássaros. Conforme as recomendações de Santos et al. (2019). Cobrindo uma área de 0,40 ha, obteve-se uma GSD (Ground Sample Distance) de 1,04 cm/pixel. O tempo de coleta das imagens foi de 8:52 minutos com uma altura de voo de 30 m e velocidade de 3 m/s.

A metodologia utilizada para o processamento das imagens obtidas neste trabalho está descrita no fluxograma da Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma da metodologia.



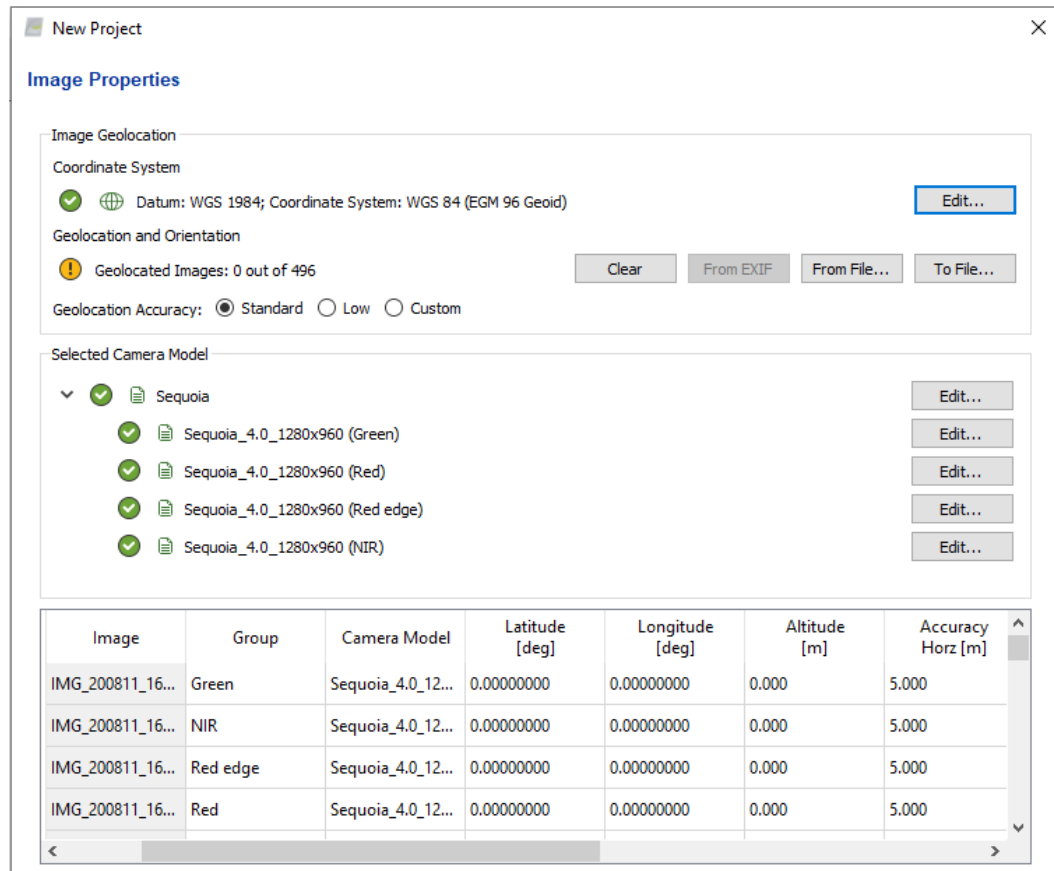
Fonte: Do autor (2021).

O processamento no *software* Pix4Dmapper consiste basicamente em três etapas:

3.3.1. Inserção das imagens (coordenadas de sistemas, geomarcção e orientação, seleção modelo câmara);

Fez-se a inserção das imagens adquiridas nas bandas *red*, *green*, *red edge* e NIR no *software* Pix4Dmapper, bem como as imagens da placa de calibração antes e após o voo para padronização da reflectância, todas com resolução de 1280 x 960 pixels. As 496 imagens foram parametrizadas no sistema de coordenadas padrão, o *Datum* WGS 1984, com precisão padrão e sem o uso de geolocalização e orientação (FIGURA 7).

