

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ANDRES ANGEL LEONARDO LINDAO

**IDENTIFICAÇÃO DE INDÍVIDUOS DA ESPÉCIE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex
Steud EM DOIS REMANESCENTES FLORESTAIS A PARTIR DE DADOS
GEOESPACIAIS**

DOIS VIZINHOS - PR

2021

ANDRES ANGEL LEONARDO LINDAO

IDENTIFICAÇÃO DE INDÍVIDUOS DA ESPÉCIE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud EM DOIS REMANESCENTES FLORESTAIS A PARTIR DE DADOS GEOESPACIAIS

*Identification of individuals of the species *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud in two forest remnants from geospatial data*

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de título de bacharel em Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná *campus* Dois Vizinhos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Madalena Santos da Silva.

Coorientador: Prof. Ing. Alejandro Roberto Vargas.

DOIS VIZINHOS - PR

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



TERMO DE APROVAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DE INDÍVIDUOS DA ESPÉCIE *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud EM DOIS REMANESCENTES FLORESTAIS A PARTIR DE DADOS GEOESPACIAIS

por

ANDRES ANGEL LEONARDO LINDAO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 25 de novembro de como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.^a Dr.^a Maria Madalena Santos da Silva – Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campus Dois Vizinhos.

Prof.^a Dr.^a Flavia Alves Pereira – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus*
Dois Vizinhos.

Prof. Dr. Raoni Wainer Duarte Bosquilia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná –
Campus Dois Vizinhos.

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

DOIS VIZINHOS - PR

2021

RESUMO

As florestas nos brindam com bens e serviços de maneira contínua, contribuindo com uma melhora constante da qualidade do ar, da água e, conseqüentemente, da vida, fornecendo produtos de altíssima qualidade, sendo estes madeiráveis ou não madeiráveis. Neste sentido, a espécie *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud, popularmente conhecida como louro-pardo, é um elemento característico destas florestas, particularmente inserida dentro da Mata Atlântica, com importância de diversos pontos de vista: ecológico, econômico e cultural. Esta espécie apresenta uma resistência mecânica média e de aspecto agradável, o que a torna atrativa para construção de móveis de luxo e construção civil, além de contribuir para a recuperação de áreas degradadas e a formação de novas florestas. Sendo assim, surge a necessidade de conhecer a distribuição e localização da espécie, e desta forma atuar nas tomadas de decisão que permitam o melhor planejamento no tempo e espaço. Neste intuito, o trabalho objetivou-se na identificação espacial dos indivíduos de louro-pardo, partindo de imagens digitais de alta resolução geradas por aeronave remotamente pilotada – RPA em dois remanescentes florestais. A identificação desta espécie partiu da classificação manual através de variáveis visuais, tais como, forma da copa, cor e textura, seguindo-se com a vetorização das copas dos indivíduos. A validação da identificação visual se deu por meio de visita a campo e comparação das características morfológicas da própria espécie. Pensando em otimizar esse processo, as imagens passaram pela classificação automática mediante o Método da Máxima Verossimilhança e seu resultado comparado a classificação manual. Finalmente obteve-se mapas temáticos georreferenciados com a distribuição espacial dos indivíduos localizados nos dois remanescentes. Conclui-se que a metodologia mostrou-se eficiente, rápida e segura, sendo muito adequado o trabalho com imagens de alta resolução para concretizar a localização de indivíduos de interesse na mata nativa, destacando-se que a identificação da espécie só é possível quando verifica-se a totalidade do padrão selecionados, isso quer dizer que, só quando os 3 parâmetros de variáveis visuais estabelecidos (forma da copa, cor e textura) são os adequados a classificação é assertiva.

Palavras chave: louro pardo; georreferenciamento; classificação manual e automática.

ABSTRACT

Forests provide us with goods and services continuously, contributing to a constant improvement in the quality of air, water, and, consequently, life, by supplying products of the highest quality, whether woody or not. In this sense, the species *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud, popularly known as *louro-pardo*, is a characteristic element of these forests, particularly inserted within the Atlantic Forest, with importance from several points of view: ecological, economic and cultural. This species has a medium mechanical strength and a pleasant aspect, which makes it attractive for the construction of luxury furniture and civil construction, besides contributing to the recovery of degraded areas and the formation of new forests. Thus, there is a need to know the distribution and location of the species, and thus act in decision making that allows better planning in time and space. In this sense, the work aimed at the spatial identification of individuals of the *louro-pardo*, starting from high-resolution digital images generated by remotely piloted aircraft – RPA in two forest remnants. The identification of this species began with the manual classification through visual variables such as crown shape, color and texture, followed by the vectorization of the crowns of individuals. The visual identification was validated by field visits and comparison of the morphological characteristics of the species itself. In order to optimize this process, the images were automatically classified using the Maximum Likelihood Method and the results were compared to the manual classification. Finally georeferenced thematic maps were obtained with the spatial distribution of the individuals located in the two remnants. It is concluded that the methodology proved to be efficient, fast and safe, being very appropriate to work with high resolution images to realize the location of individuals of interest in the native forest, highlighting that the identification of the species is only possible when the totality of the selected pattern is verified, this means that only when the 3 parameters of visual variables are established (canopy shape, color and texture) are the appropriate classification is assertive.

Keywords: *louro-pardo*; georeferencing; manual and automatic classification.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Constelação e configuração GPS	13
Figura 2 – Método de posicionamento absoluto.....	14
Figura 3 – Método de posicionamento relativo	14
Figura 4 – Tipos de posicionamento – GPS	15
Figura 5 – Exemplo de pontos de controle de caráter artificial.....	16
Figura 6 – Recobrimento longitudinal e transversal.....	17
Figura 7 – Combinação aditiva das cores RGB.....	18
Figura 9 – Variáveis visuais da cartografia temática.....	21
Figura 10 – Locais identificados de ocorrência de Louro-pardo.....	23
Figura 11 – Copa e flores de Louro-pardo em diferentes estágios fenológicos	23
Figura 12 – Fluxograma de atividades	24
Figura 13 – Área pertencente a Trilha Ecológica da UTFPR.....	25
Figura 14 – Área pertencente ao Parque do Jirau Alto.....	25
Figura 15 – Drone <i>Mavic Air 2</i> , pronto para o voo	26
Figura 16 – Planos de voo para a mata nativa da UTFPR.....	27
Figura 17 – Planos de voo para a Parque do Jirau Alto.....	27
Figura 18 – Arbustos próximos ao caminho de acesso da Mata Nativa da UTFPR	28
Figura 19 – GPS topográfico – RTK FOIF A90	29
Figura 20 – Mapa rascunho dos pontos de controles para a Mata Nativa da UTFPR....	30
Figura 21 – Mapa rascunho dos pontos de controles para o Parque do Jirau Alto.....	30
Figura 22 – Ferramenta para georreferenciar dentro do QGIS.....	31
Figura 23 – Visualização da ferramenta de georreferenciar	32
Figura 24 – Vista de diferentes espécies no dossel da floresta.....	32
Figura 25 – Polígono identificado com o indivíduo de estudo e centroide calculado....	33
Figura 26 – Ferramenta geométrica vectorial para a criação dos centroides.....	33
Figura 27 – Ferramenta de calculadora de campos	34
Figura 28 – Aplicativo <i>Avenza Maps</i> vista geral.....	34
Figura 30 – Sequência para realizar o processo de classificação SAGA GIS.....	36
Figura 31 – Vista da ferramenta que permite a composição de impressão de mapas	36
Figura 32 – Matriz de confusão utilizada para a constatação a campo	38
Figura 33 – Classificação automática por meio do SAGA GIS –UTFPR.....	40
Figura 34 – Classificação automática por meio do SAGA GIS – Parque do Jirau Alto	40
Figura 35 – Indivíduos localizados na Mata Nativa da UTFPR.....	41

Figura 36 – Indivíduos localizados no Parque do Jirau Alto.....	41
Figura 37 – Erro na junção dos voos no mosaico para o Parque do Jirau Alto.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros utilizados na georreferenciação dos ortomosaicos	31
Tabela 2 – Coordenadas UTM dos pontos de controle coletados UTFPR	37
Tabela 3 – Coordenadas UTM dos pontos de controle coletados Parque do Jirau Alto	37
Tabela 4 – Coordenadas UTM obtidas dos indivíduos para a Mata Nativa e o Jirau Alto	38
Tabela 5 – Coordenadas UTM dos indivíduos constatados a campo nos remanescentes	39

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVOS	12
2.1.	Objetivo geral	12
2.2.	Objetivos específicos	12
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1.	Sistema global de navegação por satélite (GNSS)	13
3.1.1.	Sistemas que compõe o GNSS	13
3.1.2.	Métodos de posicionamento	14
3.1.2.1.	Procedimento de acordo com a natureza do método	14
3.1.2.2.	Processamento de dados de acordo com a obtenção dos resultados	14
3.1.2.3.	Técnicas de coleta de dados de acordo com a técnica	15
3.2.	Pontos de controle no geoprocessamento	15
3.3.	Aeronave remotamente pilotada – RPA	16
3.3.1.	Plano de voo	16
3.3.2.	Altura de voo	17
3.3.3.	Recobrimento longitudinal e transversal	17
3.3.4.	Mosaicagem	17
3.3.5.	Câmera digital	18
3.3.6.	Sistema de cor RGB	18
3.4.	Sistemas de coordenadas	18
3.4.1.	Coordenadas geodésicas	19
3.4.2.	Universal Transversa de Mercator (UTM)	19
3.4.2.1.	Características básicas do sistema UTM	19
3.5.	Cartografia	20
3.6.	Mapas temáticos	20
3.6.1.	Estrutura metodológica da cartografia temática	21
3.7.	Interpretação de imagens de alta resolução	21
3.8.	Louro pardo - <i>Cordia trichotoma</i>	22
4.	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1.	Fluxograma de atividades	24
4.2.	Caracterização da área	25
4.3.	Obtenção das imagens – Voo com RPA	26
4.4.	Pontos de Controle	28

4.4.1.	Definição e obtenção dos pontos de controle	28
4.4.2.	Georreferenciamento das imagens com os respectivos PC	31
4.5.	Processamento – Vetorização das imagens/Classificação visual	32
4.6.	Constatação a campo	34
4.7.	Processamento – Classificação automática	35
4.8.	Geração dos mapas	36
5.	RESULTADOS	37
5.1.	Voo com RPA	37
5.2.	Pontos de Controle	37
5.3.	Processamento – Classificação Visual	37
5.4.	Constatação a campo	38
5.5.	Processamento – Classificação automática	39
5.6.	Geração de mapas	41
6.	CONCLUSÃO	42
7.	REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

As florestas são as principais responsáveis pelo modo de vida que se leva nos dias de hoje. Elas nos brindam com bens e serviços de maneira contínua, contribuindo com a melhora constante da qualidade do ar, da água, da terra, além de outros serviços ecossistêmicos, e conseqüentemente da vida, fornecendo produtos de altíssima qualidade, sendo estes madeiráveis ou não madeiráveis.

A espécie *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud (louro-pardo) é um elemento característico destas florestas, particularmente inserida dentro da Mata Atlântica, com importância de diversos pontos de vistas ecológicos, econômicos e culturais. Segundo CARVALHO (2002), a espécie possui uma resistência mecânica média e de aspecto agradável, o que a torna indicada para construção de móveis de luxo e construções civis em geral, além de ser uma árvore caracterizada por pertencer ao grupo sucessional secundário tardio, capaz de surgir em terrenos abandonados, capoeiras e capoeirões o que contribui com a recuperação de áreas degradadas e a formação de novas florestas.

Sendo assim, surge a necessidade de conhecer a distribuição e localização das espécies de importância dessa flora por um meio cartográfico, e dessa forma, tornar essa atividade prática e útil para a tomada de decisões cotidianas que permitam o melhor planejamento no tempo e espaço.

NUNES (2016) afirma que, muitas vezes, a representação gráfica é assumida como um caráter naturalizado, como se ela fosse a realidade. Esse fato leva a tomada de decisões equivocadas, como consequência das distorções na compreensão do espaço, pela ausência de uma “cultura cartográfica” que promova uma visão mais ampla da representação do mundo com suas limitações e alcances.

Na atualidade, o avanço tecnológico vem a facilitar o dia a dia, permitindo a execução de atividades em períodos mais curtos e uma maior eficiência operacional e econômica. Dentre alguns destes avanços, pode-se citar as aeronaves remotamente pilotadas, na qual o piloto não está a bordo, mas controla sua aeronave remotamente de uma interface qualquer (computador, dispositivo digital, controle remoto, etc.) (DECEA, 2015). Essas aeronaves são equipadas com câmeras capazes de gerar imagens de altíssima qualidade que podem ser processadas posteriormente, permitindo extrair enormes volumes de informação.

Por isso, este trabalho pretende valer-se destes insumos para gerar formas mais práticas e adequadas de transmitir os fenômenos espaciais da localização espacial do louro-pardo mediante as representações cartográficas em remanescentes florestais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Realizar a identificação espacial da espécie *Cordia trichotoma*, popularmente conhecida como louro-pardo, em dois remanescentes florestais utilizando imagens digitais de alta resolução geradas por aeronave remotamente pilotada – RPA.

2.2. Objetivos específicos

- Obter os mosaicos gerados a partir das imagens digitais de alta resolução com RPA das áreas estudo.
- Realizar a classificação visual (manual, identificando os indivíduos de louro-pardo), na área de estudo mediante a vetorização das copas.
- Validar em campo a classificação visual dos indivíduos a partir das coordenadas geodésicas obtidas nas imagens geradas por RPA.
- Submeter às imagens a uma classificação automática mediante o método da máxima verossimilhança (*Maximum Likelihood*).
- Criar mapas temáticos georreferenciados da distribuição espacial dos indivíduos a localizar.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Sistema global de navegação por satélite (GNSS)

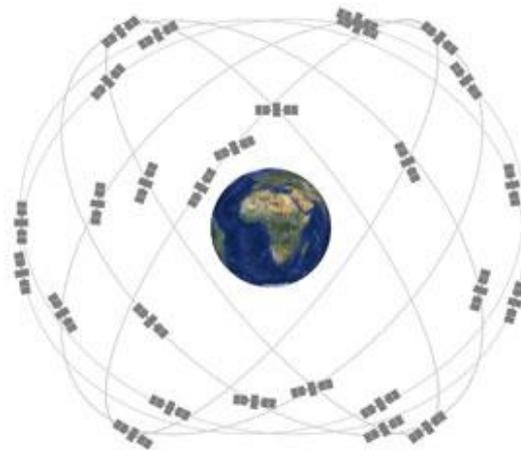
Sistema que, através do uso de um conjunto de satélites e de um dispositivo posicionado em um ponto específico, permite a localização do ponto no globo a qualquer tempo, com uma margem de erro de alguns metros a milímetros, por meio de um sistema de coordenadas (OYALA, 2014, p. 160).

