

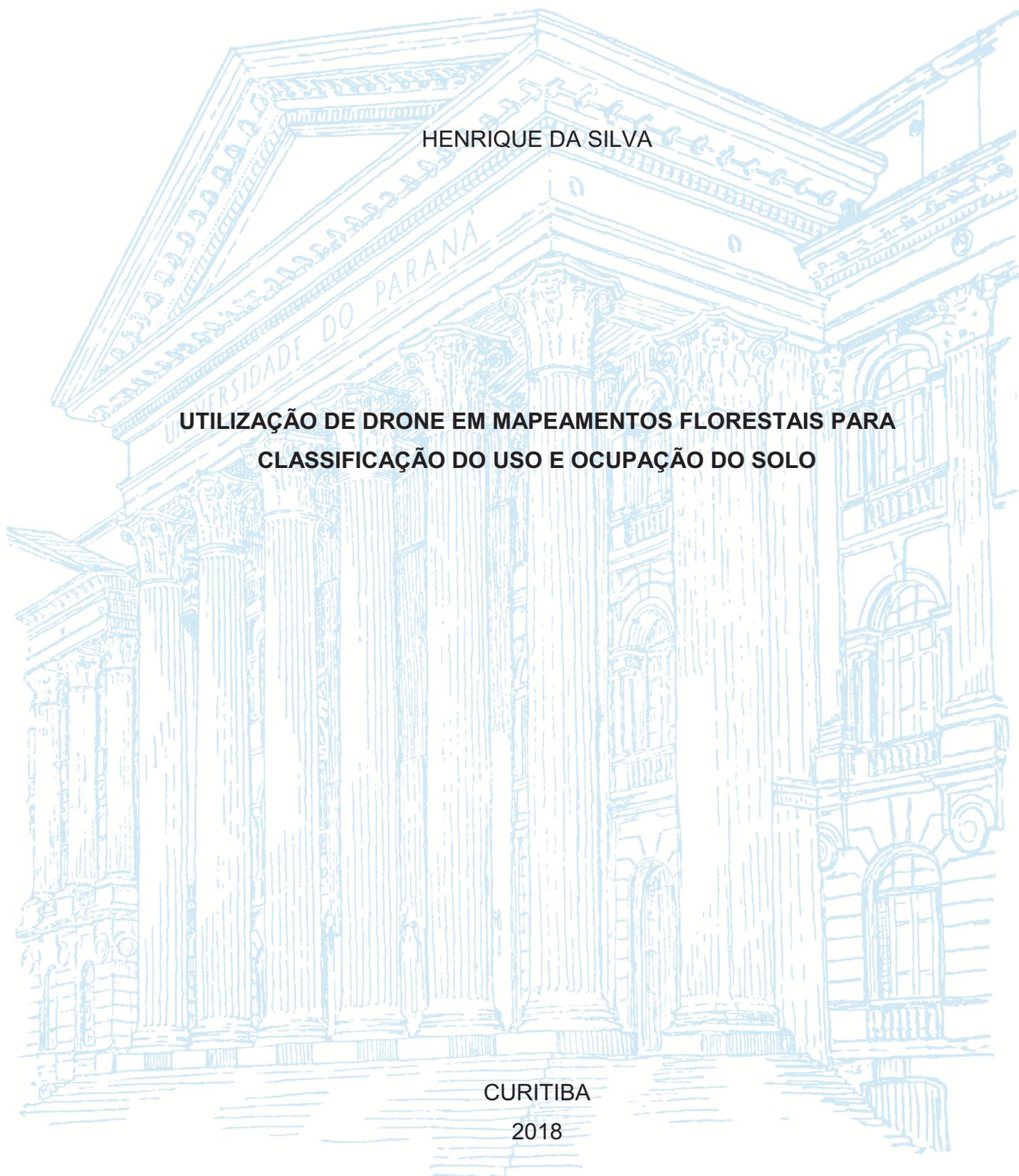
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

HENRIQUE DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE DRONE EM MAPEAMENTOS FLORESTAIS PARA
CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

CURITIBA

2018



HENRIQUE DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DE DRONE EM MAPEAMENTOS FLORESTAIS PARA
CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Especialista em Gestão Florestal, no Curso de Pós-Graduação MBA em Gestão Florestal (EAD), Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^ª. MSc. Bruna Nascimento de Vasconcellos

CURITIBA

2018

RESUMO

Atualmente existem diversas marcas e modelos de RPA (*Remotely-Piloted Aircraft*) - DRONES disponíveis no mercado. O setor de aeronaves remotamente pilotadas segue altamente dinâmico e em rápido crescimento. Neste contexto, esta pesquisa avaliou a utilização do Drone *Phantom 4 Advanced* para o mapeamento do uso e ocupação do solo de um imóvel rural. A pesquisa foi realizada no município de Ouro Preto - MG, em uma propriedade rural particular localizada no distrito de São Bartolomeu. Foram realizados dois voos, sendo um voo principal para cobertura total da propriedade (9,5 ha) e um voo secundário exclusivamente para o mapeamento do fragmento de *Eucalyptus* spp (0,17 ha). O aerolevanteamento foi realizado e processado pelo software DroneDeploy, de forma a gerar um ortomosaico georreferenciado da área total com GSD (*Ground Sample Distance*) de 4,43 cm/pixel, e no voo secundário obteve-se GSD de 3,71 cm/pixel. As resoluções obtidas em ambos ortomosaicos, foram satisfatórias para a vetorização e quantificação das classes de uso e ocupação do solo criadas para este mapeamento aéreo, e também para a identificação, quantificação e representação gráfica de pastagens degradadas e trilhas de bovinos, sendo identificado neste estudo que cerca de 3% da pastagem total encontra-se em estado de degradação. Com o uso do Drone, também foi possível realizar a estimativa da altura média do fragmento de *Eucalyptus* spp., obtendo-se a altura média de 31m, com árvores dominantes com média de 35m de altura. Nesta pesquisa, verificou-se também que a acurácia do receptor GNSS (*Global Navigation Satellite System*) interno do Drone, apresentou valores entre de 2,0 à 6,5 m de acurácia, aproximadamente, voando à 120m e 150 m de altura, com o RPA à uma velocidade de 5m/s e 11 m/s, respectivamente, sendo possível compará-las à acurácia de receptores GPS de navegação.

Palavras-chave: Aerofotogrametria. Geotecnologias. Regularização Ambiental.

ABSTRACT

Currently there are several brands and models of RPA (Remotely-Piloted Aircraft) - DRONES available on the market. The remotely piloted aircraft sector follows highly dynamic and fast growing. In this context, this survey evaluated the use of Phantom 4 Advanced Drone for the mapping of soil use and occupation of a rural property. The survey was conducted in the municipality of Ouro Preto - MG, in a private rural property located in the District of São Bartolomeu. Two flights were made, being a main flight for full coverage of the property (9.5 ha) and a secondary flight exclusively for the mapping of the fragment of Eucalyptus spp (0.17 ha). The aerial assessment was held and processed by DroneDeploy software, in order to generate a geo-referenced orthomosaic of total area with GSD (Ground Sample Distance) of 4.43 cm/pixel, and in secondary flight was obtained a GSD of 3.71 cm/pixel. The resolutions obtained in both orthomosaics were satisfactory for the vectorization and quantification of classes of soil use and occupation created for this aerial mapping, and also for the identification, quantification and graphical representation of pastures degraded and cattle trails, being identified in this study that about 3% of the total pasture is in a degradation condition. With the use of the Drone was also possible to carry out the estimation of the average height of the fragment of Eucalyptus spp., obtaining the average height of 31m, with dominant trees with an average of 35m tall. In this survey, it was also found that the accuracy of GNSS (Global Navigation Satellite System) intern receiver of the Drone, presented values between 2.0 to 6.5m of accuracy, approximately flying high at 120m and 150m, with the RPA in a speed of 5m/s and 11m/s, respectively, being possible to compare them to the accuracy of GPS navigation receivers.