Figura 7 - Tela do *software* Pix4Dmapper durante a inserção das 496 imagens.



Fonte: Do autor (2021).

3.3.2. Modelo de opções de processamento;

Com base nas imagens sobrepostas, os algoritmos do *software* estimaram as localizações relativas das imagens e as converteram a uma nuvem de pontos 3D. Optou-se pelo modelo padrão do *3D maps* para gerar o DSM e o ortomosaico. O modelo *3D maps* possui alta qualidade nas sobreposições geradas e baixa velocidade de processamento. A qualidade da estrutura 3D composta depende da sobreposição e do tamanho das imagens, assim como o conteúdo visual distinto (Pix4D SA, 2019).

3.3.3. Ortomosaico.

O tempo de processamento para a formação das ortoimagens foi de 6 horas, aproximadamente, utilizando o modelo *3D maps*. Alguns atributos de processamento foram assinalados juntos a finalização da mesma. No menu *Point Cloud and Mesh*, optou-se por

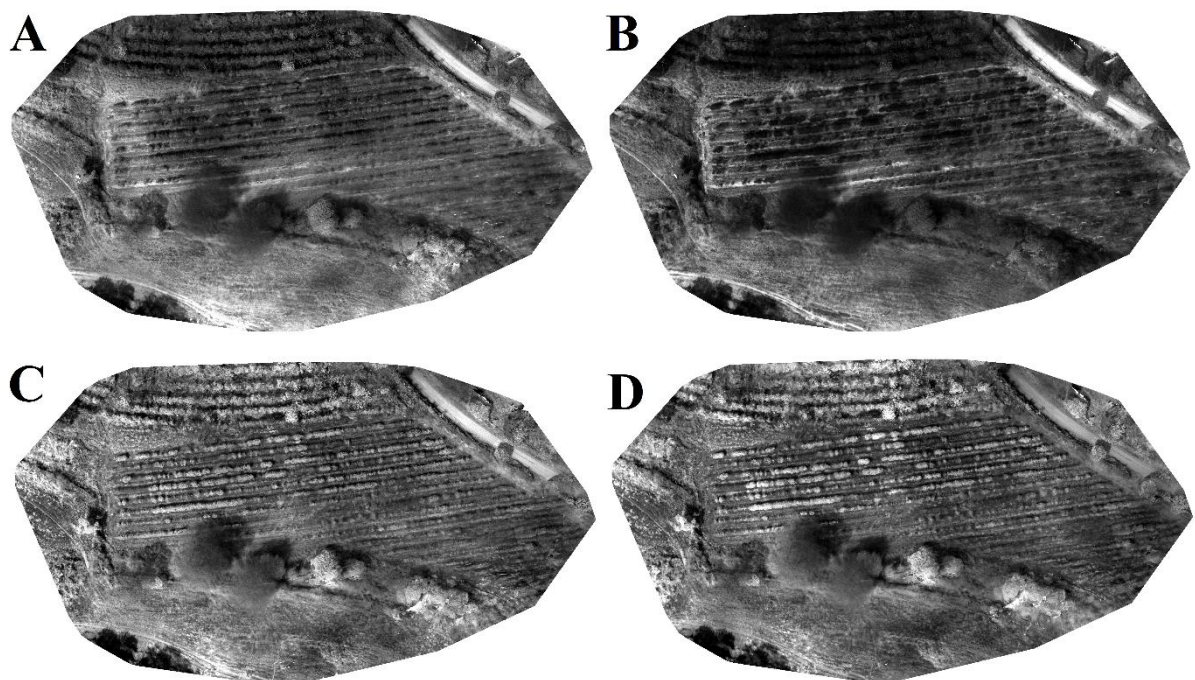
uma parametrização em escala de imagem original, lenta e multiescalar. Para mesclar todos os blocos de imagem em um arquivo, assinalou-se a opção “*Merge tiles into one file*”.