3.1.1. Sistemas que compõe o GNSS

De acordo com ALVES, ABREU e SOUZA (2013, p. 9) afirmam que os principais sistemas globais que compõem o GNSS são:

- NAVSTAR-GPS (*NAVigation Satellite with Time And Ranging-Global Positioning System*): Foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa Americano, com uma constelação composta por 24 satélites, sendo 21 operacionais e 3 reservas ativas, distribuídas em seis orbitais (Figura 1).

Figura 1 – Constelação e configuração GPS



Fonte: GPS Systems-Space, 2021.

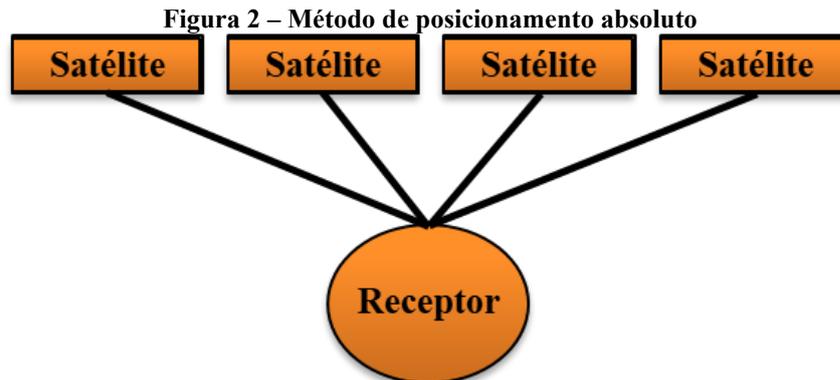
- GLONASS (*Global Navigation Satellite System*): Desenvolvido pela ex-União Soviética atual Rússia, com uma constelação que totalmente implantada tem 31 satélites. Tendo entre 22 e 24 satélites em operação dispostos em três planos orbitais, com 8 deles em cada órbita.
- Galileo: Criado e mantido pela União Europeia, esta constelação conta com um total de 30 satélites (27 operativos e 3 em reserva), localizados em 3 órbitas.
- BeiDou/Compass: Sistema de navegação por satélite desenvolvido pelo Governo Chinês, com uma constelação distribuída em 7 planos orbitais, constituída por 5 satélites GEO e 30 non-GEO (27 ativos e 3 em reserva).

3.1.2. Métodos de posicionamento

HOYER (2002, p. 1) classifica os procedimentos observacionais em três métodos:

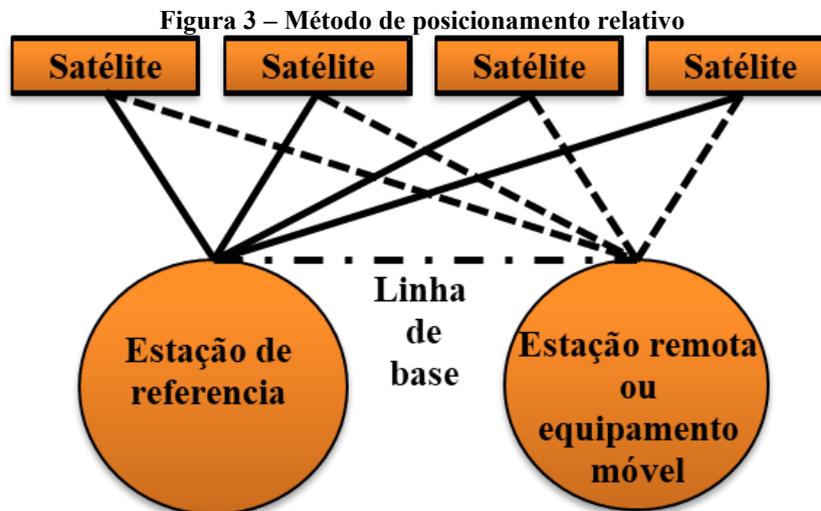
3.1.2.1. Procedimento de acordo com a natureza do método:

- Absoluta: Utiliza apenas um receptor, e ele não se comunica ou recebe correções de outra estação ou receptor (Figura 2).



Fonte: O autor, 2021.

- Relativa: Utiliza no mínimo de dois receptores que se comunicam e trocam informações em tempo real ou compartilham dados pós-processados em escritório (Figura 3).



Fonte: O autor, 2021.

3.1.2.2. Processamento de dados de acordo com a obtenção dos resultados:

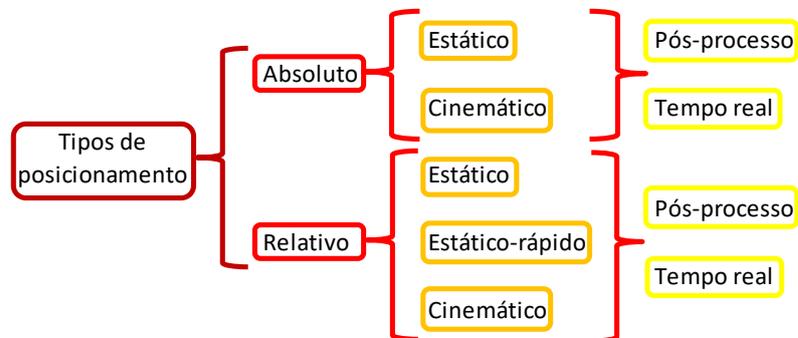
- Pós-processamento: Utilização de dados da base (ponto com coordenadas conhecidas), obtidos ao longo do trabalho e dados coletados no ponto de interesse (rover) que são processados com conjunto após o levantamento de campo.

- Tempo real: Sistema que permite obter e compartilhar medições no instante da coleta dos dados por meio do uso de um rádio para transferência de dados. Ele atua ativamente em tempo real, com as devidas correções de dados, com o objetivo de obter uma melhor qualidade das medições.

3.1.2.3. Técnicas de coleta de dados de acordo com a técnica (Figura 4):

- Estático: Consiste em receptores que permanecem estacionados, ou seja, que não mudam de posição durante a fase de observação (a duração do levantamento varia de 20 minutos até várias horas) (FREITAS *et al.*, 2013).
- Estático rápido: É similar a técnica estática, mas a diferença é que o rasteio tem uma duração inferior a 20 minutos (FREITAS *et al.*, 2013).
- Cinemático: Enquanto um ou um grupo de receptores estão estacionados em um ponto de referência, outro/s receptores encarregados da coleta dos dados, dos pontos de interesse, permanecem em movimento (FREITAS *et al.*, 2013).

Figura 4 – Tipos de posicionamento – GPS



Fonte: Adaptado de MANUEL, 2012.

3.2. Pontos de controle no geoprocessamento

De acordo com PRADO (2019) os pontos de controles são marcações de caráter natural ou artificial que se encontram na área a ser levantada. Estes pontos possuem coordenadas conhecidas além de serem visíveis nas fotos aéreas. Estas coordenadas são coletadas normalmente com receptores de Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS).

A importância destes pontos de controle (Figura 5) como apoio no geoprocessamento, é que permitem aumentar a acurácia do mapeamento aéreo, já que permitem “associar” a imagem ao terreno.

Figura 5 – Exemplo de pontos de controle de caráter artificial utilizados no aerolevanteamento



Fonte: O autor, 2021.

3.3. Aeronave remotamente pilotada – RPA

Uma aeronave remotamente pilotada (*Remotely Piloted Aircraft* – RPA) é uma aeronave não tripulada, na qual o piloto não está a bordo, mas controla sua aeronave remotamente de uma interface qualquer (computador, dispositivo digital, controle remoto, etc.). Já o termo “drone” é um apelido originado nos EUA, para caracterizar todo e qualquer objeto voador não tripulado com qualquer propósito (profissional, recreativo, militar, comercial, etc.), embora o termo seja aceito, não tem amparo técnico ou definição nas legislações existentes (DECEA, 2015).

Uma aeronave não tripulada e pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota que não tenha finalidades recreativas, tais como comercial, experimental, corporativa, etc. e considerada um RPA. Estes foram categorizados de acordo com o peso máximo de decolagem do equipamento em três classes:

- Classe 1: Acima de 150 kg.
- Classe 2: Acima de 25 kg e abaixo ou igual a 150 kg.
- Classe 3: Abaixo ou igual a 25 kg.

Estas classificações são de fundamental importância para as normas regulamentadoras definidas (ANAC, 2017).

3.3.1. Plano de voo

Conjunto de informações específicas, relativas a execução de um determinado voo de uma aeronave. O plano de voo deve ser preenchido por escrito junto a um órgão ATS ou ATC (ANAC, 2008).

Segundo FIGUEREDO e FIGUEREDO (2018), o desempenho dentro do mapeamento com RPAs está ligado a inúmeras possibilidades e combinações que envolvem alturas de voo, velocidade de cruzeiro da RPA, configurações das câmeras, luminosidade do dia, características do ambiente, sobreposição de imagens, entre outros. Com tantos fatores que podem afetar este desempenho o plano de voo é o definidor do quão bem-sucedido será o mapeamento.

3.3.2. Altura de voo

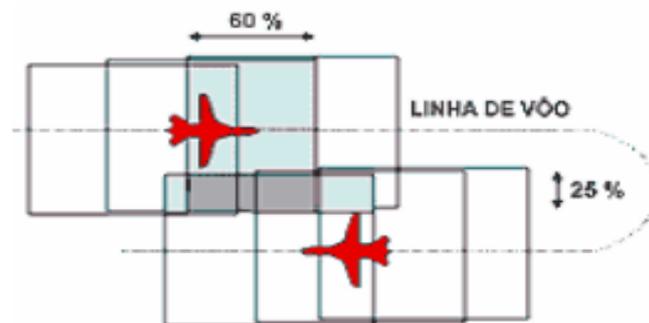
A altura de voo é um dos parâmetros que irá definir o desempenho e qualidade do mapeamento, tornando-se um fator essencial para a obtenção das imagens. Em elevadas alturas de voo, é maior a área coberta o que implica menor número de imagens a serem obtidas, já em menores alturas para cobrir a mesma área, serão necessários um maior número de imagens (FIGUEREDO e FIGUEREDO, 2018).

NASCENTE e NUNES (2020) observaram que, quanto maior, mais alta e irregular é a superfície que se deve quantificar, maior deverá ser o número de imagens tomadas e, menor a altura de voo. Isso irá permitir uma maior superposição das imagens, aumentando a nuvem de pontos e permitindo maior precisão nos eixos tridimensionais.

3.3.3. Recobrimento longitudinal e transversal

Os planos de voo são planejados com um espaçamento lateral e longitudinal de maneira a obter superposição das imagens captadas pelo sensor. Entre as linhas de voo a superposição comum entre cada faixa de imagens é em torno de 25% e são denominadas de Recobrimento Lateral ou Transversal “*side lap*”. Já entre uma imagem e outra a superposição é em torno de 60% e é denominada Recobrimento Longitudinal “*overlap*” (Figura 6). Os recobrimentos têm por objetivo realizar a sobreposição das imagens consecutivas, podendo estabelecer pontos comuns de apoio, as que ajudaram a interpretação das imagens (FONTES, 2005).

Figura 6 – Recobrimento longitudinal e transversal



Fonte: Fontes, 2005, p. 4.

3.3.4. Mosaicagem

Um mosaico aéreo pode ser criado a partir da união de várias imagens, isso ocorre visto que uma só imagem não é grande o suficiente para o recobrimento de toda a área em questão. Na atualidade esses mosaicos são criados a partir de imagens obtidas mediante câmeras digitais de alta resolução (WOLF e DEGUITT, 2000).

Partindo da combinação destas imagens da área de interesse, mediante a combinação delas é possível criar uma nova imagem cobrindo a totalidade da área, mas isso tem como consequência que cada imagem irá trazer suas próprias distorções. A operação de “mosaicagem” pode ser analógica ou digital, a primeira é feita a partir de recortes e montagem num meio físico, e a segunda é feita com imagens armazenadas em forma digital (ELMIRO, 1994).

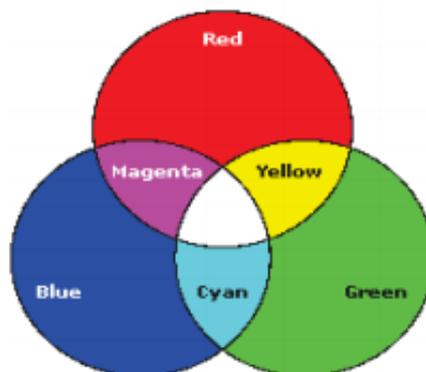
3.3.5. Câmera digital

São as câmeras digitais os dispositivos que permitem capturar as diversas cenas e armazená-las para o seu posterior tratamento. Segundo TOMMASELLI *et al.* (2010), existem duas arquiteturas básicas para as câmeras utilizadas com fins fotogramétricos, sendo os sensores de quadro e sensores de varredura ou “*pushbroom*”, ambas as câmeras têm a capacidade de obter imagens no espectro visível e no infravermelho próximo. A primeira é composta por um quadro e um sistema óptico, enquanto a segunda inclui as câmeras tri-linear, com sensores lineares dispostos sobre um quadro.

3.3.6. Sistema de cor RGB (*red - green - blue*)

A teoria tri-estímulo dá a ideia que as cores podem ser criadas a partir de três cores e suas diversas variações de intensidades (Figura 7). Desta forma tomando uma cor com diferente intensidade e somando esta a outra é possível ter uma terceira cor diferente. O sistema RGB baseia-se na adição de um triplete de bandas associadas livremente as cores azul, verde e vermelha. Este sistema destaca a liberdade do analista para o reconhecimento nas combinações de cores no melhor contraste possível (MENESES, 2012).

Figura 7 – Combinação aditiva das cores RGB



Fonte: MENESES 2012, p. 125.

3.4. Sistemas de coordenadas

Tendo definido um modelo preciso da forma da Terra, podem-se estabelecer posições e identifica-las por meio de coordenadas. A superfície de referência considerada é

um elipsoide, por isto o lógico é a utilização da geometria esférica para definir o sistema de referência. Daqui derivam os conceitos de latitude e longitude, utilizados para estabelecer as coordenadas geodésicas de um ponto.

No entanto, a geometria esférica é muito mais complexa que a geometria plana, sendo esta última mais intuitiva e prática, e daí surgem às projeções cartográficas, que permitem representar os elementos do elipsoide em uma superfície plana, as quais são usadas para a criação da cartografia (OYALA, 2014, p. 41).