Keywords: Aerial Photogrammetry. Geotechnologies. Environmental Regularization.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Números do Cadastro Ambiental Rural.....	13
FIGURA 2 - Exemplificação dos diferentes níveis de escala do SR.....	14
FIGURA 3 - Drone modelo Phantom 4 Advanced.....	19
FIGURA 4 - Área de estudo, município de Ouro Preto / MG.....	20
FIGURA 5 - Plano de voo no software DroneDeploy.....	21
FIGURA 6 - Sobreposição de imagens por pixel.....	21
FIGURA 7 - Ortomosaico da área de estudo obtido com processamento.....	23
FIGURA 8 – Estimativa da altura média de <i>Eucalyptus</i>	24
FIGURA 9 – Modelo digital de superfície do fragmento de <i>Eucalyptus spp</i>	25
FIGURA 10 – Ortomosaico (esquerda) e VARI (direita) da área de estudo.....	26

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Classificação das categorias de VANTs.....	18
QUADRO 2 – Quantificação do uso e ocupação da terra.....	27
QUADRO 3 - Configuração e resultados dos voos	28

LISTA DE SIGLAS

APP	-	Área de preservação permanente
ANAC	-	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	-	Agência Nacional de Telecomunicações
CAD	-	Desenho assistido por computador
CAR	-	Cadastro Ambiental Rural
GIS	-	<i>Geographic Information Systems</i>
GNSS	-	<i>Global Navigation Satellite System</i>
GPS	-	<i>Global positioning System</i>
GSD	-	<i>Ground Sample Distance</i>
INCRA	-	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
MMA	-	Ministério do Meio Ambiente
MDS	-	Modelo digital de Superfície
MDE	-	Modelo digital de elevação
NDVI	-	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
PMFS	-	Plano de manejo florestal sustentado
RPA	-	<i>Remotely-Piloted Aircraft</i>
RPAS	-	<i>Remotely-Piloted System</i>
RL	-	Reserva Legal
RTK	-	<i>Real-Time Kinematic</i>
SFB	-	Serviço Florestal Brasileiro
SIG	-	Sistema de informações geográficas
SISANT	-	Sistema de aeronaves não tripuladas
SR	-	Sensoriamento Remoto
UAS	-	<i>Unmanned Aircraft Systems</i>
UAV	-	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UTM	-	Universal Transversa de Mercator
VANT	-	Veículo aéreo não tripulado
VARI	-	<i>Visible Atmospherically Resistant Index</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 JUSTIFICATIVA	9
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	9
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 MAPEAMENTOS FLORESTAIS	11
2.2 SENSORIAMENTO REMOTO	14
2.3 SIG	15
2.4 VANTs.....	15
2.4.1 TIPOS DE VANT's.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Caracterização da área de estudo	20
3.2 Coleta e processamento de Dados	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

Diante da alta competitividade dos mais variados mercados, as empresas necessitam buscar alternativas que agreguem valor ao seu produto ou serviço de forma a minimizarem os custos de produção. Neste contexto, as inovações tecnológicas vêm propiciando ganhos significativos de otimização em atividades de mapeamento, tanto em áreas rurais ou urbanas, com produção agrícola ou florestal.

Existem diversas tecnologias e metodologias que propiciam incremento de produtividade nas atividades de mapeamento, destacam-se os receptores geodésicos GPS/GNSS mais avançados e técnicas como o RTK (*Real Time Kinematic*), comumente utilizados em levantamentos topográficos. Sensores orbitais também se destacam como ferramenta para mapeamentos, porém apresentam alguns fatores que podem dificultar o imageamento como: sombreamento ocasionado por nuvens, resolução espacial não satisfatória para a finalidade do trabalho, data da captura das imagens não compatível com o interesse do projeto, alto custo para aquisição das imagens e outros.

Neste ambiente de inovações tecnológicas e mapeamentos, o uso de aeronaves remotamente pilotadas, RPAs (*Remotely-Piloted Aircraft*) – tem destacada relevância, tendo em vista o baixo custo para aquisição das imagens e possibilidade de maior riqueza no detalhamento nos mapeamentos. De acordo com Costa Junior (2017), existem inúmeros projetos envolvendo RPAs para diversas aplicações, civis e militares, as quais incluem análise e monitoramento de desastres naturais, avaliação de impactos ambientais, monitoramento e levantamento de culturas, monitoramento de linhas de transmissão, geração de Modelos Digitais de Terreno, entre outros.

No setor florestal, o VANT - Veículo aéreo não tripulado apresenta diversas aplicações como detecção precoce de focos de incêndio, assim como seu mapeamento e monitoramento; monitoramento de alterações no uso do solo e quantificação de áreas desmatadas e reflorestadas; e em levantamento cartográficos e topográficos (ATAÍDE, 2016).

Devido ao dinamismo das atividades florestais e pela importância desse setor no cenário nacional, surge a necessidade de se conhecer e avaliar, cada vez mais e com maior frequência, os empreendimentos florestais, de forma rápida e

segura, como passo prévio para seu manejo e exploração eficientes (MOREIRA, 1984 apud SOUZA, 2007).

No Brasil as fotografias aéreas são muito utilizadas para produção de mapas planialtimétricos, e a capacidade dos DRONES (do inglês Zangão) alcançarem locais de difíceis acessos e perspectivas diferenciadas, com velocidade de execução de alto nível de precisão para coletas de imagens digitais, formam um novo mercado (DEUS, 2017).

1.1 JUSTIFICATIVA

A utilização de RPAs tem se intensificado nos últimos anos no Brasil e no mundo. Sua aplicabilidade é múltipla, podendo ser utilizado desde atividades de recreação como filmagens e fotos, e até mesmo em trabalhos de mapeamentos topográficos, prospecções florestais, monitoramento ambiental e outros.

O uso de VANT's vem crescendo consideravelmente por conta de suas vantagens técnicas e econômicas, tais como: elevada qualidade no imageamento de pequenas áreas, resolução espacial diferenciada e com alto nível de detalhamento, rapidez na aquisição dos dados e redução dos custos operacionais (ATAÍDE, 2016).

Segundo publicação no site Mundo GEO (2018), o mercado de Observação da Terra pode alcançar até 15 bilhões de euros nos próximos 10 anos. O relatório da *Global Aerial Imaging Market Analysis (2017-2023)*, afirma que o tamanho do mercado global de imageamento aéreo deverá chegar a 3,2 bilhões de Euros em 2023, já os drones têm potencial para chegar a 127 bilhões de Dólares.

Desta forma, o presente estudo visa analisar o potencial dos VANTs para mapeamento de uso e ocupação da terra, tendo em vista a crescente utilização desses equipamentos em mapeamentos rurais e urbanos.

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o mapeamento do uso e ocupação do solo de uma propriedade rural, por meio de imagens obtidas por Drone.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Identificar áreas com pastagens degradadas;
- b) Mapear trilhas principais de deslocamento dos bovinos;
- c) Calcular a área (ha) e estimativa da altura média (m) do fragmento de *Eucalyptus spp.* localizado no imóvel.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MAPEAMENTOS FLORESTAIS

Atualmente existem diversos tipos de equipamentos que realizam a coleta de dados no campo, para posterior elaboração de plantas e mapas topográficos de imóveis rurais ou urbanos.