Seguindo, no menu *DSM, Orthomosaic and Index*, os índices das bandas foram calculados e corrigidos em relação à câmera Parrot Sequoia e ao sensor Sunshine de refletância. As malhas texturizadas em 3D foram marcadas para serem geradas em alta resolução e o mapa de refletância foi gerado em formato *GeoTiff*, a fim de se obter metadados de domínio padrão para embutir informações geográficas em um arquivo do tipo *tiff*.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As quatro bandas geradas pelo processamento das imagens no *software* Pix4Dmapper podem ser observadas na Figura 8.

Figura 8 - Ortofotomosaicos do sensor multiespectral Parrot Sequoia, sendo: A) Green; B) Red; C) Red Edge; e D) NIR.



Fonte: Do autor (2021).

Os ortomosaicos gerados pelo software Pix4d. Como mencionado no item Material e Métodos, não possuem geomarcação (FIGURA 9).

Figura 9 - Propriedades dos ortofotomosaicos do sensor multiespectral Parrot Sequoia.

Property	Value
<input type="checkbox"/> Raster Information	
Columns and Rows	5892, 3253
Number of Bands	1
Cell Size (X, Y)	0,07351, 0,07351
Uncompressed Size	73,12 MB
Format	TIFF
Source Type	Generic
Pixel Type	floating point
Pixel Depth	32 Bit
<input type="checkbox"/> Spatial Reference	<Undefined>
XY Coordinate System	Unknown
Linear Unit	
Angular Unit	
Vertical Coordinate System...	
<input type="checkbox"/> Statistics	
<input type="checkbox"/> Band_1	Statistics have not been calculated.
Build Parameters	

Fonte: Do autor (2021).

Durante o planejamento do voo fez-se a delimitação correta da área de voo da ARP, realizou-se a calibração da aeronave, da câmera e o painel para calibração de reflectância. Desta forma, a não geomarcação do sensor pode ser atribuída a uma falha de comunicação entre a câmera e o GPS, ou entre a câmera e o sensor IMU, ou algum cabo se desconectou durante o decolar da ARP. Verificou-se também as condições climáticas do ambiente, como quantidades de nuvens, níveis de insolação, velocidade do vento e presença de pássaros, conforme as recomendações de Santos et al. (2019).

Ressalta-se também a questão do horário de voo, pois o mesmo ocorreu quando a temperatura se encontrava no seu mais alto grau do dia, chegando a 22,6°C em sua máxima temperatura e com mínima 22°C, (INMET, 2021). Desta forma, podemos atribuir o aumento da temperatura da sequoia com a temperatura máxima do dia de coleta, no que acarreta o aquecimento da mesma e com isso podendo haver falta de comunicação e perda de dados, resultando na falta de geomarcação das imagens. De acordo com Teixeira et al (2020), os erros resultantes de variações climáticas, de geometria de iluminação e de geometria de visualização do sensor durante a aquisição de dados devem ser corrigidos para análises radiométricas de plantas utilizando ARP's. Sendo assim, atribuindo ao fato de que o presente estudo é uma adaptação da ARP Matrice 100, os erros relativos ao sensor e à câmera são

inerentes, sendo necessárias análises complementares para avaliar quantitativamente os resultados obtidos.

Ademais, outro fator importante e questionável para resoluções de problemas futuros, seria ao fato de que, conforme mencionado no item Material, o Matrice utiliza sinais de satélite das constelações americana (GPS) e russa (GLONASS). Dessa maneira, levando em consideração as especificações da sequoia, que utiliza apenas a sinais de satélite do GPS, a fim de mitigar ainda mais os erros de comunicação entre a ARP e o Sensor, poderia ser pensado que, na ausência de coordenadas de algum desses satélites, automaticamente o próximo poderia ser ativado.