3.4.1. Coordenadas geodésicas

Segundo FERNANDES (2009), é necessário definir um sistema de coordenadas que sirva de referência independentemente do método utilizado para se representar uma determinada superfície no plano, para garantir uma concordância com as coordenadas físicas da Terra. É por isso que, deve-se escolher uma figura geométrica regular, próxima da forma e dimensões desta superfície, e que permita mediante um sistema coordenado, posicionar espacialmente todas as entidades geográficas. Esta figura denominada elipsoide e as coordenadas referidas a ele são:

- Latitude geodésica(ϕ); e
- Longitude geodésica (λ).

O vínculo natural entre os diferentes sistemas de projeção cartográfica num Sistema de Informação Geográfica (SIG) é constituído pelas coordenadas geodésicas. O sistema geodésico de referência é relacionado à certa projeção geográfica, o qual a sua vez, se relaciona diretamente com um SIG (D'Alge, 1999).

3.4.2. Universal Transversa de Mercator (UTM)

Segundo OYALA (2014, p. 47), este sistema de projeção foi desenvolvido pelo matemático Gerardus Mercator (1512 – 1594) e adotado pelo exército dos EUA, sendo um sistema completo para mapear a totalidade da Terra, e para fazer isso, esta é dividida em uma série de áreas retangulares por meio de uma grade, sendo aplicada a cada uma destas áreas uma projeção e parâmetros geodésicos específicos.

3.4.2.1. Características básicas do sistema UTM (IBGE, 1999, p. 43).

- O mundo é dividido em 60 fusos, cada um de 6° de longitude. Numerados de 1 a 60 começando no fuso 180 ° a 174 ° W Gr, e continuando para este.

- O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas plano retangulares, tal que o eixo coincide com a projeção do Meridiano Central do fuso (eixo N apontando para Norte) e o outro eixo, com o do Equador.
- A cada fuso associa-se um sistema cartesiano métrico de referência, atribuindo à origem do sistema as coordenadas 500.000 m, para contagem de coordenadas ao longo do Equador, e 10.000.000 m ou 0 (zero) m, para contagem de coordenadas ao longo do meridiano central, para os hemisférios sul e norte respectivamente. Isto elimina a possibilidade de ocorrência de valores negativos de coordenadas.
- Cada fuso deve ser prolongado até 30' sobre os fusos adjacentes criando-se assim uma área de superposição de 1° de largura.
- O sistema UTM é usado entre as latitudes 84° N e 80° S, sendo dividida esta em 20 zonas.

3.5. Cartografia

Segundo NUNES (2016), para os profissionais que lidam com a representação do meio urbano, a utilização de mapas faz parte do cotidiano: engenheiros, arquitetos, geógrafos, geólogos. Mas o papel da cartografia não se reflete nessas áreas. Muitas vezes a representação gráfica é assumida como um caráter naturalizado, como se ela fosse a realidade. Esse fato leva a tomadas de decisões equivocadas, como consequência das distorções na compreensão do espaço, pela ausência de uma “cultura cartográfica” que promova uma visão mais ampla da representação do mundo com suas limitações e alcances.

Em 1966 a Associação Cartográfica Internacional (ACI), estabeleceu o conceito de Cartografia o qual foi posteriormente, ratificado pela UNESCO, no mesmo ano: “A Cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como a sua utilização” (IBGE, 1999, p. 12).

3.6. Mapas temáticos

Eles são um subproduto da cartografia, sendo estes a representação de fenômenos espaciais. Tendo este que cumprir algumas funções, como transmitir o que, onde e, como ocorrem os fenômenos cartográficos, com a finalidade de facilitar a compreensão do público alvo. Uma parte muito importante destes mapas temáticos é a simbologia utilizada na

representação de situações pontuais, assim como o tamanho, cor e ordem das mesmas, procurando representar de maneira qualitativa ou quantitativa as diferenças entre um evento e outro (ARCHELA e THÉRY, 2008 p. 3).

3.6.1. Estrutura metodológica da cartografia temática (MARTINELLI, 2003):

Raciocínio de análise (Figura 9).

Apreciação estática.

Representações qualitativas: pontos, linhas, áreas.

Representações ordenadas: pontos, linhas, áreas.

Representações quantitativas: pontos, linhas, áreas.

Apreciação dinâmica.

Variações no tempo

Representações qualitativas: pontos, linhas, áreas.

Representações ordenadas: pontos, linhas, áreas.

Representações quantitativas: pontos, linhas, áreas.

Movimentos no espaço.

Representações qualitativas: linhas.

Representações ordenadas: linhas.

Representações quantitativas: linhas.

Raciocínio de síntese.

Apreciação estática.

Representações qualitativas: pontos, linhas, áreas.

Representações ordenadas: pontos, linhas, áreas.

Representações quantitativas: pontos, linhas, áreas.

Apreciação dinâmica.

Variações no tempo

Representações qualitativas: pontos, linhas, áreas.

Representações ordenadas: pontos, linhas, áreas.

Representações quantitativas: pontos, linhas, áreas.

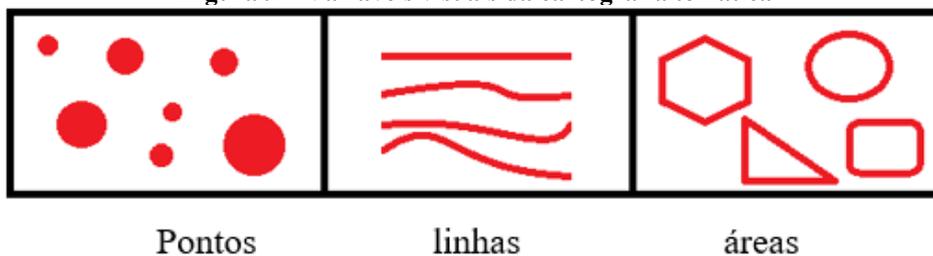
Movimentos no espaço.

Representações qualitativas: linhas.

Representações ordenadas: linhas.

Representações quantitativas: linhas.

Figura 9 – Variáveis visuais da cartografia temática



Fonte: O autor, 2021.

3.7. Interpretação de imagens de alta resolução

OYALA (2014, p. 377), afirma que as imagens formam parte dos sistemas de informação geográficas (SIG) desde os inícios destes, tornando-se uma área muito desenvolvida em quanto a análise e interpretação delas. Esta área do SIG, tem se tornado uma

área muito importante tratando combinações e formulações com naturezas particulares desde o ponto de vista digital das análises para cada imagem.

Segundo BIAS et al. (2012, p. 248), custos elevados e períodos prolongados nas execuções de trabalhos, tornam inviáveis os processos convencionais de mapeamento aerofotogramétrico, porém a dinâmica do crescimento populacional e falta de investimento nas áreas da cartografia, sugerem uma forte necessidade da atualização de dados cartográficos no Brasil.

A interpretação de uma imagem tem como objetivo principal a criação de mapas temáticos que ajudem na interpretação dos dados. É por isso que a os projetos contém as seguintes etapas: Definição dos objetivos, área a mapear, tipo de imagem a ser utilizada, época de aquisição das imagens, alvos de interesse na interpretação, dados auxiliares (mapas prévios), interpretação preliminar e checagem de campo (validação da interpretação) (SOARES, 2000).

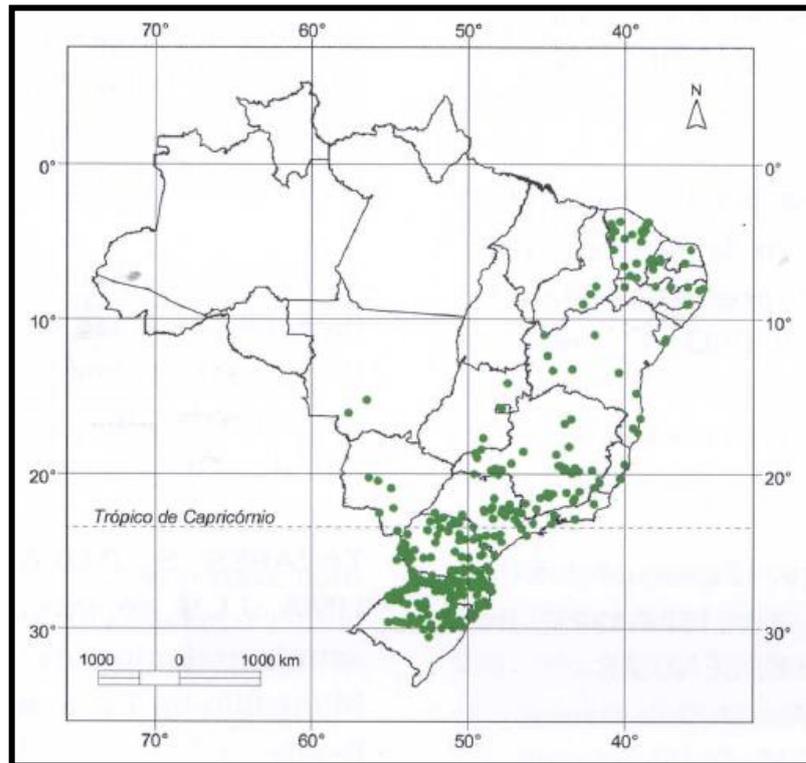
GOMES (2009) destaca a possibilidade de utilizar imagens para diferenciação entre tipos de florestas, estágios fenológicos das espécies florestais com relação a períodos de queda de folhas, ou a possibilidade de correlacionar as diversas etapas de vida de uma espécie com fenômenos tais como, mudanças climáticas ou fenômenos naturais. O uso de diversas técnicas de sensoriamento remoto é algo relativamente novo, e isso permite ver grandes aplicações em estudos florestais, com potencial aplicação na área ecológica, conservação e manejo da biodiversidade.

3.8. Louro pardo - *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud

O louro-pardo pertence à família *Boraginaceae* e é encontrado de maneira natural em zonas tropicais e subtropicais do Brasil (Figura 10), Argentina, Bolívia e Paraguai. É uma árvore de folhas caducas que em idade adulta pode chegar a os 35 m de altura e 100 cm ou mais de diâmetro à altura do peito (DAP), apresentando um tronco reto com um fuste que pode alcançar 15 m de altura, com uma copa alongada, densifoliada, arredondada com até 8 m de diâmetro. As flores são brancas (Figura 11A) nos seus estágios iniciais e posteriormente pardas (Figura 11B), permanecendo na planta (flores marcescentes), se apresentam agrupadas em panículas com cerca de 100 flores de até 2 cm de diâmetro cada uma. Ocorrendo a sua floração entre janeiro e março no estado do Paraná (CARVALHO 2002).

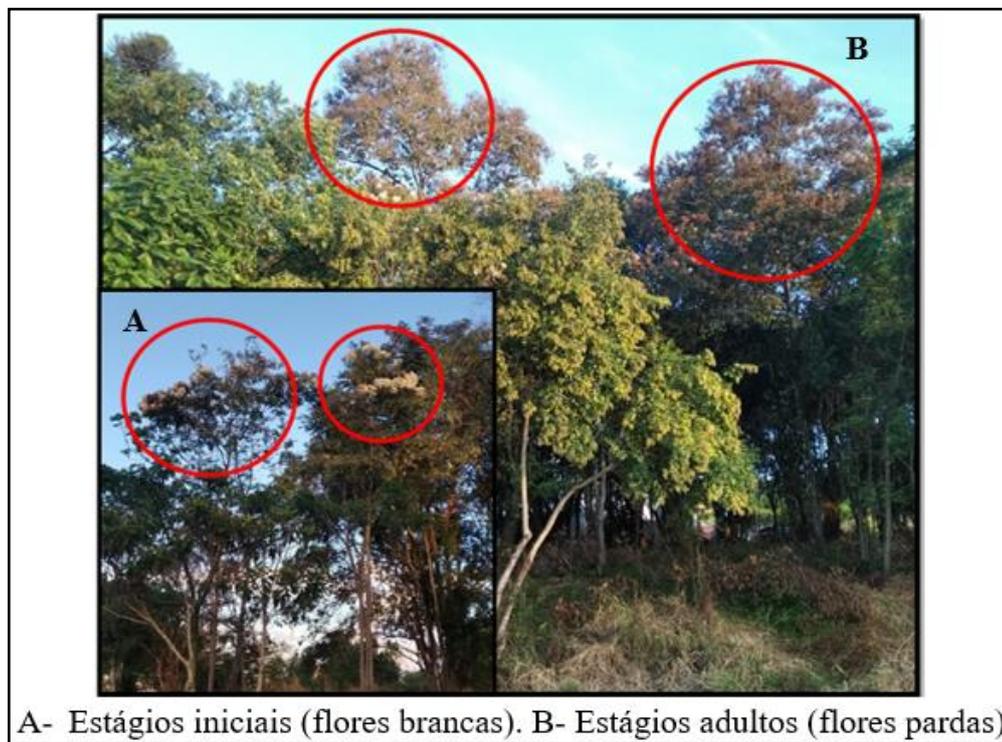
Segundo CARVALHO (2002), possui uma resistência mecânica média e de aspecto agradável, o que a torna ela indicada para construção de móveis de luxo, revestimentos decorativos, vigas, caibros, ripas, caixilhos, persianas, guarnições, tabuados, chapas e outras.

Figura 10 – Locais identificados de ocorrência de Louro-pardo



Fonte: Paulo Ernani R. CARVALHO, 2002.