O homem sempre necessitou conhecer o meio em que vive, por questões de sobrevivência, orientação, segurança, guerras, navegação, construção, etc. No princípio a representação do espaço baseava-se na observação e descrição do meio. Cabe salientar que alguns historiadores dizem que o homem já fazia mapas antes mesmo de desenvolver a escrita. Com o tempo surgiram técnicas e equipamentos de medição que facilitaram a obtenção de dados para posterior representação. A Topografia foi uma das ferramentas utilizadas para realizar estas medições (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012, p.1).

A escolha do equipamento adequado para o mapeamento, está diretamente relacionada à finalidade, porte e complexidade do projeto.

Com base nos resultados obtidos após o mapeamento, são conhecidas quantitativa e qualitativamente as áreas de floresta nativa preservadas, bem como sua distribuição espacial. Essas informações podem auxiliar diversos estudos como florística, reintrodução de fauna, recuperação ambiental, educação ambiental, proteção ambiental, estabelecimento de áreas prioritárias para conservação e florestas de alto valor para conservação, além de serem base para adequações de áreas de reserva legal e de preservação permanente. (AMARAL *et al.* 2009).

De acordo com Burrough (1995 apud Ruggiero, 2006),

Em mapeamentos, assume-se que cada área delimitada (classe) seja uniforme e, portanto, que os valores de uma determinada variável sejam constantes dentro da mesma classe. Existe, porém, uma relação entre a variabilidade incorporada em cada classe - ou seja, a heterogeneidade considerada - e a escala de representação do objeto. Assim, numa mesma região, espera-se que mapas em maior detalhe (ou em menor escala) possuam um maior número de classes e uma menor variação dentro de cada classe, quando comparados a mapas em menor detalhe (maior escala).

Carneiro (2015) cita que diferentes tecnologias do SR têm sido utilizadas para mapeamentos, como atualização de inventários florestais e avaliação de danos florestais, por meio de fotografias aéreas e imagens digitais. A rápida evolução

tecnológica de sensores remotos proporciona a obtenção de dados digitais com uma resolução espacial e agilidade cada vez maior.

A representação gráfica oferecida pelos mapeamentos, propicia uma visão global do empreendimento, sendo portanto, a base para projetos.

De acordo com Barbosa *et al.* (2017), que analisou a aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), para análise da cobertura vegetal:

O NDVI, foi proposto por Rouse *et al.* (1973), a partir da normalização do Índice de Vegetação da Razão Simples para o intervalo de -1 a +1. A normalização consiste numa relação entre as medidas espectrais de duas bandas, a infravermelho próximo e a vermelha (PONZONI; SHIMABUKURO, 2012). Nesse seguimento, é o índice de vegetação mais comumente empregado em estudos sobre vegetação, sendo uma aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores de satélites (MELO *et al.*, 2011).

Além do índice de vegetação NDVI, o Índice resistente à atmosfera na região do visível (VARI), também pode auxiliar na obtenção de informações sobre a saúde da vegetação. O VARI foi projetado e testado para funcionar com sensores RGB, sendo uma medida de "quão verde" é uma imagem. O VARI não substitui um sensor NIR (*near-infrared*). Imagens RGB com o algoritmo VARI aplicado, permitem detectar áreas de estresse de culturas em um campo (DroneDeploy).

Uma demanda para este mercado de mapeamentos é o CAR - Cadastro Ambiental Rural, estabelecido no novo Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, cuja lei estabelece que todos os imóveis rurais brasileiros sejam cadastrados em seus sistemas estaduais até 31 de dezembro de 2018, data da quarta prorrogação do prazo para adesão do cadastro. Até 30 de junho de 2018, já foram cadastrados, 5,2 milhões de imóveis rurais, totalizando uma área de 455.469.947 hectares inseridos na base de dados do sistema (SFB, 2018).

Ressalta-se que a área passível de cadastro (397.836.864 ha) já foi ultrapassada, tendo em vista a área cadastrada de 455.469.947 ha, ou seja, podemos concluir que existe uma sobreposição considerável nos cadastros do CAR, oriundos certamente de mapeamentos equivocados, ou executados sem os equipamentos e técnicas adequadas para o cadastro.

A (FIGURA 1) apresenta os números do CAR de acordo com o Boletim Informativo (Dados até 30 de junho de 2018), disponibilizado no site do SFB - Serviço Florestal Brasileiro.

FIGURA 1 - NÚMEROS DO CADASTRO AMBIENTAL RURAL.



FONTE: SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (2018).

A agricultura pode ser beneficiada pela observação aérea em todas as etapas de produção, e diferentes VANTs oferecem melhor design e desempenho se comparados com aviões de reconhecimento fotográfico convencionais, por apresentarem pouco peso e tamanho pequeno, baixa velocidade de voo (o que implica em melhor obtenção de dados ópticos), altitude máxima maior e resistência (DUTRA *et al.*, 2015).

De acordo com Oliveira Sobrinho *et al* (2018), em sua pesquisa realizada com o uso de VANT para mensuração de processos florestais, no estudo, o VANT apresentou resultados e rendimentos melhores que o método convencional de medição dos processos florestais, como a medição de madeira estocada em campo. Com esta abordagem é possível obter importantes resultados para determinação de planos de ação em casos em que a produtividade possa ser comprometida.

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO

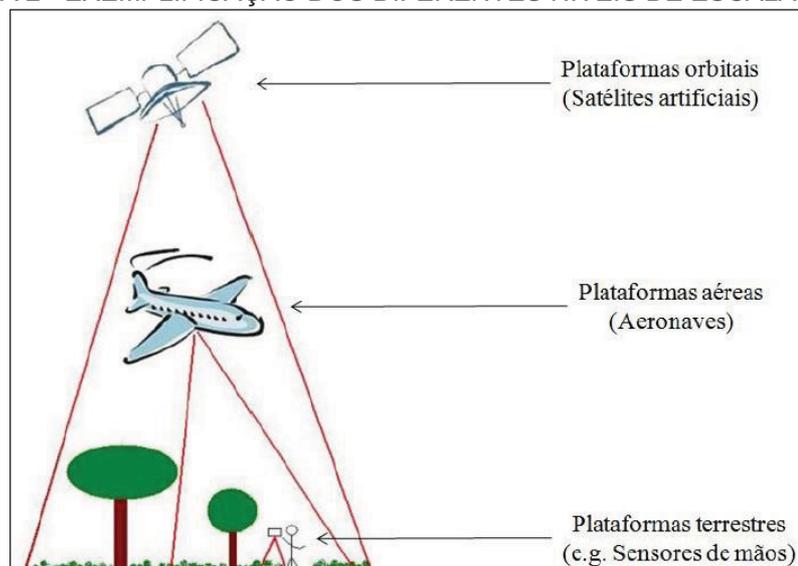
O Sensoriamento Remoto (SR) pode ser compreendido como aquisição de informações de um objeto de interesse de forma remota, ou seja, sem contato com o mesmo.

De acordo Novo (2010), a definição de Sensoriamento Remoto é compreendida por:

“(...) a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, como o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações” (NOVO, 2010, p. 28).