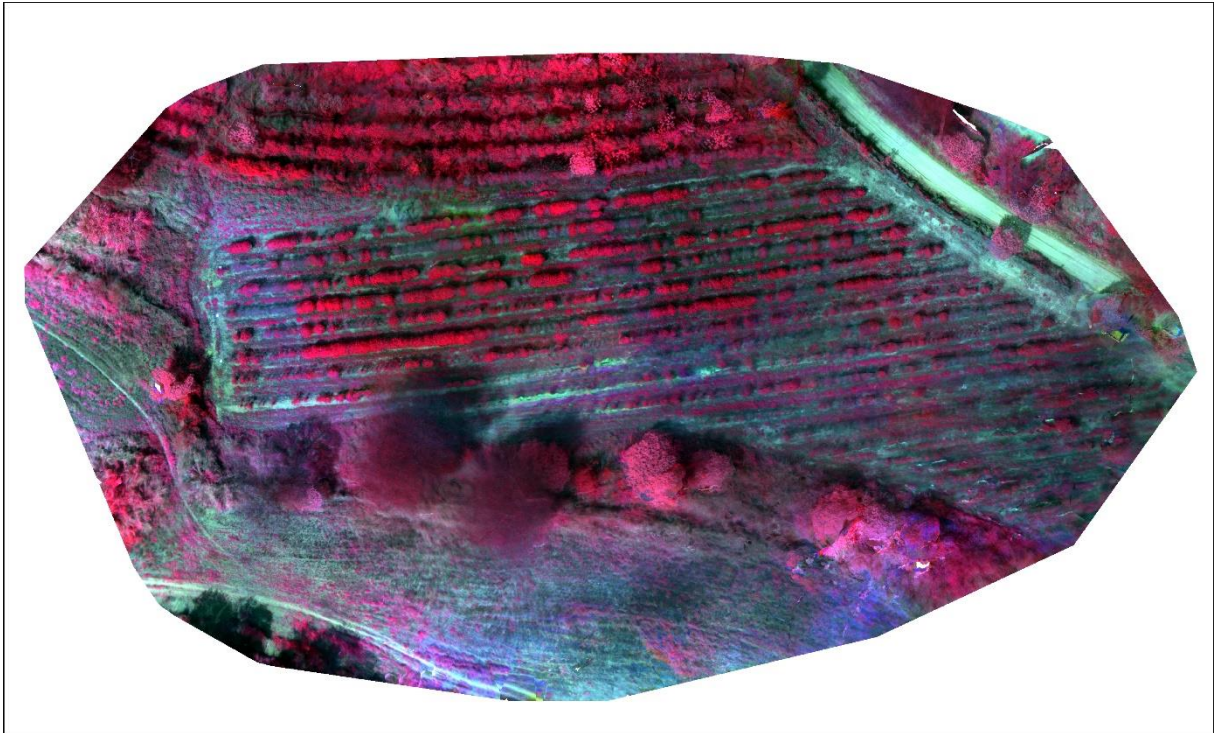
Além do mais, segundo Zhang et al. (2019), um ambiente de voo complexo e variável, fortes ruídos de fundo e interferência de sinal de rádio, limitariam os receptores do drone, trazendo grandes dificuldades para a obtenção da localização geográfica de si mesmo e do alvo. Desta forma, ressalta-se que próximo ao local do voo, encontra-se um heliporto que, diante das discussões de outros autores, podemos hipotetizar que possa haver interferências significativas, podendo ser intencionais ou não intencionais, que levem a perdas das geoinformações.

Em contrapartida, no que se diz respeito ao posicionamento inercial, a ARP utilizada no trabalho apresenta componente IMU com precisão de posicionamento visual aceitável, visto que a empresa fabricante é pioneira no ramo, fazendo com que se leve em consideração a acurácia da capacidade de geomarcação. Com isso notou-se também que o voo e o ambiente são um grande fator que geram complexidade nos estudos. Conforme ShihMing (2012), há pontos para mitigar esses erros, como localizar objetos previamente por meios de registros no ambiente.