Figura 11 – Copa e flores de Louro-pardo em diferentes estágios fenológicos



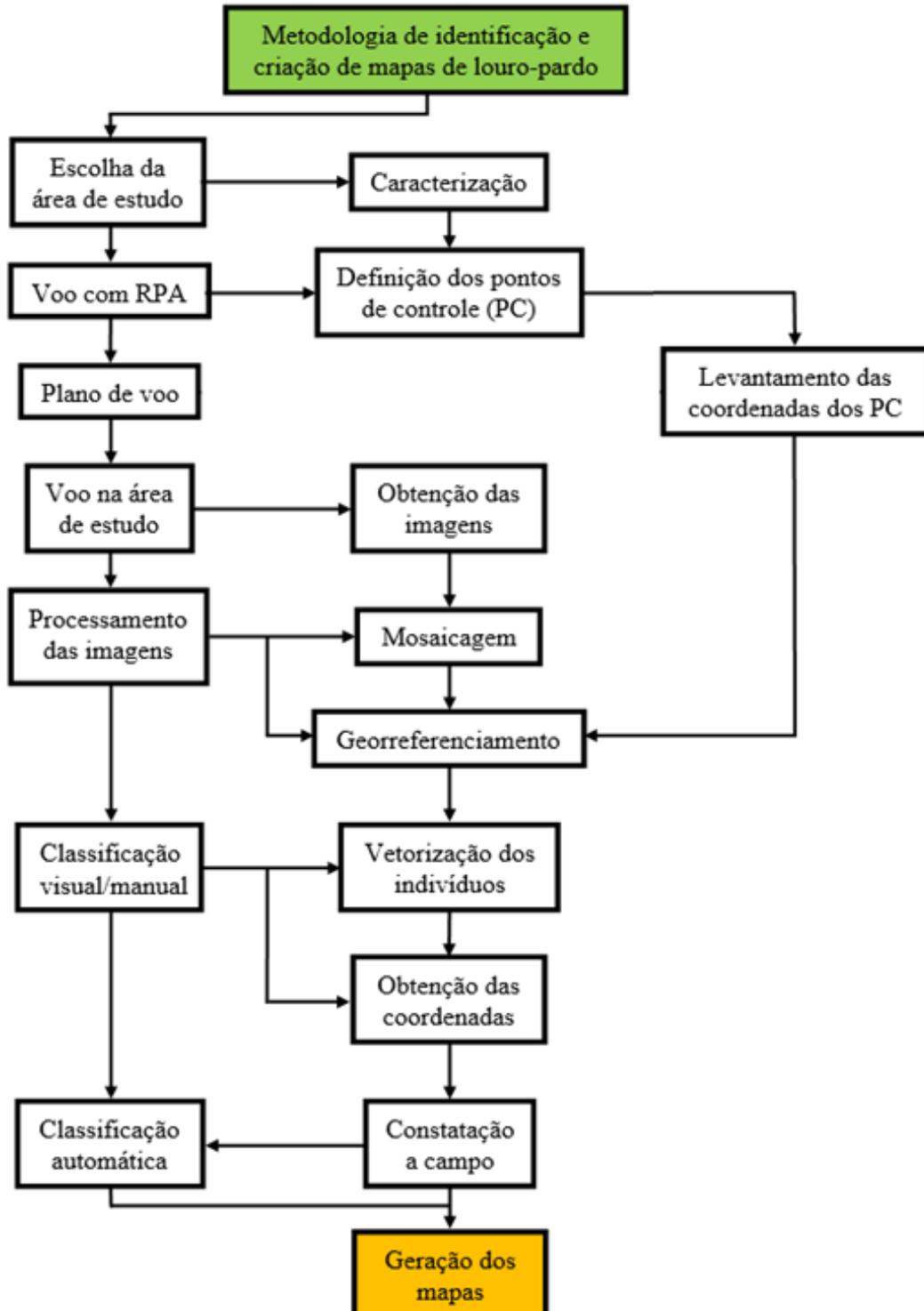
Fonte: O autor, 2021.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Fluxograma de atividades

O fluxograma da figura 12 representa a sequência de desenvolvimento das atividades do presente trabalho, a fim de oferecer um melhor entendimento.

Figura 12 – Fluxograma de atividades

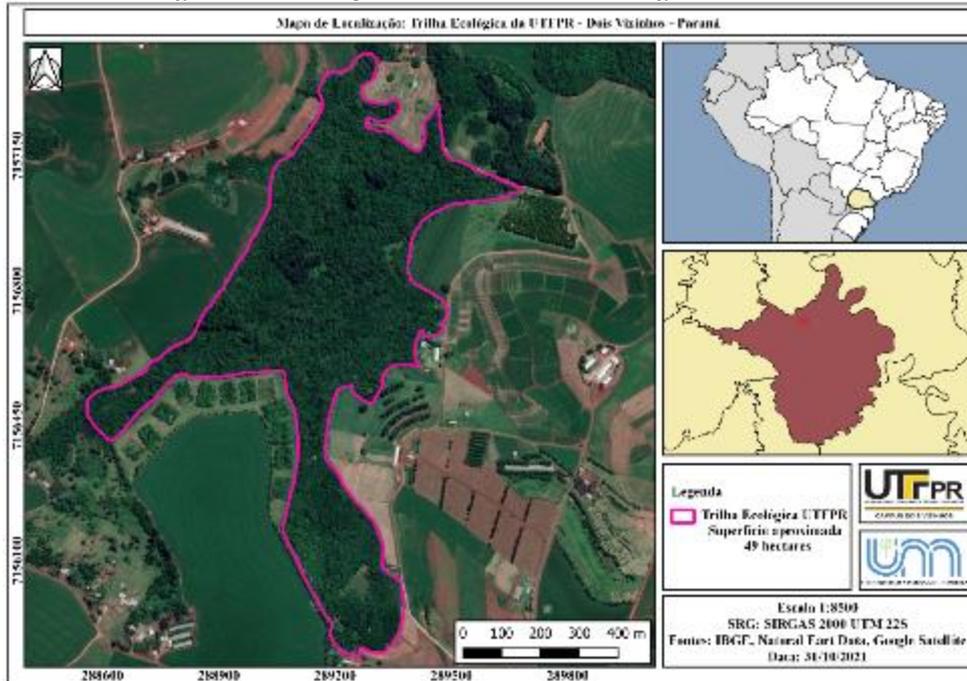


Fonte: O autor, 2021.

4.2. Caracterização da área

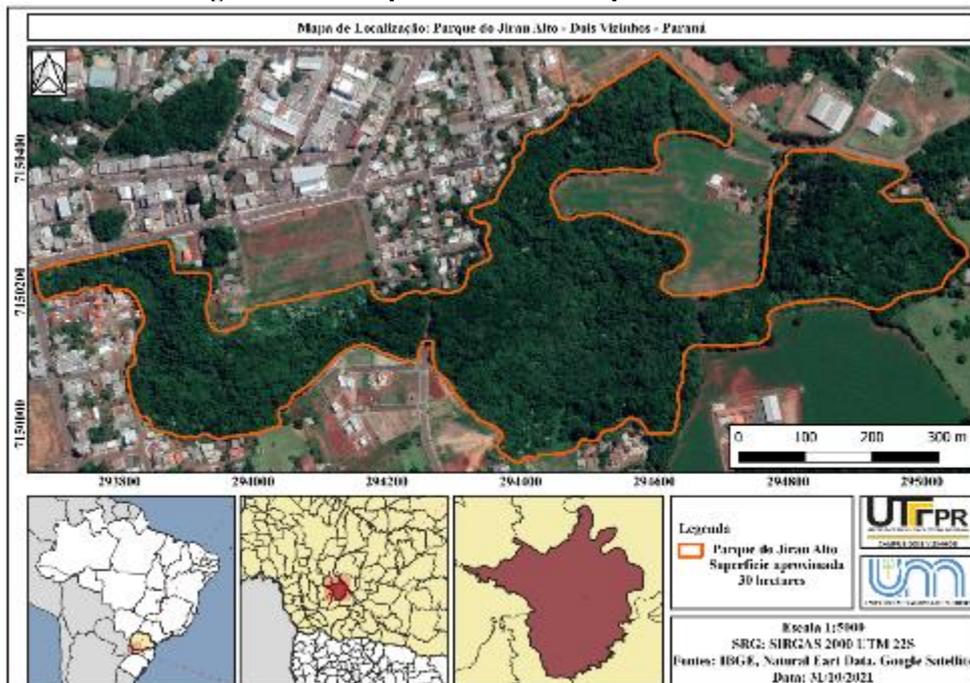
O estudo realizou-se em duas áreas (Figura 13 e 14), no Município de Dois Vizinhos, localizado no 3º Planalto Paranaense, 16ª Microrregião de Francisco Beltrão, Mesorregião Geográfica do Sudoeste do Paraná. Com uma altitude média de 509 m sobre o nível do mar e clima subtropical (Município de Dois Vizinhos, 2021). Estas áreas foram a trilha ecológica da UTFPR com aproximadamente 49 ha e o Parque do Jirau Alto com 30 ha.

Figura 13 – Área pertencente a Trilha Ecológica da UTFPR



Fonte: O autor, 2021.

Figura 14 – Área pertencente ao Parque do Jirau Alto



Fonte: O autor, 2021.

4.3. Obtenção das imagens – Voo com RPA

A obtenção das imagens para ambas áreas de estudo realizou-se no período de plena floração do louro pardo, quando estas estavam passando da sua cor branca a sua cor característica parda, entre os dias 13 e 14 de abril do ano 2021, onde destaca-se a importância do planejamento prévio antecipando as condições climáticas (chuva e vento) que poderiam ter chegado a interferir com o voo e a qualidade das imagens obtidas. Os voos foram feitos com o *drone Mavic Air 2* (Figura 15) da *DJI* com uma autonomia de voo de 30 minutos.

Figura 15 – Drone *Mavic Air 2*, pronto para o voo



Fonte: O autor, 2021.

Em cada área foram realizados 3 voos em diferentes momentos do dia (manhã, meio dia e tarde), usando para os mesmos, planos de voo realizados por meio do aplicativo *DroneDeploy* para celular, com uma análise preliminar de delimitação (perímetro de interesse e local de lançamento e pouso da aeronave) da área por meio de imagens no *software* QGIS 3.14. As especificações para cada área encontram-se a seguir:

- Mata Nativa da UTFPR

Foram realizadas um total de 1.109 imagens em 3 voos com seus respectivos planos de voo (Figura 16: 01, 02 e 03), a altura das mesmas foi de 70 metros com uma resolução das imagens de 2,1 cm/pixel, o recobrimento longitudinal “*overlap*” foi de 75% e o recobrimento transversal “*side lap*” de 65%.

Figura 16 – Três planos de voo envolvendo a área total da mata nativa da UTFPR

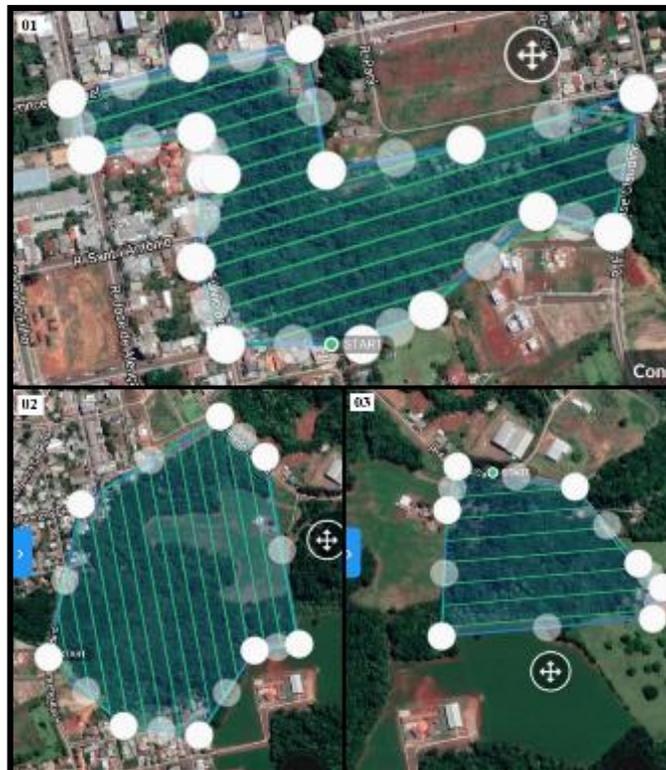


Fonte: Modificado do aplicativo de celular *DroneDeploy*, 2021.

- Parque do Jirau Alto

Foram realizadas um total de 764 imagens em 3 voos com seus respectivos planos de voo (Figura 17: 01, 02 e 03), a altura das mesmas foi de 80 metros com uma resolução de 1,8 cm/pixel, e o recobrimento longitudinal “*overlap*” foi de 75% e o recobrimento transversal “*side lap*” de 65%.

Figura 17 – Três planos de voo envolvendo a área total do Parque do Jirau Alto



Fonte: O autor, 2021.

Tendo-se realizado o voo na totalidade para cada área, foi possível a criação do ortomosaico, ou seja, a composição das múltiplas imagens coletada nos próprios voos em uma única imagem cobrindo a totalidade da área de estudo. Este processo foi realizado por meio do *software DroneDeploy* em sua versão de teste gratuita por 15 dias, com uma resolução espacial de 5,0 cm/pixel o que permite ver com detalhe a vegetação.

4.4. Pontos de Controle - PC

Os pontos de controle adotados para o georreferenciamento dos ortomosaicos são de caráter artificial, existentes e visíveis nas imagens obtidas com RPA.

4.4.1. Definição e obtenção dos pontos de controle

O estabelecimento dos pontos de controle e a obtenção de suas coordenadas geodésicas realizou-se no dia 13 de outubro do ano 2021, pela manhã para o “Parque do Jirau Alto” e pela tarde para a “Mata Nativa da UTFPR”. Os mesmos foram previamente identificados nas imagens obtidas nos voos e marcados em “mapas rascunhos” para cada área, sendo esses pontos estruturas/objetos bem identificáveis e visíveis nas imagens digitais coletadas (Figura 18 - A).

Figura 18 – Arbustos pequenos próximos ao caminho de acesso da Mata Nativa da UTFPR



Fonte: O autor, abril 2021.

Para a coleta das coordenadas geodésicas dos pontos de controle utilizou-se um GPS topográfico – RTK FOIF A90 (Figura 19; A – Base, B – Rover) por meio do posicionamento relativo estático-rápido de 10 minutos para cada ponto coletado e, processados mediante o *software Trimble Business Center – Trimble* com sistema de referência geocêntrica para as

Américas 2000 (SIRGAS). O funcionamento do equipamento é feito com um par de receptores GNSS com rádio que formam um link (trocam informações) em campo, enquanto um deles fica estático em uma coordenada conhecida (receptor base), o outro fica móvel (Rover) recebendo correções do posicionamento via rádio; com o fim de obter a fixação de ambiguidades após uma série de algoritmos de cálculo baseando-se no princípio da triangulação e assim determinando a coordenada do ponto.