O Sensoriamento Remoto está diretamente ligado ao uso de sensores capazes de possibilitar o registro e a análise das interações entre a radiação eletromagnética e um determinado alvo. De modo geral, estes sensores podem ser divididos em três plataformas: orbital, aérea e terrestre (LINHARES, 2016), conforme pode ser visualizado na (FIGURA 2).

FIGURA 2 - EXEMPLIFICAÇÃO DOS DIFERENTES NÍVEIS DE ESCALA DO SR.



FONTE: BATISTA (2003).

Diferentes tecnologias de sensoriamento remoto têm sido utilizadas em mapeamentos florestais, atualização de inventários florestais e avaliação de danos

florestais, por meio de fotografias aéreas e imagens digitais. A rápida evolução tecnológica de sensores remotos vem proporcionando a obtenção de dados digitais com uma resolução e agilidade espacial cada vez maior (SOUZA; MOREIRA; SCHIMITH; BRANDÃO; SILVA, 2007).

2.3 SIG

De acordo com Batista (2003, p. 48), "SIG - Sistema de Informação Geográfica é um sistema computacional de suporte à decisão, que processa dados geográficos e não geográficos (alfanuméricos) com ênfase em análise e modelagens de superfícies".

A criação de Mapas e projeções representa apenas um resultado final possível, a grande vantagem é permitir a identificação das relações espaciais entre características geográficas representadas em mapas.

O SIG compreende as etapas de captura e armazenamento de informações, processamento dos dados, manipulação, modelagem e gerenciamento, com a finalidade de realizar a análise espacial e exibição dos dados finais, permitindo uma interpretação mais completa na solução de problemas e no planejamento e gerenciamento dos projetos (BATISTA, 2003).

De acordo com Neri (2004, p. 3):

O SIG permite coletar, armazenar e recuperar dados, facilitar o procedimento de tarefas trabalhosas e ainda, gerar através de análises, informações capazes de dar suporte ao planejamento de ações. Com o avanço da era da informática, bem como o acesso propiciado por sistemas computacionais, mais simples e econômicos, começou-se a utilizar, em diversas áreas do conhecimento, os conceitos dos Sistemas de Informações Geográficas - SIG, entendido como sistemas computacionais capazes de associar bancos de dados geográficos, georreferenciados em relação à superfície terrestre, e bancos de dados alfanuméricos.

2.4 VANT'S

O termo Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) é uma adaptação do inglês *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) e se refere a qualquer veículo com capacidade de voar e ser controlado sem a necessidade de uma pessoa estar a bordo (ATAÍDE, 2016).

Assim como o GPS (*Global Positioning System*), a Internet, e várias outras grandes invenções, os VANT's também foram criados inicialmente para uso militar e para segurança pública, envolvendo atividades de espionagem, monitoramento de fronteiras, apoio em missões de equipes terrestres e reconhecimento de áreas, dentre outras funções.

Ao longo das duas grandes guerras mundiais e da guerra fria (de 1945 a 1991), as frentes militares de diversos países, como Estados Unidos, Alemanha, Inglaterra, China, Japão e Rússia, propiciaram evoluções significantes para a tecnologia dos VANTs, que também recebeu inovações motivadas, em muitos momentos, pelos interesses civis (LINHARES, 2016).

Os Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas, em inglês *Unmanned Aircraft Systems* (UAS), são um novo componente da aviação mundial que operadores, indústria e diversas organizações internacionais estão se empenhando para compreender, definir e promover sua completa integração no Espaço Aéreo (DECEA, 2015).

O termo UAV se tornou obsoleto e foi substituído pelo termo UAS por dois motivos: primeiro porque as principais organizações relacionadas à aviação não empregam o termo “veículo”, mas sim, aeronaves; segundo, porque, como esse tipo de aeronave necessita de uma estação em solo, de enlace de pilotagem e de outros componentes para a realização do voo, além do vetor aéreo, de modo que todo o sistema precisa ser considerado. (DECEA, 2015).

Na área florestal, os VANTs apresentam diversas aplicações. Podem ser utilizados na detecção precoce de focos de incêndio, bem como no seu mapeamento e monitoramento. Além disso, tal ferramenta apresenta possibilidade de aplicação no monitoramento de alterações no uso do e quantificação de áreas desmatadas e reflorestadas. Podem auxiliar na localização de árvores derrubadas, no planejamento de corte e otimização do processo de extração da madeira. No controle fitossanitário dos plantios, a utilização desse tipo de veículo permite o monitoramento de pragas e doenças por meio da localização de árvores afetadas.

Além das aplicações supracitadas, os VANTs podem ser utilizados para a determinação do grau de cobertura arbórea, avaliação da biodiversidade e em levantamento cartográficos e topográficos (ATAÍDE, 2016).

De acordo com Oliveira Sobrinho et al (2018 apud GRAÇA, 2017) "A utilização desta tecnologia quando comparado com as técnicas de sensoriamento

remoto obtidas via satélite, aérea e/ou métodos de aquisição de imagens de alta resolução, aparece como alternativa mais viável".

Ressalta-se que de acordo com a Instrução de Comando da Aeronáutica - ICA 100-40 do DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo, voos com RPAs devem ser previamente autorizados mediante solicitação de autorização para operações com RPAs junto ao DECEA, com a devida atribuição de responsabilidades do piloto em comando.

Nos casos em que forem empregados sensores que definam os voos para realização de aerolevanteamento, ressalta-se ainda a necessidade de emissão, por parte do Ministério da Defesa, de autorização de sobrevoo (AVOMD Autorização de voo do Ministério da Defesa).

2.4.1 TIPOS DE VANT'S

Acompanhando a velocidade atual e dinâmica das inovações tecnológicas, hoje no mercado se encontram diversas marcas, categorias e preços de VANT's, para as mais diversas aplicações recreativas ou profissionais. De acordo com o DECEA (2018), existem variados tipos de UAS (asas fixas, asas rotativas, dirigíveis, ornitópteros etc.), tamanhos, performances e aplicações, e, a regulamentação para o emprego de uma Aeronave Não Tripulada tem-se mostrado complexa, sendo um desafio em todo o mundo por diversas questões, principalmente as relacionadas ao fato de não haver piloto a bordo.

De modo geral, os VANT's são classificados de acordo com suas características técnicas, como aerodinâmica, tamanho, dinâmica de voo, dentre outras (LINHARES, 2016). Os VANT's podem ser classificados em 5 categorias conforme pode ser visualizado no (QUADRO 1).

QUADRO 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS CATEGORIAS DE VANTS.

Categoria	Descrição
Asa-fixa	Aeronaves com asas fixas que exigem uma pista para decolagem e pouso, ou uma catapulta no caso do lançamento.
Asa-rotativa	Aeronaves com asas rotativas (hélices), pouso e decolagem na vertical. Possuem a capacidade de pairar no ar e alta capacidade de execução de manobras.
<i>Blimps</i> ou balões de ar	São balões e dirigíveis não tripulados. Em geral são grandes e voam em baixa velocidade.
<i>Flapping-Wing</i> ou batedores de asas	Aeronaves com asas flexíveis, inspiradas em pássaros ou insetos alados.
Híbridos ou conversíveis	Voam como aviões convencionais, embora decolem na vertical. Isso ocorre em função de capacidade de inclinar os motores ou parte da fuselagem.

FONTE: ADAPTADO DE ALVES JÚNIOR (2015) POR LINHARES (2016).

Os modelos de Asas-rotativas, podem ser classificados de acordo com a quantidade de motores: quadricóptero, 4 motores; hexacóptero, 6 motores; octacóptero, 8 motores.