Deste modo, mesmo com as possíveis falhas cabíveis com a coleta das imagens sem geomarcação, elas podem ser utilizadas realizando o processo de georrefenciamento em algum software padrão para tal. Porém, para que haja a possibilidade do mesmo, se faz necessário ter pontos de controle (em inglês, Ground Control Points- GCPs) com coordenadas conhecidas da área, podendo ser obtidos com usando um levantamento topográfico ou geodésico dos pontos, como por exemplo, a utilização de uma estação total ou par de receptores de sistema de navegação global por satélite (GNSS) de alta precisão. Valendo-se dessa metodologia, cria-se um apoio para o georrefereciamento de dados e correção geométrica das imagens coletadas, que se caracterizam como alvos de referência claramente

visíveis em imagens aéreas (Agüera-Vega, Carvajal-Ramirez, Martínez-Carricondo et al., 2018). Contudo, mesmo que os pontos de controle gerem qualidade geométrica ao ortomosaico, estudos com GCPs ainda sim são contestáveis, o que leva a baixa utilização da técnica. Essa ocorrência é devido ao custo de obtenção GCPs, segundo as pesquisas Santana et al. (2021), a forma de distribuição e números de ponto de controle pode preservar a qualidade geométrica do ortomosaico, o que contribui para a a redução de custos na obtenção de produtos fotogramétricos. Além disso, em voos em que o operador identifica a ausência de geomarcação, os pontos de controle podem ser utilizados para este fim.

Figura 10 - Composição dos ortofotomosaicos do sensor multiespectral Parrot Sequoia.



Fonte: Do autor (2021).

Conforme observado na figura 10, a falta de geomarcação não interfere na composição de bandas, porém ao utilizar as tonalidades de falsa-cor e cor natural em condições que são exigidos localização no espaço, este tipo de erro pode interferir diretamente no objetivo final.

5. CONCLUSÃO

Atendendo aos objetivos iniciais, o trabalho contemplou as expectativas dentro do que foi traçado inicialmente. Observou-se que foi possível realizar o processamento das imagens sem geomarcação e o mesmo mostrou-se eficaz. Notou-se que a qualidade das imagens obtidas foi satisfatória, porém para uma melhor precisão geográfica, necessita-se de análises sistêmicas posteriores ao processamento para o georreferenciamento da mesma.

REFERENCIAS

- AGUEERA-VEGA, F.; CARVAJAL-RAMIREZ, F.; MARTINEZ-CARRICONDO, P.; LÓPEZ, J. S. H.; MESAS-CARRASCOSA, F. J.; GARCIA-FERRER, A.; PÉREZ-PORRAS, F. J. Reconstruction of extreme topography from UAV structure from motion photogrammetry. *Measurement*, v. 121, p. 127-138, 2018.
- BARCELOS, M. Q. **Estimativa de volume para a cana-de-açúcar por meio de Imagens obtidas de aeronave remotamente pilotada**. 2018. 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia, *campus* Monte Carmelo, 2018.
- BOURSIANIS, A. D. et al. Internet of things (IoT) and agricultural unmanned aerial vehicles (UAVs) in smart farming: a comprehensive review. *Internet of Things*, p. 100187, 2020.
- CHIARELLO, C. G. F. **Regulação dos veículos aéreos não tripulados para agricultura no Brasil: das competências normativas**. 2017. 159 p. Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade de Passo Fundo, 2017.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- DE SOUZA, C. R. M. **Interferidores de GPS: análise do sistema e de potenciais fontes de interferência**. 2005. 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica do Instituto Militar) - Engenharia Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005.
- DJI – Innovations Company Limited. Drone quadricóptero MATRICE 100. Disponível em: <https://www.directindustry.com/pt/prod/dji-innovations-company-limited/product-101659-1806411.html>. Acesso em: 10 nov. 2021.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE – ESRI. **ArcGIS Desktop**: Release 10.5. Redlands, 2018.
- FARIA, L. A.; SILVESTRE, C. A. DE M.; CORREIA, M. A. F. GPS-dependent systems: vulnerabilities to electromagnetic attacks. *Journal of Aerospace Technology and Management*, v. 8, n. 4, p. 423-430, 2016.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p. (IBGE. Manuais Técnicos em Geociências, n. 1).
- LEE, J. H.; KWON, K. C.; AN, D. S.; SHIM, D. S. GPS spoofing detection using accelerometers and performance analysis with probability of detection. *International Journal of Control, Automation and Systems*, v. 13, n. 4, p. 951-959, 2015.
- LIMA, S. A. **Avaliação da acurácia do posicionamento e orientação de aeronaves remotamente pilotadas com uso de técnicas de fotogrametria e processamento digital de imagens**. 2018. 215 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018.