Figura 19 – GPS topográfico – *Real Time Kinematic* – RTK FOIF A90

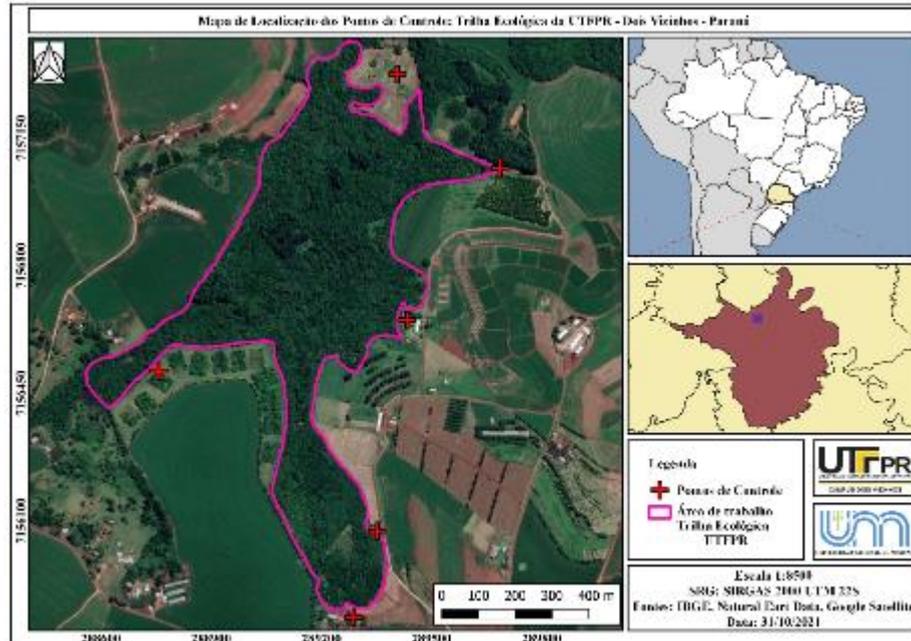


Fonte: O autor, 2021.

- Mata Nativa da UTFPR

A coleta dos PC iniciou-se as 14:00 horas do dia 13 de outubro do ano 2021, onde foram coletados 6 pontos (Figura 20) com seus respectivos dados de coordenadas (E, N e H, leste, norte e altitude geométrica respectivamente), permanecendo-se fixa a base do equipamento no ponto UTFPR01 localizado no *campus* Dois Vizinhos da UTFPR situando na Estrada para Boa Esperança, km 04 - Zona Rural no ponto conhecido $E = 289.451,312$ m $N = 7.155.400,285$ m e $H = 557,889$ m.

Figura 20 – Mapa rascunho dos pontos de controles para a Mata Nativa da UTFPR



Fonte: O autor, 2021

- Parque do Jirau Alto

A coleta dos PC iniciou-se as 09:00 horas do dia 13 de outubro do ano 2021, onde foram coletados 8 pontos (Figura 21) com seus respectivos dados de coordenadas (E, N e H, leste, norte e altitude geométrica respectivamente), permanecendo-se fixa a base do equipamento na Unidade de Pronto Atendimento – UPA do Bairro Sagrada Família do Município de Dois Vizinhos Paraná no ponto conhecido E = 292.797,647 m N = 7.149.515,322 m e H = 489,538 m.

Figura 21 – Mapa rascunho dos pontos de controles para o Parque do Jirau Alto



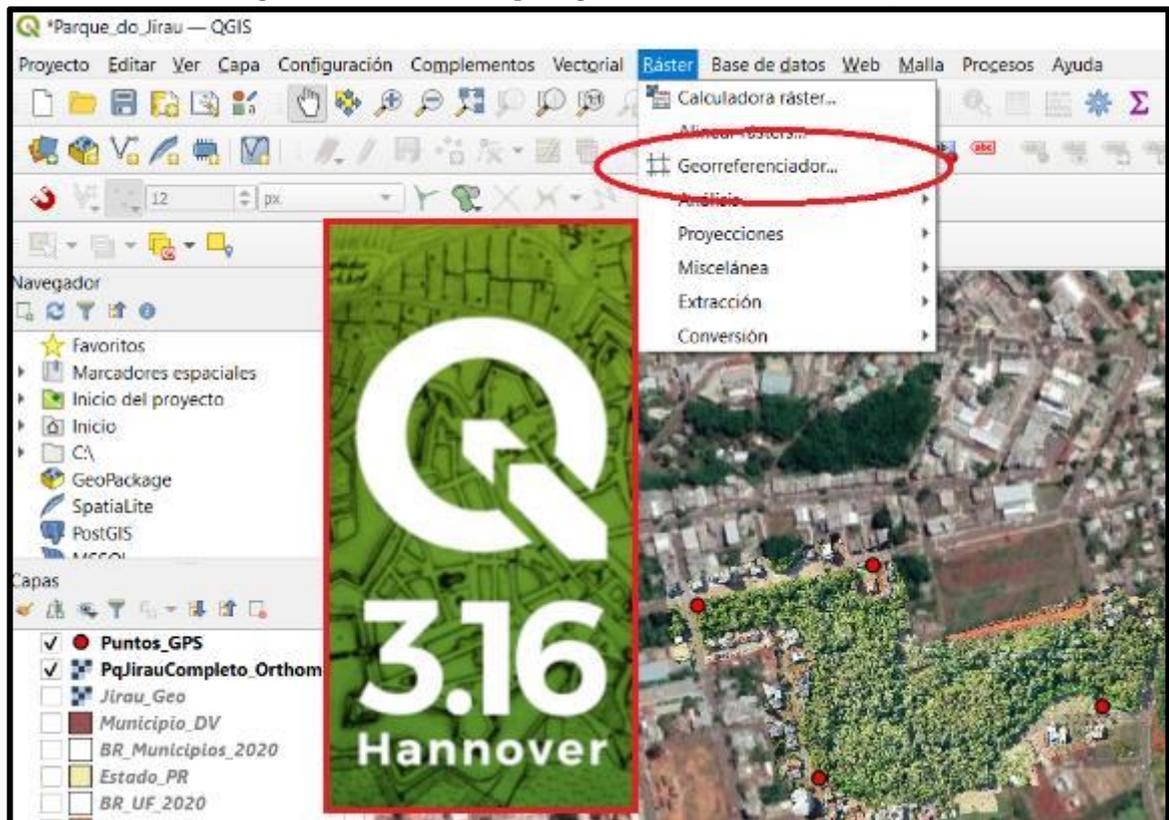
Fonte: O autor, 2021

4.4.2. Georreferenciamento das imagens com os respectivos PC

O georreferenciamento é a utilização de coordenadas conhecidas para determinar uma localização no espaço entre as diferentes entidades cartográficas. Isso dá precisão para a identificação a campo dos indivíduos, já que adiciona a nossa imagem informações de latitude, longitude e altitude.

Com as coordenadas geodésicas obtidas a campo e por meio da ferramenta de “Georreferenciador Raster” do próprio *software* QGIS 3.16 (Figura 22) realizou-se o georreferenciamento projetado no sistema de referência geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000 – Fuso 22S) de cada área. Esta ferramenta permite diversas opções no momento georreferenciar seguindo alguns parâmetros, os quais são apresentados na Tabela 1. Os procedimentos são muito simples e intuitivos uma vez dentro da aba de trabalho (Figura 23).

Figura 22 – Ferramenta para georreferenciar dentro do QGIS



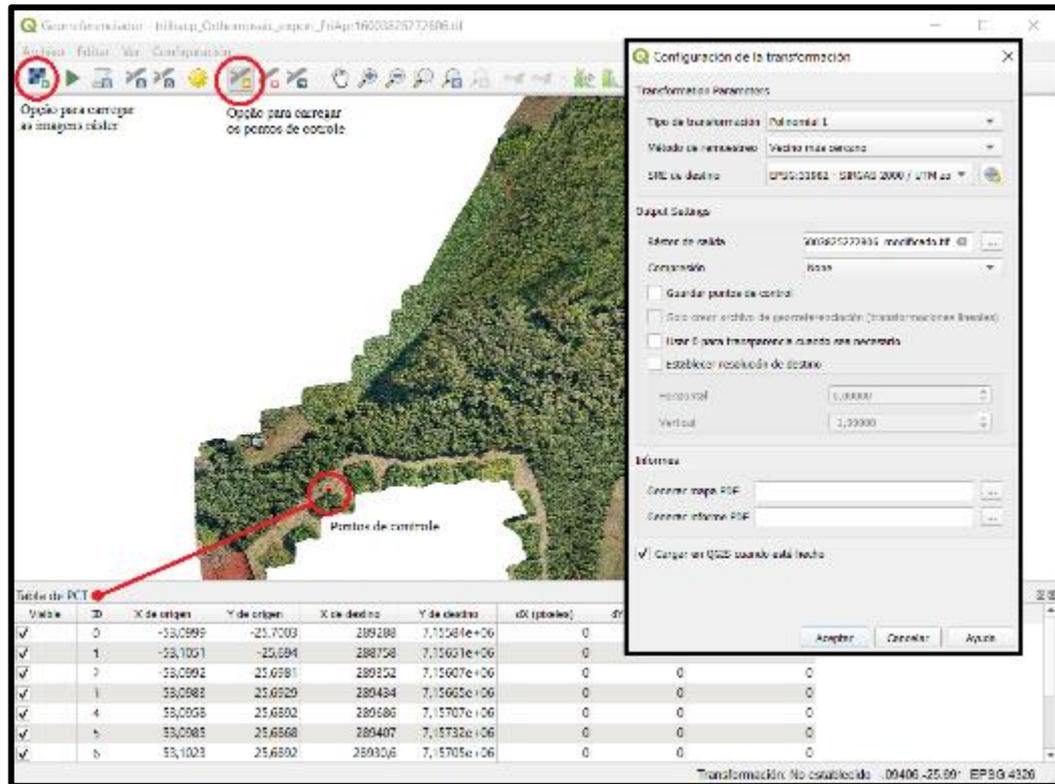
Fonte: O autor, 2021

Tabela 1 – Parâmetros utilizados na georreferenciação dos ortomosaicos

Parâmetro	Opção
Tipo de transformação	Polinomial 1
Método de amostragem	Vizinho mais próximo
Sistema de referência de coordenadas	SIRGAS 2000 UTM 22S

Fonte: O autor, 2021

Figura 23 – Visualização dentro da ferramenta de georreferenciar com detalhe da configuração



Fonte: O autor, 2021

4.5. Processamento – Vetorização das imagens/Classificação visual

Com as imagens já georreferenciadas passou-se à identificação dos indivíduos de louro-pardo dentro de cada área de estudo. Este processo realizou-se por meio do *software* QGIS na sua versão 3.16. Essa identificação foi de caráter visual possibilitada por meio das características próprias da espécie em quanto a seu contraste no dossel da floresta e suas variáveis visuais, tais como: o tipo de copa estreita e comprimida com formato arredondado e a textura/cor da folhagem associada às flores (pardas) que permitem diferencia-la de espécies/indivíduos próximos (Figura 24).

Figura 24 – Vista de diferentes espécies no dossel da floresta

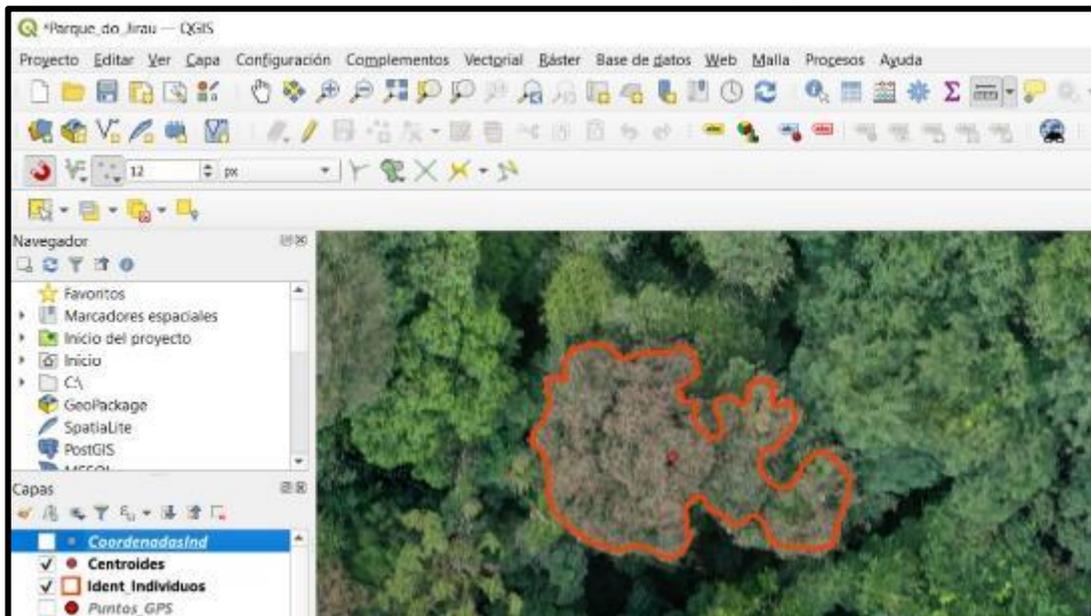


Fonte: O autor, 2021

Famílias botânicas: A – Solanaceae, B – Boraginaceae, C – Meliaceae

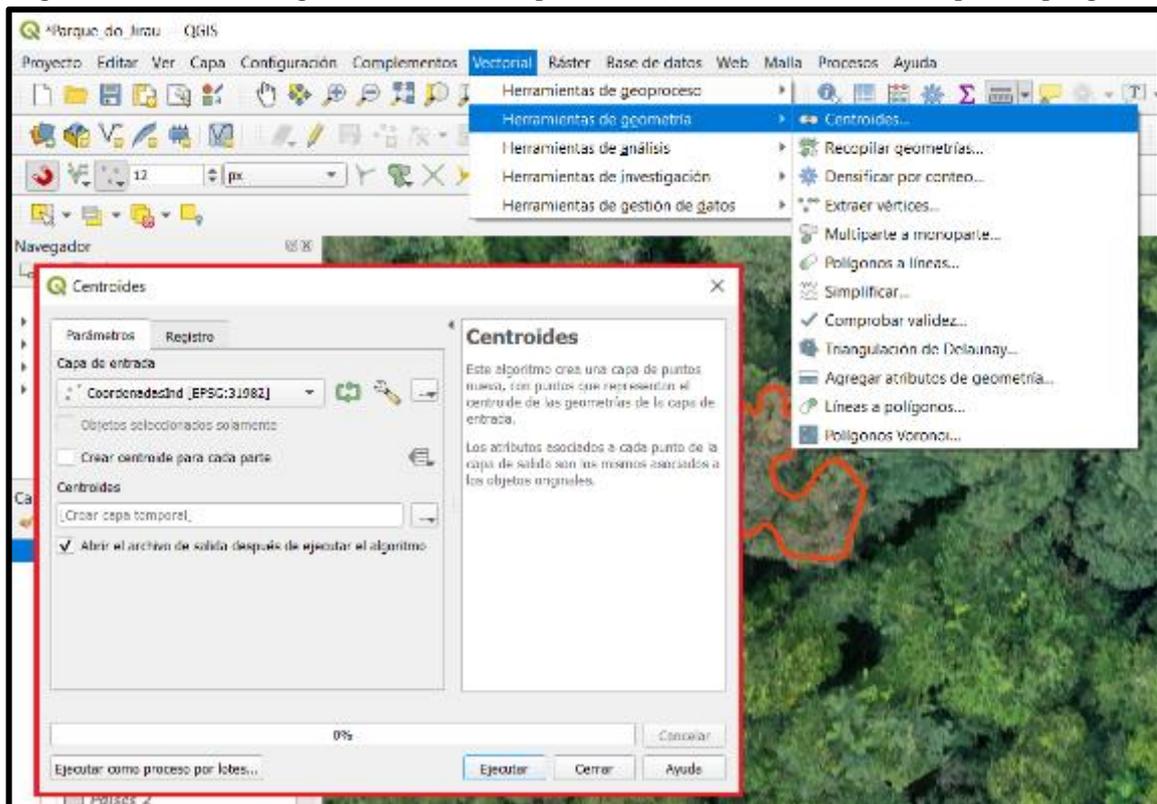
Após identificação de cada indivíduo na área de estudo criou-se um polígono de identificação por meio de uma camada de arquivo *shapefile* a partir da vetorização manual (Figura 25) com o fim de extrair as coordenadas geodésicas do centroide a partir do comando “ferramenta geometria do centroide” (Figura 26). Estas coordenadas serão utilizadas na etapa de verificação de campo, para a partir delas, encontrar os indivíduos na floresta.