Quanto à resolução temporal, especificamente a condição climática de nebulosidade, os RPAs apresentam maior flexibilidade que o sensoriamento remoto a nível orbital, uma vez que não dependem de condições climáticas ótimas (ausência de nebulosidade) para a realização das missões. Além disso, os RPAs não dependem da órbita e de aeroportos como é o caso dos sistemas convencionais. Contudo, vale ressaltar que missões com RPAs podem ser prejudicadas por ação dos ventos, que dependendo da intensidade pode ser considerado um fator adverso para a execução dos voos.

Ataíde (2016) cita que as plataformas do tipo multirotor permitem voos com maior estabilidade, quando comparados aos VANTS de asas fixa. Os VANTS de asas fixa apresentam mais vulnerabilidade à desestabilizações ocasionados por ventos fortes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foram obtidas informações do imóvel rural, através da interpretação de mapas e documentos fornecidos pelo proprietário, e a partir disso, foi realizada a coleta de pontos de divisa com receptores GPS, buscando a definição do limite do imóvel rural.

A partir da definição da divisa do imóvel estudado, foi realizada a captura das imagens aéreas com Drone modelo Phantom 4 *advanced*, cujo modelo possui GPS/GLONASS e câmera de 20 *megapixels* de resolução acoplados na aeronave remotamente pilotada, conforme pode ser visualizado na (FIGURA 3).

FIGURA 3 – DRONE MODELO PHANTOM 4 ADVANCED,



FONTE: O AUTOR (2018).

Após a captura com Drone, as imagens foram processadas de forma automática através do site <<https://www.dronedeploy.com/>>, ou seja, não houve manipulação ou interferência alguma do usuário no software DroneDeploy durante as etapas do processamento das imagens.

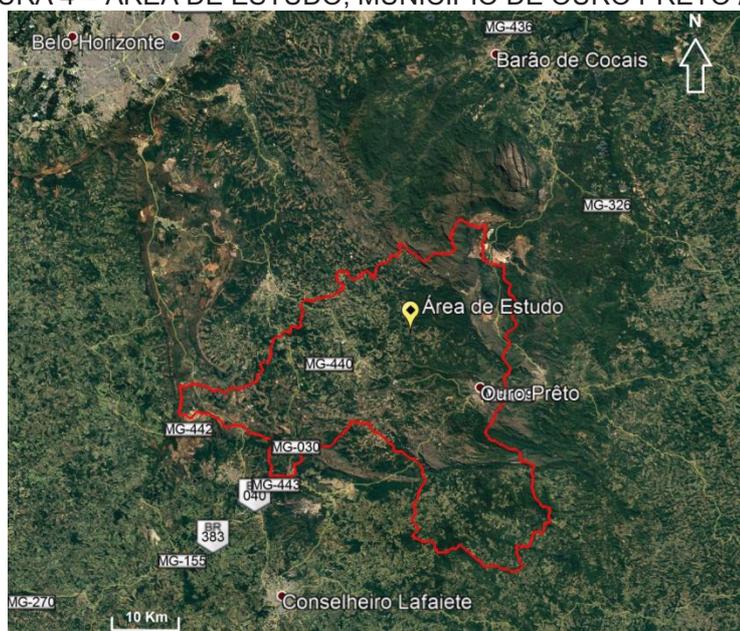
O Ortomosaico georreferenciado é o principal produto, dentre outros disponibilizados no site do DroneDeploy após o processamento automático das imagens. A fotointerpretação e vetorização das feições de interesse deste estudo, foram realizadas no software livre QGIS, versão 2.18.3.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O imóvel rural objeto deste estudo possui área total de 9,50 hectares, sendo basicamente composto por pastagens, rio, estrada, eucalipto e floresta nativa. Localiza-se no distrito denominado São Bartolomeu, no histórico município de Ouro Preto, estado de Minas Gerais. A propriedade apresenta topografia montanhosa, e baixa aptidão agrícola. A única atividade exercida no imóvel é o pastejo de bovinos.

O clima de Ouro Preto possui características básicas de clima tropical de montanha, em que a baixa latitude é compensada pela atitude e conformação orográfica regional. A vegetação nativa da região é baseada por campos e capoeiras (CARVALHO, 1982).

FIGURA 4 – ÁREA DE ESTUDO, MUNICÍPIO DE OURO PRETO / MG.



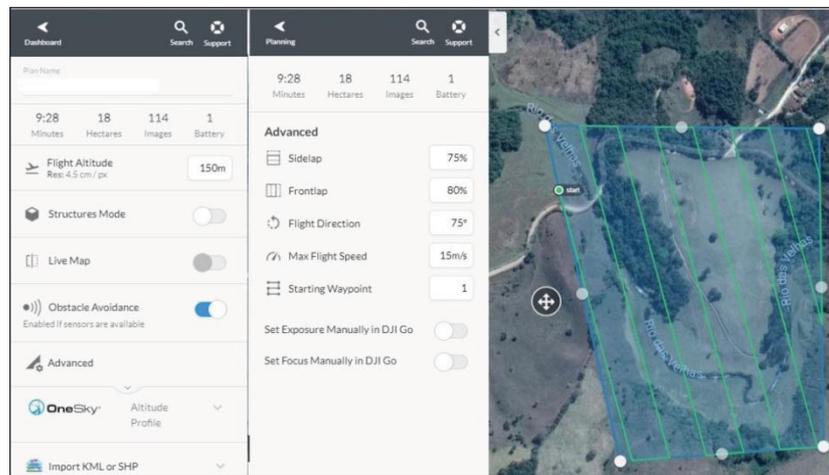
FONTE: O AUTOR (2018).

3.2 COLETA E PROCESSAMENTO DE DADOS

A captura das imagens foi realizada no dia 13 de Junho de 2018, utilizando o aplicativo DroneDeploy no smartphone *iPhone 6s* conectado ao rádio controle do Drone. O voo foi executado com altura de 150m, realizado em 9min28, com GSD (*Ground Sample Distance*) programado de 4.5 cm/pixel, conforme apresentado na (FIGURA 5). Além deste voo, foi realizado um voo secundário, no mesmo dia, com

altura de 120m, configurado para mapeamento 3D conforme aplicativo do DroneDeploy, exclusivamente para o mapeamento do fragmento de *Eucalyptus* spp.

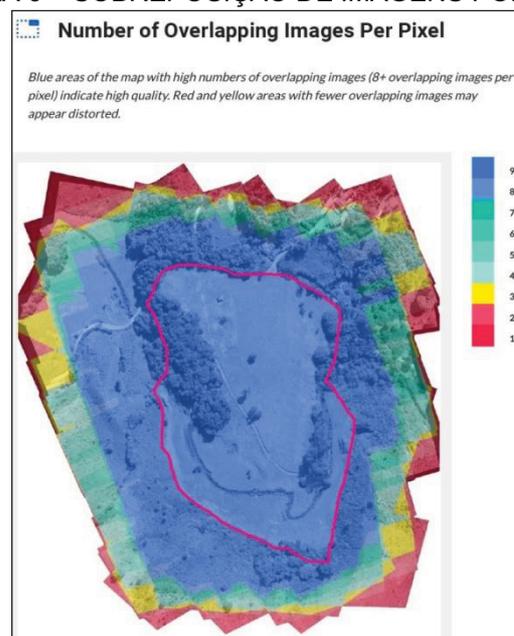
FIGURA 5 – PLANO DE VOO NO SOFTWARE DRONEDEPLOY.



FONTE: O AUTOR (2018).