- LINNA, P. **Mikä data – hanke**. 2019. Disponível em: <https://kalenteri.maaseutu.fi/wp-content/uploads/events/4447/4c2884a0c62115392a38446677a128f7.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- MACHADO, V. J. **Vulnerabilidade dos sistemas GNSS a ataques do tipo Spoofing**. 2019. 38 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019.
- MALAMIRI, H. R. G.; ALIABAD, F. A.; SHOJAEI, S.; MORAD, M.; BAND, S. S. A study on the use of UAV images to improve the separation accuracy of agricultural land areas. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 184, p. 106079, 2021.
- NORONHA, W. S. **Direito de regulação de drones no Brasil**. 2016. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Direito) - Faculdade de Direito, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018.
- OSCO, L. P. et al. Fluxo de Trabalho para a Calibração de Imagens Espectrais Obtidas em Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) pelo Método da Linha Empírica. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 291-300, 2019.
- PIX4D SA. **Pix4Dmapper 4.1 use manual**. Lausanne, 2017. Disponível em: <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/204272989-Offline-Getting-Started-and-Manual-pdf#gsctab=0>. Acesso em: 16 abr. 2021.
- PIX4D SA. **Pix4Dmapper: Guia para Iniciantes**. Lausanne, 2019. Disponível em: https://s3.amazonaws.com/mi-cs.pix4d.com/KB/Getting+Started+PDFs/traductions/Pix4Dmapper_Getting_Started_Master_4.0_PT_FINAL.pdf. Acesso em: 5 mai. 2021.
- SANTANA, L. S.; FERRAZ, G. A. F.; MARIN, D. B.; BARBOSA, B. D. S.; SANTOS, L. M.; FERRAZ, P.F.P.; ROSSI, G. Influence of flight altitude and control points in the georeferencing of images obtained by unmanned aerial vehicle. **European Journal of Remote Sensing**, v. 54, n. 1, p. 59-71, 2021.
- SANTOS, O. L. ; PADOLFI, A. S.; RAMALDES, G. P. Análise de índice de vegetação através de imagens obtidas por VANT. **Revista Científica FAESA**, v. 14, n. 1, p. 145-165, 2018.
- SENSEFLY – The Professional's Mapping Drone. 2021. Disponível em: <https://www.sensefly.com/pt/camera/par-rot-sequoia-2/>. Acesso em: 01 nov. 2021.
- SILVA, C. M.; JÚNIOR, P. T. S.; ALVES, D. B. M.; MONICO, J. F. G. Galileo: a consolidação do sistema de posicionamento europeu. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 8, n. 4, p. 238-255, out/dez. 2020.
- TEIXEIRA, A. A. D. **Avaliação da acurácia radiométrica de imagem dos sensores Sequoia e MSI na cultura da aveia preta**. 2019. 65 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2019.
- TEIXEIRA, A. A., MENDES, C. W., BREDEMEIER, C., NEGREIROS, M., & AQUINO, R. D. S. Evaluation of the radiometric accuracy of images obtained by a Sequoia multispectral camera. **Engenharia Agrícola**, v. 40, p. 759-768, 2020.
- WALTER, A.; FINGER, R.; HUBER, R.; BUCHMANN, N. Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 24, p. 6148-6150, 2017.
- ZHANG, Y.; LAN, C.; SHI, Q.; CUI, Z.; AND SUN, W. Video image target recognition and geolocation method for UAV based on landmarks. **International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences**, v. 42, p. 285-291, 2019.