Figura 25 – Polígono identificado com o indivíduo de estudo e seu respectivo centroide calculado



Fonte: O autor, 2021

Figura 26 – Ferramenta geométrica vectorial para a criação dos centroides nos respetivos polígonos

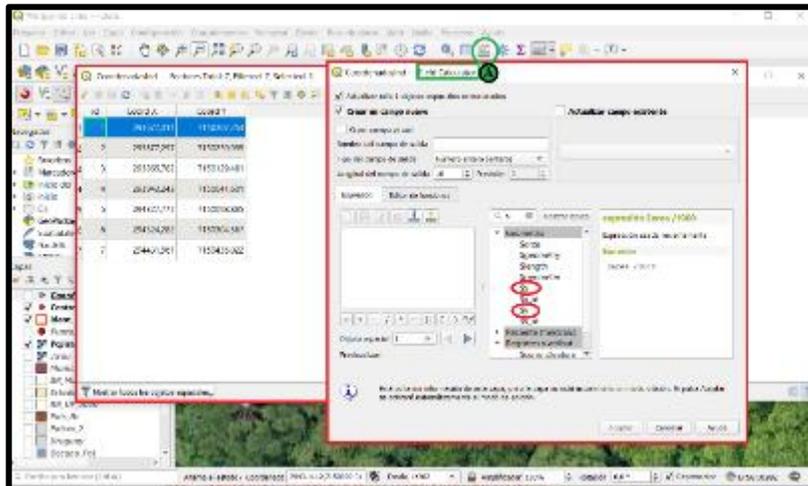


Fonte: O autor, 2021

4.6. Constatação a campo

A constatação a campo está conformada por duas etapas, uma delas é feita no escritório e a outra no campo propriamente dito. Na primeira etapa diferenciou-se cada indivíduo encontrado na identificação visual com coordenadas E e N (coordenadas UTM) por meio da ferramenta “calculadora de campos” do *software* QGIS com um arquivo *shapefile* de pontos (Figura27 - A), e na sequência obteve-se as mesmas em uma planilha de cálculo como insumo para o trabalho de campo.

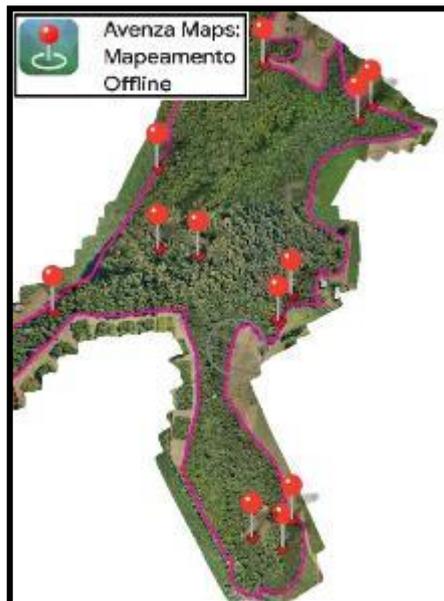
Figura 27 – Ferramenta de calculadora de campos



Fonte: O autor, 2021

Na segunda etapa, utilizando-se como insumo as coordenadas obtidas, os mapas gerados como rascunhos e o aplicativo gratuito “Avenza Maps” disponível na *Play Store* (Figura 28) para telefone celular de maneira gratuita, em dois momentos diferentes procedeu-se a verificação dos indivíduos identificados na imagem como louro-pardo.

Figura 28 – Aplicativo Avenza Maps vista geral



Fonte: O autor, 2021

A primeira área visitada correspondeu-se ao Parque do Jirau Alto, e foi no dia 28 de outubro do ano 2021, iniciando as 6:00 horas e finalizando as 13:30 horas do mesmo dia. Já para a segunda área o dia escolhido foi o 30 de outubro do mesmo ano, iniciando as atividades de campo as 7:30 h da manhã e finalizando as 14:00 horas do mesmo dia.

Um fator importante a destacar-se é que o aplicativo trabalha com uma precisão horizontal próxima a 10 metros e trabalha totalmente “*off line*” por meio do GPS próprio do dispositivo celular, o que facilita muito trabalhar no campo.

A identificação dos indivíduos foi possível por meio das suas características morfológicas, como: a cor das folhas (discoloras: Verdes no lado de cima e branca no lado de baixo), além de ter ainda persiste os restos da floração/frutificação (pecíolos e pedúnculos), assim como a córtex/casca diferenciado (Figura 29: A/B – Características da casca, C/D/E – Características de cores das folhas, F – Características de persistência das flores/frutos).

Figura 29 – Características Morfológicas da espécie louro-pardo



Fonte: O autor, 2021

4.7. Processamento – Classificação automática

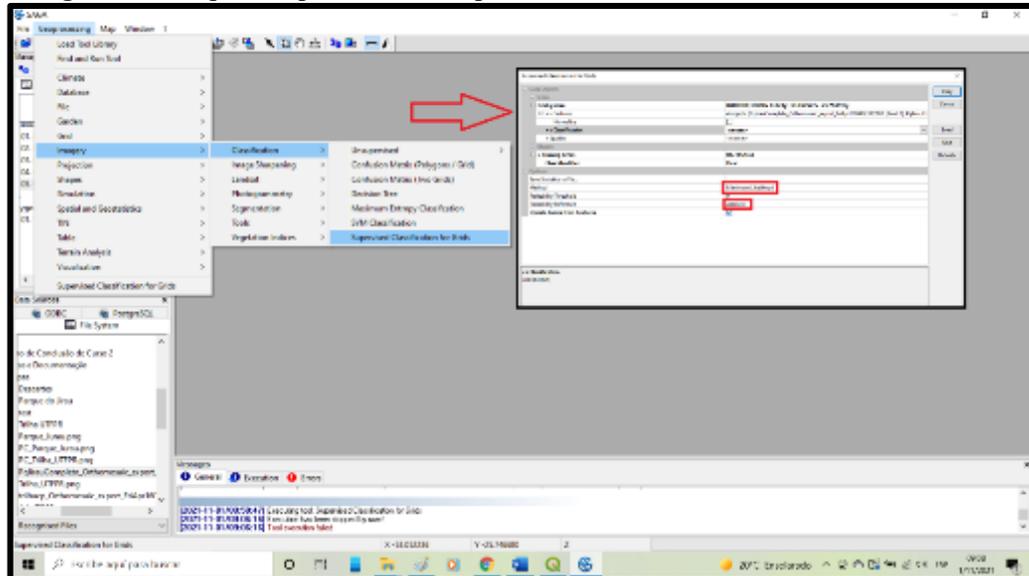
Finalizada a constatação a campo das coordenadas dos indivíduos encontrados na classificação visual/manual procede-se a classificação automática com o *software* SAGA GIS 2.3.2 pelo método de classificação supervisionada, partindo da criação de polígonos com os indivíduos que constarão ser efetivamente louro-pardo, para serem utilizados como áreas de treinamento.

A sequência de operações dentro do *software* é a seguinte (Figura 30):

1. *Geoprocessing*
2. *Imagery*
3. *Classification*
4. *Supervised Classification for Grids*
5. *Method: Maximum Likelihood* (a probabilidade assume que os dados estão associados a uma distribuição normal, atribuindo a cada

valor de pixel a maior probabilidade de que ele pertença a uma ou outra classe).

Figura 30 – Sequência para realizar o processo de classificação dentro do SAGA GIS

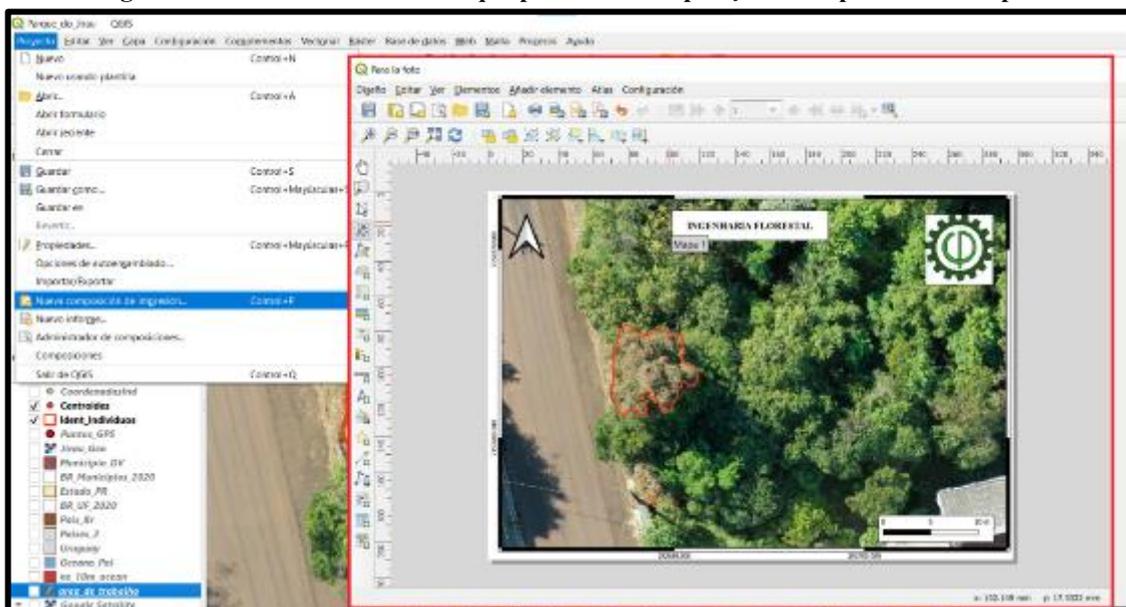


Fonte: O autor, 2021

4.8. Geração dos mapas

Tendo-se verificado a localização dos indivíduos identificados foram gerados os mapas temáticos da localização dos indivíduos de louro-pardo já georreferenciados, por meio da ferramenta de “composição de impressão” própria do *software* QGIS 3.16 (Figura 31). Esta ferramenta permite inserir todas as características de um mapa temático, como são quadrículas, legendas, escalas gráficas e numéricas, molduras, seta de norte, rótulos e formas, entre outras opções.

Figura 31 – Vista da ferramenta que permite a composição de impressão de mapas



Fonte: O autor, 2021

5. RESULTADOS

5.1. Voo com RPA

Por meio do voo aerofotogramétrico possibilitou-se a identificação visual da espécie sob estudo para as duas áreas de interesse. Partindo de parâmetros/padrões visuais identificáveis nas imagens de alta resolução dos ortomosaicos gerados (resolução de 5,0 cm/pixel).

5.2. Pontos de Controle – PC

Os pontos de controle foram de vital importância para o trabalho, a partir deles foi possível o ajuste das imagens geradas no voo com RPA; o que levou a identificação precisa de cada indivíduo na hora de constatar a campo o trabalho logrado no escritório. Esses pontos de controle para cada área foram definidos e coletados visando a maior distribuição espacial e tentando cobrir homogeneamente as áreas de interesse (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 – Coordenadas UTM dos pontos de controle coletados na Mata Nativa da UTFPR

Ponto	E (m)	N (m)	H (m)
1	289.287,9317	7.155.835,2030	522,5264
2	288.757,9724	7.156.510,6910	500,7993
3	289.352,0336	7.156.072,7790	516,8369
4	289.433,5449	7.156.650,5484	513,9012
5	289.685,9150	7.157.067,6245	509,0377
6	289.406,7500	7.157.324,3100	475,3870

Fonte: O autor, 2021

Tabela 3 – Coordenadas UTM dos pontos de controle coletados no Parque do Jirau Alto

Ponto	E (m)	N (m)	H (m)
1	293.673,3621	7.150.231,5915	485,8817
2	293.830,9262	7.150.004,6836	484,6578
3	294.544,1481	7.149.938,0668	485,3470
4	294.199,2136	7.150.098,9646	463,3140
5	293.987,8536	7.150.213,6729	495,0763
6	294.613,5444	7.150.555,7960	462,3697
7	294.783,5625	7.150.412,4436	442,5811
8	2944.24,5300	7.150.468,0100	493,7617

Fonte: O autor, 2021

5.3. Processamento – Classificação Visual

A classificação visual iniciou-se a cabo partindo da identificação de padrões para a espécie sob estudo, desta forma aquelas porções de imagem coincidentes com no mínimo

duas das características particulares escolhidas (cor, textura, forma) foram classificadas como possíveis indivíduos para constatação a campo (Tabela 4).

Tabela 4 – Coordenadas UTM obtidas dos indivíduos para a Mata Nativa (UTFPR) e o Jirau Alto (JA)

Pontos	E (m)	N (m)	Observações
01 - UTFPR	289314,331	7156561,100	
02 - UTFPR	289304,883	7156567,883	
03 - UTFPR	289346,262	7156628,907	
04 - UTFPR	289346,915	7156049,161	Copas múltiplas
05 - UTFPR	289322,486	7155975,341	
06 - UTFPR	289244,915	7156004,209	
07 - UTFPR	289108,358	7156733,066	
08 - UTFPR	289005,382	7156751,547	
09 - UTFPR	288733,906	7156589,620	
10 - UTFPR	289002,812	7156958,472	
11 - UTFPR	289274,436	7157227,055	
12 - UTFPR	289517,010	7157084,937	
13 - UTFPR	289549,587	7157120,340	
01 - JA	293677,311	7150207,253	
02 - JA	293877,297	7150259,999	
03 - JA	293865,782	7150129,481	
04 - JA	293943,243	7150041,601	
05 - JA	294327,777	7150098,885	
06 - JA	294324,282	7150304,567	
07 - JA	294431,961	7150435,022	

Fonte: O autor, 2021

5.4. Constatação a campo

Os dados da constatação a campo passaram por uma análise de uma matriz de confusão (Figura 32) onde cada indivíduo foi visitado em campo e avaliado por meio das suas características morfológicas e definidos como; Positivos Certos – indivíduos classificados assertivamente como louro-pardo, Positivos Falsos – indivíduos classificados erroneamente como louro-pardo, Negativos Falsos – Indivíduos sem classificação de louro-pardo e não havia este indivíduo e, Negativos Certos – indivíduo não classificado como louro-pardo, mas a campo constatou-se que era um indivíduo desta espécie. Essa constatação apresenta-se na Tabela 5 com as suas respectivas observações de campo.