A (FIGURA 6) representa o número de sobreposição de imagens por pixel, sendo considerado ideal as regiões mais próximas da cor azul, caracterizada por 8 ou mais imagens por pixel. Tendo em vista que pode ocorrer distorções nas bordas da imagem, conforme representado na figura 6 nas cores amarelo e vermelho, foram sobrevoadas áreas adjacentes ao imóvel para garantir maior qualidade no resultado do processamento.

FIGURA 6 – SOBREPOSIÇÃO DE IMAGENS POR PIXEL.



FONTE: O AUTOR (2018).

As sobreposições lateral e frontal planejadas para a execução do voo principal foram 75% e 80%, respectivamente. Assim como o plano e execução do voo, o conjunto de imagens também foi processado no software DroneDeploy, de forma a gerar um ortomosaico georreferenciado como produto principal do aerolevanteamento.

O ortomosaico georreferenciado foi a base para a fotointerpretação e estudos que embasaram esta pesquisa, sendo o processo de vetorização das feições de interesse realizada no software livre QGIS versão 2.18.3.

Foram criadas 05 classes de acordo com a fotointerpretação realizada no ortomosaico obtido com o mapeamento aéreo, sendo denominadas: floresta nativa, fragmento de *eucalyptus* spp, pastagem, estradas/aceessos e cursos d'água.

Além da quantificação (hectares) de cada classe, foram identificadas e quantificadas áreas com pastagens degradadas e trilhas principais de deslocamento de bovinos. As trilhas foram mapeadas a partir da vetorização do eixo, e considerando a largura média de 0,40 m, conforme média aritmética obtida através da mensuração em diferentes trilhas do terreno. Para a delimitação das pastagens degradadas, foi realizada a vetorização das áreas com solo exposto ou ausência da cor verde na pastagem, com foco nas áreas mais críticas, conforme fotointerpretação, permitindo o mapeamento e fechamento dos polígonos para obtenção de áreas e perímetros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a fotointerpretação e vetorização das feições de interesse desta pesquisa, sendo ambos os processos embasados no ortomosaico representado pela (FIGURA 7), foi possível quantificar as áreas e confeccionar uma planta topográfica do terreno com a representação gráfica do uso e ocupação da terra.

FIGURA 7 – ORTOMOSAICO DA ÁREA DE ESTUDO OBTIDO COM PROCESSAMENTO.



FONTE: O AUTOR (2018).

Cândido *et. al* (2014) cita que o MDS - modelo digital de superfície, adquirido a partir de fotografias aéreas de VANT possui alta resolução espacial, evidenciando desde pequenas feições presentes na superfície como rugosidade do terreno, à vegetação que compõe a paisagem.

A resolução GSD obtida no ortomosaico foi 4,43 cm/pixel, sendo considerada uma resolução satisfatória para a finalidade desta pesquisa, tendo em vista que foi possível identificar com clareza todas as classes, trilhas de bovinos e pastagens degradadas, como proposto neste estudo.

Considerando que o RPA utilizado nesta pesquisa possui GPS/GLONASS e sensor de distância embutidos na aeronave, propiciando a identificação da altura do RPA em relação ao controle e solo, e considerando também que o fragmento de *eucalyptus* spp. estudado possui apenas 0,17 hectares de área, com topografia plana. A estimativa da altura média foi realizada considerando a altura do RPA alinhado à copa do fragmento florestal, a uma distância média de 8m entre fragmento e o RPA, conforme representado na (FIGURA 8), sendo verificada a

altura média de 31m do fragmento de *Eucalyptus* spp., e verificado também árvore acima do dossel do fragmento com altura aproximada de 35m.

FIGURA 8 – ESTIMATIVA DA ALTURA MÉDIA DE FRAGMENTO DE *EUCALYPTUS*.

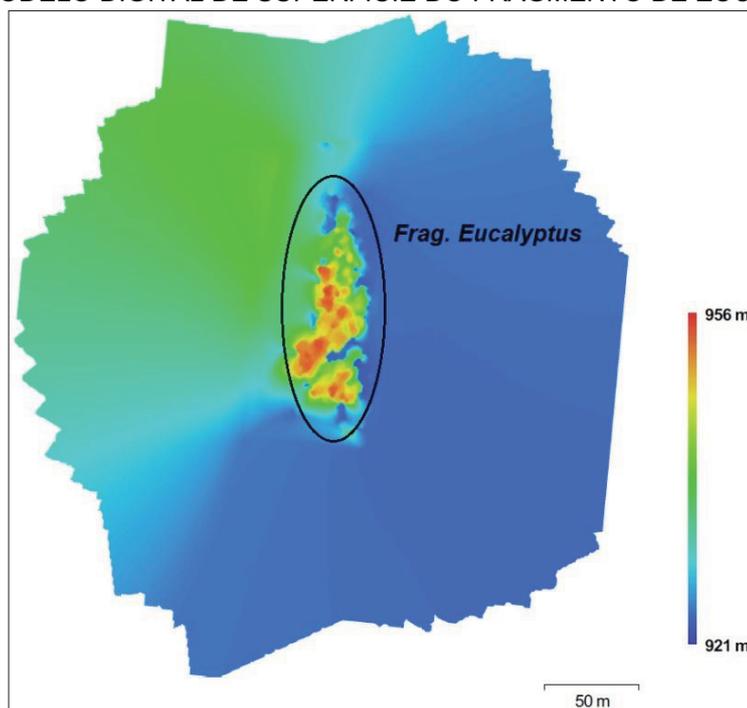


FONTE: O AUTOR (2018).

Ressalta-se que existem métodos e técnicas mais precisos para mensuração da altura de povoamentos florestais, como a análise do MDS e MDT (Modelo digital do terreno) para a obtenção da altura de alvos de interesse.

O termo MDS representa a superfície do terreno acrescida de quaisquer objetos existentes sobre ela, como árvores e construções, sendo a superfície representada pelo seu topo, já o MDT representa a superfície real do terreno, ou seja, as feições que estão diretamente acima do solo (COSTA, 2014).

A (FIGURA 9) representa o MDS obtido a partir do *software* Agisoft, para mensuração da altura do fragmento de *Eucalyptus* spp., sendo verificado o desnível máximo de 35m, que corresponde às árvores dominantes do fragmento, conforme constatado em campo pela verificação da altura do RPA em relação ao solo.

FIGURA 9 – MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE DO FRAGMENTO DE *EUCALYPTUS SPP.*

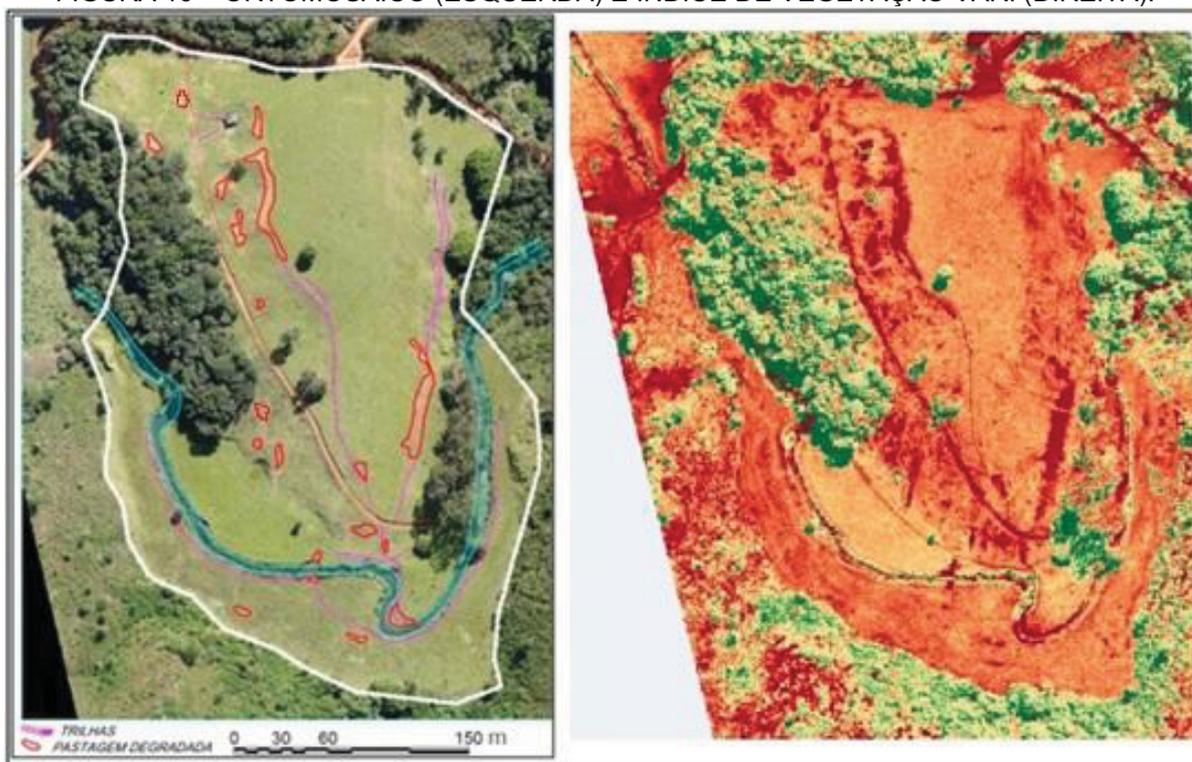
FONTE: O AUTOR (2018).

O GSD de 4,43 *cm/pixel* obtido com o imageamento com Drone, foi satisfatório, no entanto, é possível obter GSD abaixo de 4,43 *cm/pixel* realizando voos abaixo de 150m de altura, com o sensor embarcado no Phantom 4 *Advanced*, conforme verificado neste estudo, voando a 120 m de altura, obteve-se GSD de 3,71 *cm/pixel*.

Candido *et. al* (2014) concluiu que a resolução pode ser melhorada no planejamento do voo do VANT, para que atenda os objetivos de cada trabalho, uma vez que a resolução espacial das fotografias aéreas é diretamente proporcional à altitude do voo.

A (FIGURA 10) representa a vetorização das trilhas de bovinos e pastagens degradadas (esquerda), e o mapa NDVI (à direita), ambos obtidas pelo processamento automático através do site da DroneDeploy. Áreas com ausência, ou pouca vegetação, são representadas pela cor vermelha, sendo possível identificar e comparar com o ortomosaico, feições do terreno como, estradas internas, áreas com pastagens degradadas e trilhas.

FIGURA 10 – ORTOMOSAICO (ESQUERDA) E ÍNDICE DE VEGETAÇÃO VARI (DIREITA).



FONTE: O AUTOR (2018).

Por meio de ferramentas e *softwares* de Geoprocessamento, como a técnica da classificação supervisionada, é possível também mapear estradas, trilhas e pastagens degradadas, sendo inclusive o mais recomendado para grandes propriedades, para eliminação da etapa de vetorização manual das feições, de forma a propiciar otimização no trabalho de escritório.

Vale *et al.* (2018) apud Bernardi (2007) citou que a classificação supervisionada se baseia na identificação de diferentes classes com comportamentos espectrais diferenciados. Para isso, algoritmos de classificação são adotados para extrair as feições de interesse em um espaço multidimensional.

Ataíde (2016) em seu trabalho sobre a Aplicação de VANT no mapeamento do uso e cobertura do solo e na geração de modelos 3D da paisagem, concluiu que a utilização do VANT Phantom 3 Professional juntamente com o software de processamento PhotoScan, permitiu a obtenção de imagens com alta resolução espacial e precisão, necessária para os estudos do uso e cobertura do solo utilizando feições da paisagem num maior nível de detalhamento. Além disso, a obtenção de modelos tridimensionais por meio de ortofotos geradas por VANT é viável, sinalizando potencialidades de uso na mensuração florestal.

As áreas mais críticas com pastagens degradadas, foram quantificadas em 0,24 ha, ou seja, 3,04% da área total de pastagens da propriedade. As trilhas principais de deslocamento de bovinos, totalizaram um percurso de 1,2 km, e área de 0,05 ha, conforme representado no (QUADRO 2), com a quantificação também das demais classes elaboradas para esta pesquisa, sendo ainda classificadas em dentro e fora de APP (Área de preservação permanente).

QUADRO 2 – QUANTIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA.

	APP (ha)	FORA de APP (ha)	TOTAL (ha)
Floresta Nativa	0,35	0,64	0,99
Eucalyptus spp.	0,03	0,14	0,17
Estrada / Acesso	–	0,11	0,11
Rio (lâmina d'água)	0,33	–	0,33
Pastagem	0,50	7,40	7,90
TOTAL	1,21	8,29	9,50
Pastagem Degradada	0,24 ha = 3,04% da área total de pastagem		
Trilhas - Bovinos	0,05 ha Percurso total 1220 m		

FONTE: O AUTOR (2018).

Linhares (2016) conclui que de modo geral, o VANT é uma ferramenta apta para servir de plataforma para a aplicação de técnicas do Sensoriamento Remoto na avaliação e monitoramento de áreas de pastagem. Os variados modelos, bem como as muitas opções de sensores, abrem uma ampla gama de possibilidades para a atuação dessas aeronaves no auxílio à gestão da pastagem.

O Ortomosaico georreferenciado obtido com o aerolevanteamento, é o resultado do processamento das imagens com coordenadas geográficas, obtidas pelo receptor GNSS do DRONE. Com o rastreamento de pontos de controle em campo, com receptores GNSS geodésicos, é possível melhorar a acurácia do ortomosaico.

Viana (2017) em seu trabalho sobre a Análise da qualidade cartográfica de MDS e MDE gerados por VANT e refinados com uso de dados GNSS RTK, concluiu que a integração dos dados obtidos por VANT com os dados levantados por receptor GNSS RTK, apresentaram melhorias na classificação dos modelos de elevação do terreno. O refinamento dos modelos feito com a utilização de pontos

coletados por receptor GNSS RTK melhorou a qualidade posicional, demonstrando ser um método promissor para gerar modelos de maior qualidade posicional.

O (QUADRO 3) representa as configurações dos voos, sendo classificados como principal (propriedade total) e secundário (*Eucalyptus*), e os resultados obtidos de acordo com os relatórios dos processamentos do Drone Deploy, com destaque para as precisões verticais submétricas.

QUADRO 3 - CONFIGURAÇÃO E RESULTADOS DOS VOOS.

Altura do voo (m)	Sobreposição Frontal	Sobreposição Lateral	GSD (cm)	Precisão Relativa Horizontal Aproximada (m)	Precisão Relativa Vertical Aproximada (m)
149.96	80%	75%	4.43	6.53	0.79
120.01	80%	75%	3.71	1.96	0.97

FONTE: O AUTOR (2018).