Figura 32 – Matriz de confusão utilizada para a constatação a campo

<i>Cordia trichotoma</i> Louro-pardo		Classificação	
		Positivo	Negativo
Verdade de campo	Positivo	Positivos Certos	Negativos Falsos
	Negativo	Positivos Falsos	Negativos Certos

Fonte: O autor, 2021

Tabela 5 – Coordenadas UTM dos indivíduos constatados a campo nos remanescentes da Mata Nativa (UTFPR) e o Parque do Jirau Alto (JA)

Pontos	E (m)	N (m)	Dados da Matriz	Observações
01 - UTFPR	289314,331	7156561,100	Positivo Certo	Duas arvores
02 - UTFPR	289304,883	7156567,883	Positivo Certo	
03 - UTFPR	289346,262	7156628,907	Positivo Falso	*
04 - UTFPR	289346,915	7156049,161	Positivo Certo	Dez arvores
05 - UTFPR	289322,486	7155975,341	Positivo Certo	
06 - UTFPR	289244,915	7156004,209	Positivo Certo	
07 - UTFPR	289108,358	7156733,066	Positivo Falso	*
08 - UTFPR	289005,382	7156751,547	Positivo Certo	
09 - UTFPR	288733,906	7156589,620	Positivo Falso	*
10 - UTFPR	289002,812	7156958,472	Positivo Falso	*
11 - UTFPR	289274,436	7157227,055	Positivo Falso	*
12 - UTFPR	289517,010	7157084,937	Positivo Certo	
13 - UTFPR	289549,587	7157120,340	Positivo Certo	
01 - JA	293677,311	7150207,253	Positivo Certo	
02 - JA	293877,297	7150259,999	Positivo Falso	*
03 - JA	293865,782	7150129,481	Positivo Certo	
04 - JA	293943,243	7150041,601	Positivo Falso	*
05 - JA	294327,777	7150098,885	Positivo Certo	
06 - JA	294324,282	7150304,567	Positivo Certo	
07 - JA	294431,961	7150435,022	Positivo Falso	*

Fonte: O autor, 2021

* Em todos os casos de identificação, onde o indivíduo não foi louro-pardo, ocorreu-se uma associação de espécies entre *Hovenia dulcis* (Uva Japão) principalmente, com outras duas famílias *Lauraceae* e *Tiliaceae* (Canelas e Soita respectivamente).

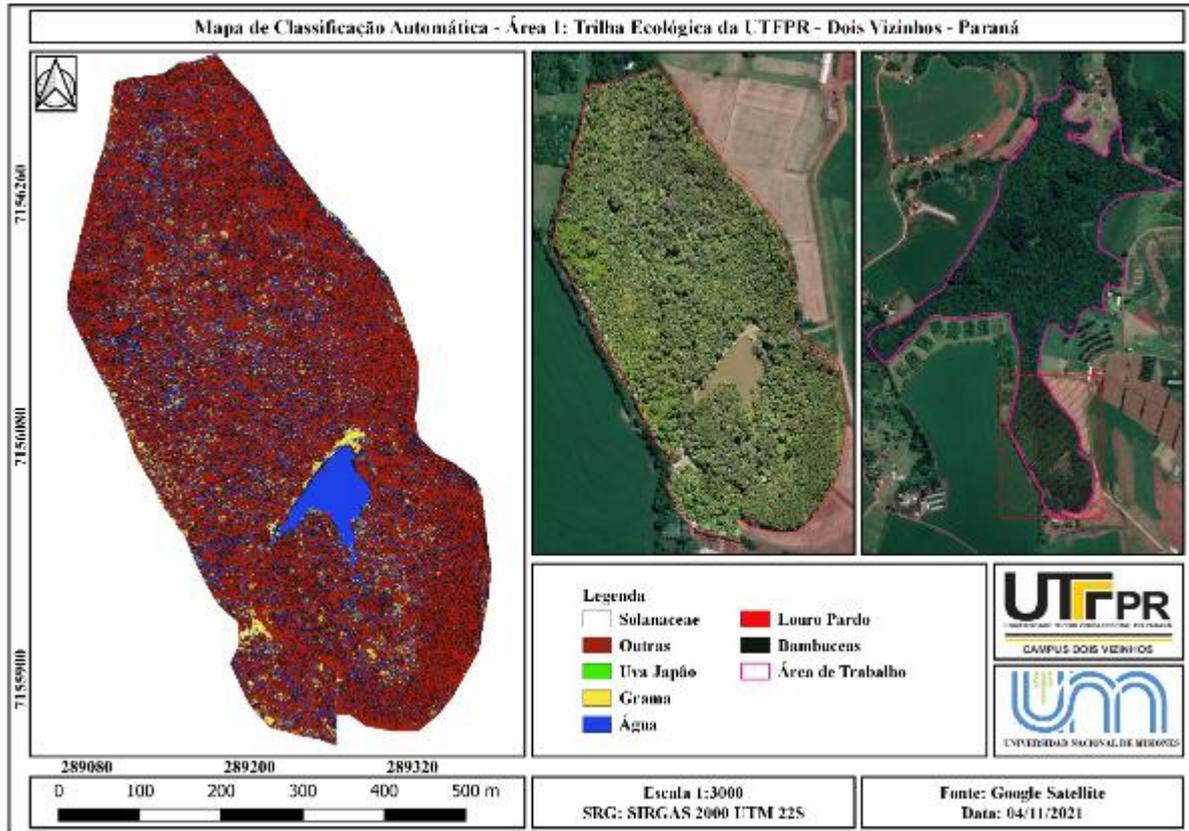
5.5. Processamento – Classificação automática

A classificação automática viu-se dificultada por meio do *software* SAGA GIS 2.3.2. já que os algoritmos de processo do *software* não conseguem diferenciar entre as geometrias dos diversos polígonos de treinamento. Isso se deu, pois, umas das características estabelecidas (forma da copa) e que compõem o padrão de identificação visual foi afetado parcialmente, ocasionando um erro de interpretação, e dessa foram confundindo os indivíduos de louro-pardo com outras espécies, tais como: vegetação morta, Uva do Japão (com frutificação) ou mesmo com a mata mais densa que apresenta cores mais escuras com tons de verde e marrom, como pode-se observar nas Figuras 33 e 34.

Outro inconveniente, encontra-se na quantidade de áreas de treinamento fornecidas para a espécie em questão, assim como o tempo para processar as imagens, mesmo tendo-se dividida cada uma das áreas de estudo em seções ou subáreas. Este último procedimento tem um tempo de execução em torno de 20-30 minutos/banda e é praticamente impossível replicá-lo em outros programas/extensões que demandam mais poder de processamento dos equipamentos com que contam-se hoje. Na imagem (Figura 35) é possível identificar padrões

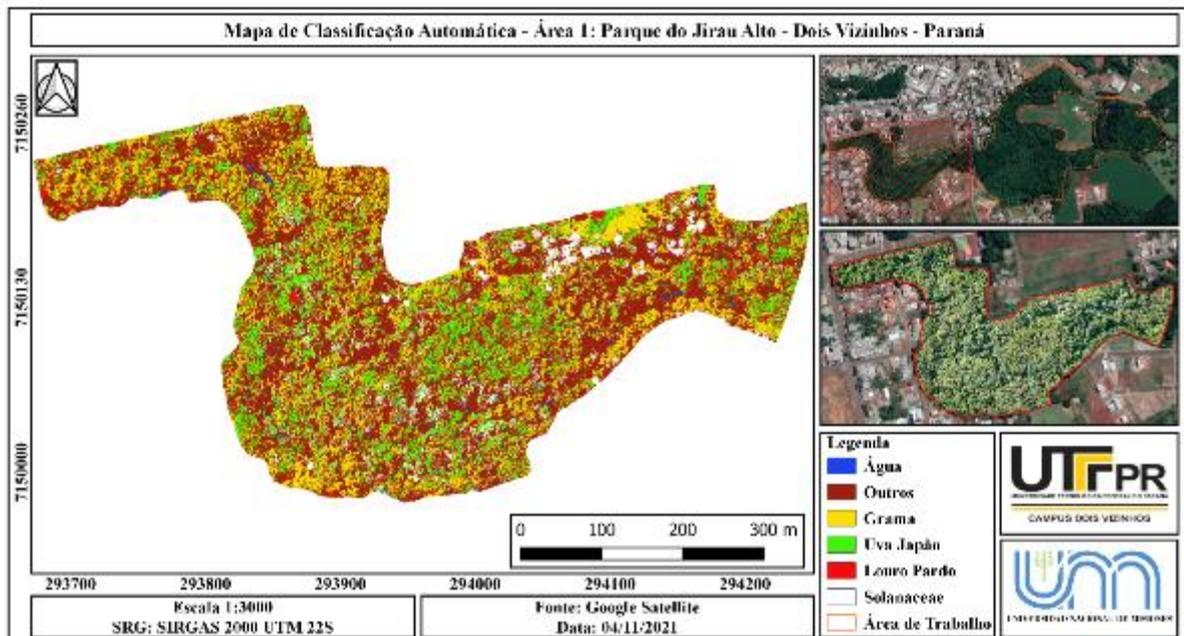
reconhecidos para a espécie “fumeiro bravo” o qual tem cores contrastantes com o entorno da vegetação, demonstrando que ainda são necessários mais ajuste e trabalho, já que o louro-pardo, é parcialmente identificado, mas surgem outras áreas identificadas como tal, levando-se assim a erros de interpretação a grandes áreas.

Figura 33 – Classificação automática por meio do SAGA GIS – Trilha Ecológica da UTFPR



Fonte: O autor, 2021

Figura 34 – Classificação automática por meio do SAGA GIS – Parque do Jirau Alto

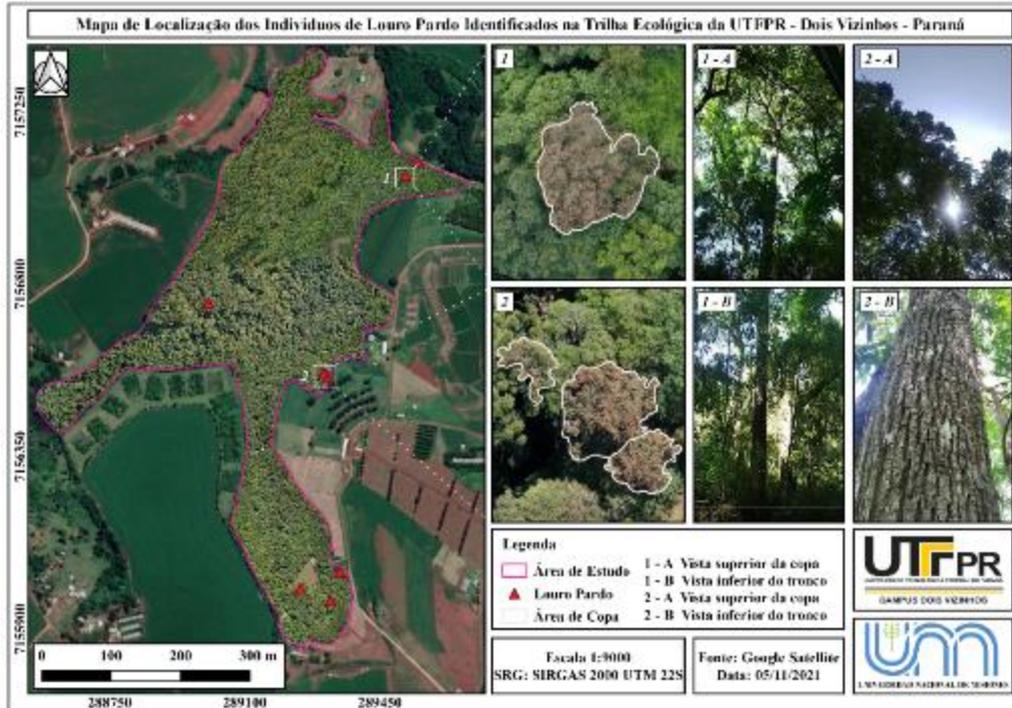


Fonte: O autor, 2021

5.6. Geração de mapas

Finalmente obtiveram-se os mapas temáticos da localização de cada indivíduo de louro-pardo para as áreas de estudo (Mata Nativa da UTFPR e Parque do Jirau Alto), georreferenciados e verificados a campo, indicados nas Figuras 35 e 36.