Foi verificada melhor precisão geográfica das coordenadas no voo secundário, que sobrevoou somente a área e *Eucalyptus*. Esta melhor acurácia pode ser atribuída à velocidade de execução do voo, tendo em vista que o voo (secundário) 3D sobre o fragmento foi executado à 5m/s, enquanto o voo principal da área total, foi realizado com a velocidade de 11 m/s. A diminuição de 30 m na altura do RPA no segundo voo, também pode ter contribuído para a melhor acurácia do voo secundário.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os variados modelos de RPA/Drones, sem dúvida podem proporcionar ganhos significativos de qualidade e quantidade de informações em projetos ambientais e florestais, tendo em vista que é possível visualizar e quantificar inúmeras informações nos ortomosaicos obtidos no imageamento com estes equipamentos, de forma rápida e com custo-benefício atrativo, além da resolução espacial centimétrica que propicia a identificação de diversos alvos de interesse.

No entanto, algumas informações ficam claramente visíveis, como a delimitação de florestas nativas, pastagens ou áreas cultivadas, já outras informações como pastagens degradadas e mapeamento de trilhas exigem mais atenção do profissional que fará a extração das informações por meio da fotointerpretação e vetorizações.

A acurácia do receptor GNSS embarcado no Drone apresentou bons valores para o mapeamento proposto, sendo a acurácia média dos dois voos igual à 4,25 m (horizontal) e 0,88 m (vertical). Com o rastreamento de pontos de controle terrestres com receptores GNSS geodésicos, é possível realizar a correção das coordenadas e atingir valores centimétricos de acurácia no ortomosaico.

REFERÊNCIAS

- ALVES JÚNIOR, L. R. **Análise de produtos cartográficos obtidos com câmera digital não métrica acoplada a um Veículo Aéreo Não Tripulado em áreas urbanas e rurais no Estado de Goiás**. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2015.
- AMARAL, M.V.F.; SOUZA, A.L.; SOARES, V.P.; SOARES, C.P.B.; LEITE, H.G.; MARTINS, S.V.; FILHO, E.I.F.; LANA, J.M. **Avaliação e compação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal**. Revista *Árvore*, vol. 33, n. 3, p. 575-582, jun/2009, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ATAÍDE, D. H. S. **Aplicações de VANT no mapeamento do uso e cobertura do solo e na geração de modelos 3D da paisagem**. 3-4-28 f. Trabalho de Graduação (Bacharel em Engenharia Florestal) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.
- BARBOSA, A.H.S; CARVALHO, R.G.; CAMACHO, R.G.V. **Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte**. Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo, V. 33 128-143, 2017.
- BATISTA, G. **Apostila introdutória de sensoriamento remoto e Geoprocessamento**. Universidade de Taubaté. 2003. 10, 48 f, Taubaté-SP, 2003.
- BURROUGH, P.A. 1995. **Spatial aspects of ecological data**. In: R.H.G. Jongman; C. J. F. Ter Braak & O.F.R. Van Tongeren, (eds.). *Data analysis in community and landscape ecology*. UK, Cambridge University Press.
- CANDIDO, A. K. A. A.; ENCINA, C. C. C.; SCHLICHTYING, A. F.; HAUPENTAL, M. R.; FILHO, A. C. P.; JUNIOR, J. M.; SILVA, N. M. **Modelo Digital de Superfície gerado a partir de imagens de VANT**. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS. Novembro 2014. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 296-303.
- CARNEIRO, D. C. **Uso de sensoriamento remoto como ferramenta para estimar características dendrométricas de um povoamento de *pinus taeda***. 15 f. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2015.
- CARVALHO, E. T. **Carta Geotécnica de Ouro Preto**. Dissertação de Mestrado. Universidade Nova Lisboa. Lisboa. 1982. 92p.
- COSTA, F.S. **Extração fotogramétrica de modelos digitais de superfície: Um estudo comparativo para a bacia hidrográfica do Rio Piabanha/RJ**. 34-35 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

DEUS, B. R. B. S. **Mapeamento 3D com Drone para suporte ao BIM aplicado a Arquitetura**. 27-28 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

DRONEDEPLOY. Disponível em: < <https://blog.dronedeploy.com/identifying-crop-variability-whats-the-difference-between-ndvi-false-ndvi-and-vari-plant-health-98c380381a33>>. Acesso em 08 mar. 2019.

DUTRA, E. P.; GUIMARÃES, A.M. Uso de VANTs na Agricultura - Obtenção e tratamento de dados. X Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2015, Ponta Grossa - PR.

GRAÇA, N.L.S.D.S., MITISHITA, E. A, & GONÇALVES, J. E. Use of UAV platform as an autonomous tool for estimating expansion on invaded agricultural land. Boletim de Ciências Geodésicas, v. 23, n. 3, p. 509-519, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/s1982-21702017000300034>.

JUNIOR, J. T. C. **O uso de VANT no monitoramento ambiental: Estudo de caso do Rio M'Boicy**. 28 f. Trabalho de Graduação (Bacharel em Geografia) - Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2017.

LINHARES, M. M. A. **Uso de veículo aéreo não tripulado na determinação de índice de vegetação em área de pastagem em Nova Mutum-MT**. 24,32,33,95 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

Ministério da Defesa - Comando da Aeronáutica, Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria DECEA No 415/DGCEA, DE 9 DE Novembro de 2015. ICA 100-40 **Sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro. 2015**.

MUNDO GEO. **Números atualizados do bilionário mercado de sensoriamento remoto**. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2018/03/13/numeros-atualizados-do-bilionario-mercado-de-sensoriamento-remoto/>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

NERI, S. H. A. **A utilização das ferramentas de geoprocessamento para identificação de comunidades expostas a hepatite a nas áreas de ressacas dos municípios de Macapá e Santana/AP**. 3 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2010, 387 f.

OLIVEIRA SOBRINHO, M.F.; CORTE, A.P.D.; VASCONCELLOS, B.N.; SANQUETTA, C.R.; REX, F.E. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) para

mensuração de processos florestais. Centro BIOFIX de Pesquisa em Biomassa e Sequestro de Carbono Universidade Federal do Paraná – UFPR. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.15 n.27; p.117, 126, jun. 2018.

RUGGIERO, P.G.C.; PIVELLO, V.R.; SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E.; NETO, A.G.P. **Relação entre solo, vegetação e topografia em área de cerrado (Parque Estadual de Vassununga, SP): como se expressa em mapeamentos?** Acta bot. bras. 20(2): 383-394. 2006. Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. Números do Cadastro Ambiental Rural. Disponível em < <http://www.florestal.gov.br/numeros-do-car>>. Acesso em: 08 ago. 2018.

SOUZA, C. C.; MOREIRA, A. A.; SCHIMITH, R. S.; BRANDÃO, P. C.; SILVA, E. **Técnicas de sensoriamento remoto como subsídios aos estudos de florestas implantadas no Brasil - Uma revisão bibliográfica.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 409-413-417, out-dez, 2007.

VALE, J.R.B.; COSTA, J.A.; SANTOS, J.F.; SILVA, E.L.S.; FAVACHO, A.T. **Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de Medicilândia, Pará.** Revista de Geografia e Interdisciplinaridade. InterEspaço Grajaú/MA v. 4, n. 13 p. 29-30 jan./abr. 2018

VEIGA , L. A. K.; ZANETTI, M.A.Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos da Topografia.** Universidade Federal do Paraná, Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. Curitiba, 2012.

VIANA, D.C. **Análise da qualidade cartográfica de MDS e MDE gerados por VANT e refinados com uso de dados GNSS RTK.** 48 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de Magister Scientiae. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG 2017.