Figura 35 – Indivíduos localizados na Mata Nativa da UTFPR



Fonte: O autor, 2021

Figura 36 – Indivíduos localizados no Parque do Jirau Alto



Fonte: O autor, 2021

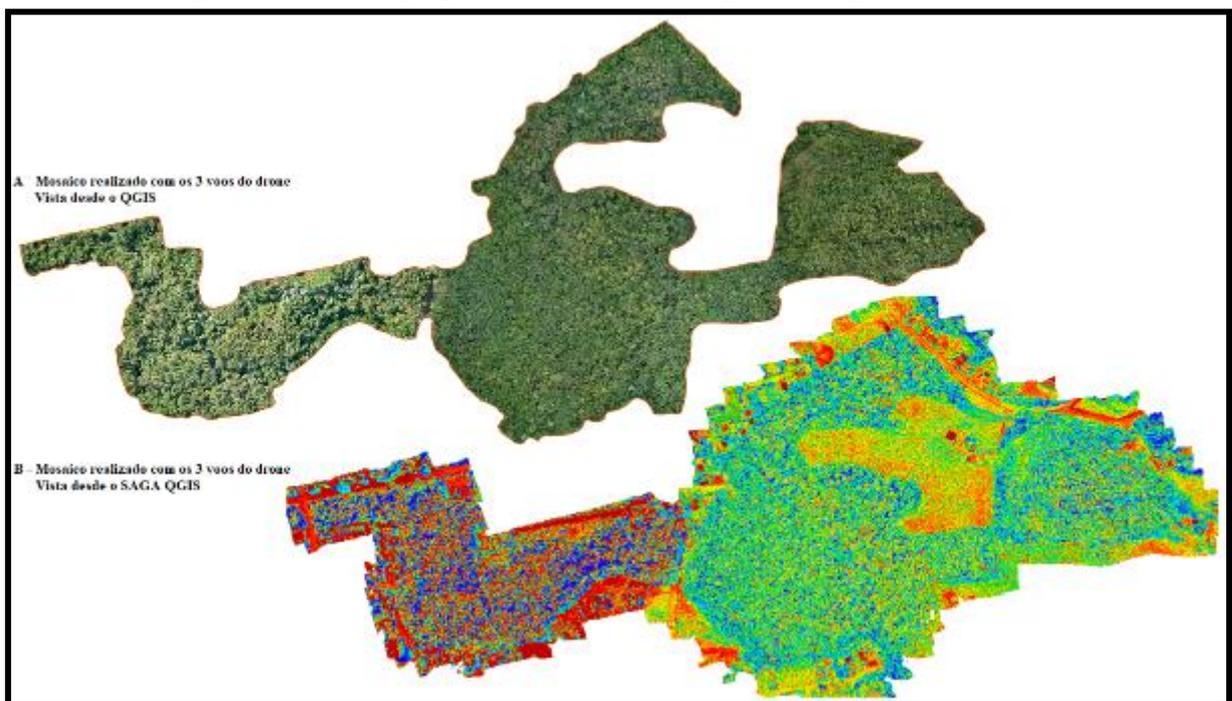
6. CONCLUSÃO

Dessa forma, conclui-se inicialmente que obteve-se com sucesso as imagens, geração dos mosaicos e classificação visual/manual para os indivíduos de louro-pardo nas áreas sob estudo. A metodologia mostrou-se eficiente, rápida e segura, sendo mais adequado o trabalho com imagens de alta resolução para concretizar a localização dos indivíduos de interesse ao invés de deslocar equipes a campo para levar a cabo a identificação tradicional na totalidade da área. É importante destacar que a identificação da espécie só é possível quando verifica-se a totalidade do padrão, isso quer dizer que, só quando os 3 parâmetros de variáveis visuais estabelecidos (forma da copa, cor e textura) são os adequados a classificação é assertiva.

Após a verificação a campo, obteve-se 61,54 % e 57,14 % de assertividade na identificação visual na Trilha Ecológica da UTFPR e Parque do Jirau Alto respectivamente para o padrão escolhidos, mas mostrou-se 100 % assertiva quando os 3 parâmetros resultavam coincidentes. Estes dados foram constatados a partir da matriz de confusão estabelecida para a verificação a campo.

Já na classificação automática apresentaram-se alguns inconvenientes como problemas na junção dos mosaicos (Figura 37) e quantidade de amostras identificáveis para a espécie sob estudo no momento de fazer áreas de treinamento que ajudem na identificação.

Figura 37 – Erro na junção dos voos no mosaico para o Parque do Jirau Alto



Fonte: O autor, 2021

Finalmente realizou-se com sucesso a criação dos mapas georreferenciados para os indivíduos de louro-pardo constados em campo para as duas áreas de estudo.

Recomendações para futuros estudos

- Recomenda-se a realização de voos para obtenção de imagens digitais de alta resolução e posteriormente o mosaico da área em outros momentos fenológicos da espécie, para captar diversos estágios da floração ou folhagem para os indivíduos.
- No momento de realizar os processos de classificação, equipamentos com maior poder de processamento podem permitir a utilização de outras ferramentas ou programas com maiores opções para a classificação das imagens.
- Para a verificação dos indivíduos é recomendável adicionar modelos digitais de elevação nos rascunhos de campo, já que ter um modelo com os declives da área, facilitará muito o trabalho de campo.

7. REFERÊNCIAS

- ALVES, Daniel B. M.; ABREU, Pedro A. G.; SOUZA, Jéssica S. **GNSS: Status, modelagem atmosférica e métodos de posicionamento**. 2013. 6 f. Revista Brasileira de Geomorfologia.v.1, n.1, 8-13. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, Brasil. Disponível em: <<https://www.fct.unesp.br/Home/Pesquisa/GEGE/1612-5037-1-pb.pdf>>. Acesso em: 01 Mar. 2021.
- ARCHELA, Rosely. S.; THÉRY, Hervé. **Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos**. Revista Franco Brasileira de Geografia, n. 3, 2008. Disponível em: <http://www.uel.br/cce/geo/didatico/omar/pesquisa_geografia_fisica/Construcao_Leitura_deMapas.pdf>. Acesso em: 25 Fev. 2021.
- BASTERRA, Indiana. **Teledetección-Imágenes Satelitales-Procesamiento Digital de Imágenes. Catedra de Fotointerpretación** – Departamento de Geociencias. Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional del Nordeste – UNNE, 2011. Disponível em: <<http://ing.unne.edu.ar/dep/goeciencias/fotointer/pub/teoria2011/parte02/tdi.pdf>>. Acesso em: 08 Mar. 2021.
- BIAS, E. de S.; BRITES, R. S.; SANTA ROSA, A. N. de C. **Imagens de Alta Resolução Espacial**. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de, Org(s). Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília, 2012. P. 239-257. Disponível em: <<http://memoria.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 14 Mar. 2021.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, ANAC. **Regras Sobre Drones**. Brasília, 2 maio 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf/@@download/file/Release_v2.pdf>. Acesso em: 02 Mar. 2021.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, ANAC. **RBAC 01: Regulamentos brasileiros de aviação civil**. Definições, regras de redação e unidades de medida. [S.l.], 2008. Disponível em: <https://www2.anac.gov.br/arquivos/pdf/Ato_Normativo_23.pdf>. Acesso em: 03 Mar. 2021.
- BRASIL. DEPARTAMENTO DE CONTROLE DE ESPAÇO AÉREO, DECEA. **Voos de RPAS (drones): Entenda a nova legislação do DECEA**. 30 novembro 2015. Disponível em: <https://www.decea.mil.br/?i=midia-e-informacao&p=pg_noticia&materia=voos-de-rpas-drones-entenda-a-nova-legislacao-do-decea>. Acesso em: 01 Mar. 2021.
- CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. **Circular Técnica nº 66 – EMBRAPA**. Colombo, PR Novembro, 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/284077/1/CT0066.pdf>>. Acesso em: 20 Mar. 2021.
- D’Alge Júlio Cesar Lima. **Coordenadas Geodésicas e Sistemas de Informação Geográfica**. Insituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Slavador, Brasil. 1999. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/~julio/arquivos/GisBrasil99.pdf>>. Acesso em: 08 Mar. 2021.
- ELMIRO, M. A. T. **Técnicas de Processamento Digital de Imagens para Aplicações no Mapeamento por Carta-Imagem**. 138 f. TCC (Pós-Graduação) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 1994. Disponível em: <

m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.20.02.40/doc/publicacao.pdf?languagebutton=pt-BR>. Acesso em: 15 Mar. 2021.

FERNANDES, Viviana de Oliveira. **Implicações da Adoção do Referencial geodésico SIRGAS 2000 na Cartografia em Escala Grande**. 143 f. TCC (Pós-Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2009. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/30374409.pdf>>. Acesso em: 08 Mar. 2021.

FIGUEIREDO, E. O.; FIGUEIREDO, S. M. de M. **Planos de Voo Semiautomáticos para Fotogrametria com Aeronaves Remotamente Pilotadas de Classe 3**. 1º ed, Rio Branco – AC. Embrapa Acre Circular Técnica nº 75, 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/187874/1/26750.pdf>>. Acesso em: 11 Mar. 2021.

FONTES, L. C. A. de A. **Fundamentos de Aerofotogrametria Aplicada à Topografia: Levantamentos Aerofotogramétricos** – Capítulo 5. Universidade Federal da Bahia – UFBA, 2005. Disponível em: <<http://www.topografia.ufba.br/nocoes%20de%20aerofotogrametriapdf.pdf>>. Acesso em: 15 Mar. 2021.

FREITAS, de Aquino A.; TRINDADE, Ailton C.; NOGUEIRA, Dérisson L.; VASCONCELOS Heliomar; BARBOSA Kilder J.; DA CUNHA, Marcelo J. P.; DA SILVA NETO, M. P.; DE OLIVEIRA, Oscar O. DE OLIVEIRA, Roberto N. Q. **Manual Técnico de Posicionamento: Georreferenciamento de Imóveis Rurais**. 1º ed. Brasília 2013. Disponível em: <https://sigef.incra.gov.br/static/documentos/manua_l_tecnico_posicionamento_1ed.pdf>. Acesso em: 01 Mar. 2021.

GOMES, P. B. **Análise espacial de espécies arbóreas pertencentes à Floresta Estacional Semidecidual e ao Cerradão baseada em imagens de alta resolução espacial**. 157 f. TCC (Pós-Graduação) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, SP. Fevereiro, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/286992/1/Gomes_PriscilaBrochado_D.pdf>. Acesso em: 15 Mar. 2021.

HOYER, Melvin. **GPS: Conceptos Básicos y Fundamentos. Notas de clase de la cátedra Geodesia por Satélites**. Escuela de Ingeniería Geodésica de la Universidad del Zulia, p. 17. Maracaibo/Venezuela, 2002. Disponível em: <ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS-RT/03_Hoyer_GNSS_en_Tiempo_Real.pdf>. Acesso em: 25 Fev. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manuais Técnicos em Geociência nº 8: Noções Básicas de Cartografia**. II Serie, Rio de Janeiro 1999. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ManuaisdeGeociencias/Nocoes%20basicas%20de%20cartografia.pdf>>. Acesso em: 05 Mar. 2021.

MANUEL, Ariel Edgardo. **GNSS: Descripción, análisis y comparación con los sistemas de navegación por satélite**. 2012. 192 f. TCC (Graduação) – Escuela de Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas Física y Naturales, Universidad Nacional de Cordoba, abril 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/facagr/index/assoc/HASHa9b0.dir/doc.pdf>>. Acesso em: 28 Fev. 2021.

MARTINELLI, Marcelo. **Mapas da geografia e cartografia temática**. [S.l.: s.n.], 2003. Disponível em: <http://docs.fct.unesp.br/docentes/geo/raul/cartografia_tematica/leitura%2021-MAPAS%20DA%20GEOGRAFIA.pdf>. Acesso em: 03 Mar. 2021.

MENESES, P. R. **Modelos de Cores aplicados às Imagens**. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de, Org(s). Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília, 2012. P. 121-137. Disponível em: <<http://memoria.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 15 Mar. 2021.

NUNES, Mônica Balestrin. **Cartografia e paisagem: o mapa como objeto de estudo**. Revista do Instituto de Estudos Brasileiros, Brasil, n. 65, p. 96-119, dez. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rieb/n65/2316-901X-rieb-65-00096.pdf>>. Acesso em: 05 Mar. 2021.

NASCENTE, J. C.; NUNES, G. M. **Uso de Sisteas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS) na Quantificação de Incremento Anual em Volume de Aterro Sanitário**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: 7 (16), p. 665-678. Agosto, 2020. Disponível em: <<http://revista.ecogestaobrasil.net/v7n16/v07n16a14.pdf>>. Acesso em: 09 Mar. 2021.

OYALA, Víctor. **Sistemas de Información Geográfica**. In: _____ Fuentes principales de datos espaciales. Revisión 16 octubre, 2014. P. 119-183. Disponível em: <https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf>. Acesso em: 26 Fev. 2021.

PRADO, Agostinho Alves Junior. **Avaliação da Acurácia do Georreferenciamento em Pontos de Controle de Aerolevante Realizado com Aeronave Remotamente Pilotada – RPA**. XIII ENANPEGE; A Geografia Brasileira na Ciência-Mundo. São Paulo, 2 a 7 de setembro de 2019. Disponível em: <http://www.enanpege.ggf.br/2019/resources/anais/8/1562632863_ARQUIVO_ARTIGOENAMPEGE-AGOSTINHO.pdf>. Acesso em: 03 Mar. 2021.

SANTOS, Alexandre Rosa Dos. **Apostila de Sensoriamento Remoto**. Departamento de Engenharia Rural. Espírito Santo, 2012. Disponível em: <http://www.geociencias.ufpb.br/lepan/disciplinas/sensoriamento/pos/download/apostila_teorica_sensoriamento_remoto.pdf>. Acesso em: 06 Mar. 2021.

SOARES-FILHO, Britaldo Silvera. **Interpretação de Imagens da Terra: Curso de Especialização em Geoprocessamento**. Departamento de Cartografia Centro de Sensoriamento Remoto. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2000. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/intimagem.pdf>>. Acesso em: 15 Mar. 2021.

TOMMASELLI, A. M. G.; HASEGAWA, J. K.; GALO, M.; IMAI, N. N.; RUY, R. da S. **Sensoriamento remoto aerotransportado: Uma abordagem usando câmeras digitais**. In: SANTIL, F. L. de P.; Silveira, H.; Souza, M. L. de; Santos, F. R. dos. Org(s). Recursos tecnológicos aplicados à Cartografia. Maringá: Sthampa Gráfica e Editora, 2010, v. 1, p. 81-116. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Galo-2/publication/265208690_Sensoriamento_Remoto_Aerotransportado_uma_abordagem_usando_camaras_digita_is/links/5697a73708ae1c4279050d5d/Sensoriamento-Remoto-Aerotransportado-uma-abordagem-usando-camaras-digitais.pdf>. Acesso em: 14 Mar. 2021.

TÔSTO, S. G.; RODRIGUES, C. A. G.; BOLFE, E. L. **Geotecnologias e Geoinformação**. In: QUARTAROLI, Carlos Fernando; VICENTE, Luiz Eduardo; ARAÚJO, Luciana Spinelli de. Sensoriamento Remoto; BATISTELLA, M. (Ed). Brasília, DF: Embrapa, 2014. P. 61-79. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/988056/1/Cap.4.pdf>>. Acesso em: 07 Mar. 2021.

VICENTINI, A.; LANG, C.; CURTY, C.; PRATA, E.; DURGANTE, F.; COSTA, F. R. C. **O uso do NIR (Infravermelho Próximo) na identificação botânica de espécies florestais.** Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Manaus, 12 de Novembro de 2014. Disponível em: <<https://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/simposios/simposio-iii/2173-uso-do-nir-infravermelho-proximo-na-identificacao-botanica-de-especies-florestais-dr-alberto-vicentini-inpa-manaus-am/file>>. Acesso em: 16 Mar. 2021.

WOLF, P. R.; DEWITT, B. A. **Elements of Photogrammetry: With Applications in GIS**, 3ed. U.S.A.: McGraw-Hill Book Company. 2000.