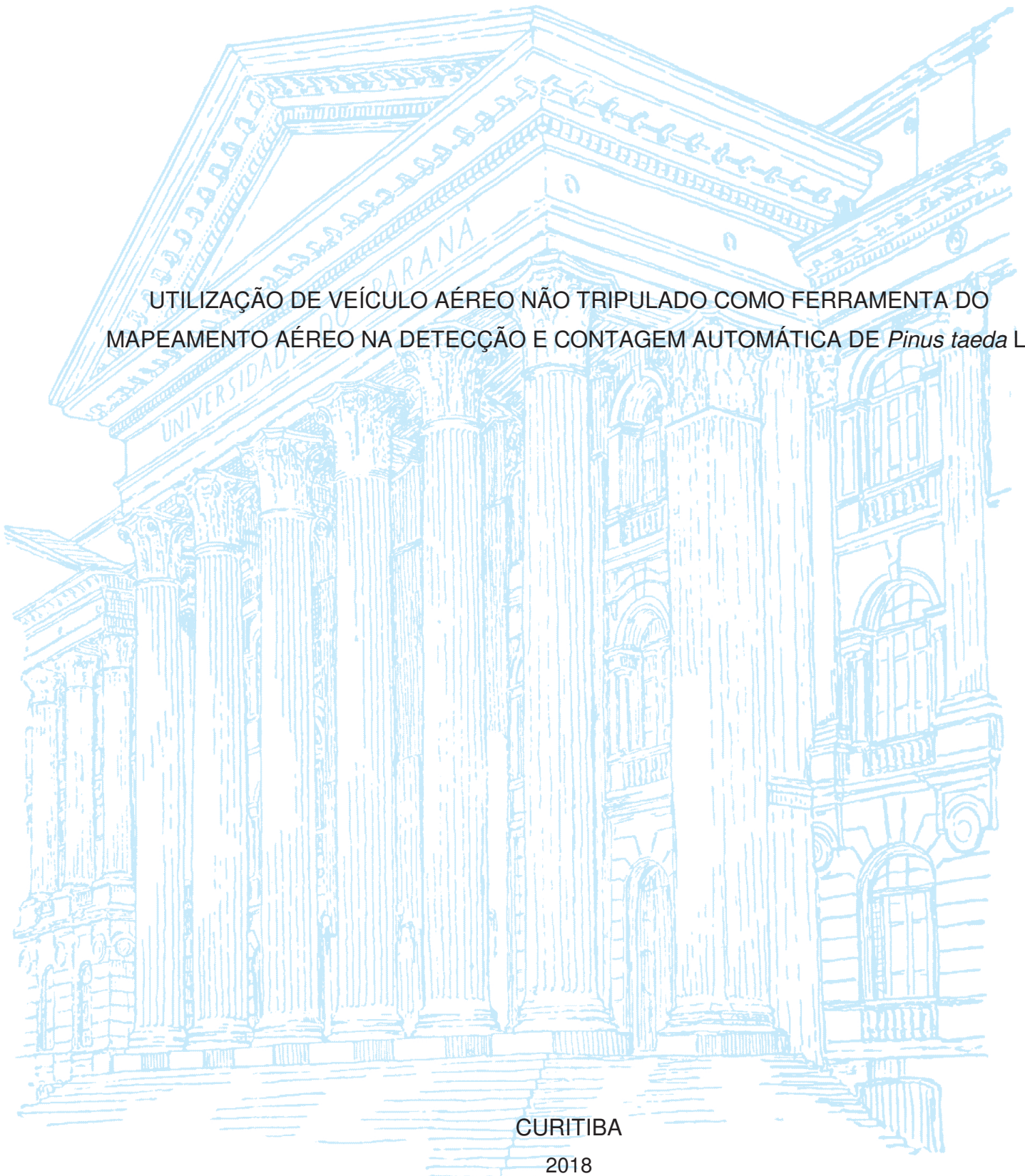


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDERSON BREDA

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO COMO FERRAMENTA DO
MAPEAMENTO AÉREO NA DETECÇÃO E CONTAGEM AUTOMÁTICA DE *Pinus taeda* L.



CURITIBA

2018

ANDERSON BREDA

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO COMO FERRAMENTA DO
MAPEAMENTO AÉREO NA DETECÇÃO E CONTAGEM AUTOMÁTICA DE *Pinus*
taeda L.

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação MBA em Gestão Ambiental, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Ambiental.

Orientador(a): Prof(a). Bruna Nascimento de Vasconcellos

CURITIBA

2018

RESUMO

A busca e necessidade pelo aumento de produção é constante em qualquer área, na silvicultura não é diferente. Para esse aumento de produtividade faz-se necessário a utilização de técnicas que melhorem a gestão de informações da produção, dentre elas está a utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) para a contabilização automática ou manual do número de indivíduos na floresta. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi atestar a eficácia do mapeamento aéreo através do VANT e, também, avaliar e comparar os resultados obtidos através de dois softwares distintos para a contagem automática do número de indivíduos de *Pinus taeda* na área analisada, o software da SoftMapping baseado em redes neurais e a ferramenta TreeDetect do software ArcGis. Antes da utilização do software de contagem automática, foi realizada a contagem manual do número de indivíduos, considerada como verdade de campo. O software da SoftMapping apresentou um superestimativa de 14,1% na contagem quando comparado ao resultado obtido na etapa manual. A ferramenta TreeDetect também apresentou uma superestimativa na contagem, chegando a 9,39% de diferença em relação a contagem manual. Apesar da diferença encontrada, os resultados obtidos com os dois softwares mostraram-se satisfatórios. A ferramenta TreeDetect mostrou-se mais eficiente neste estudo quando comparado ao outro software. Futuramente, torna-se importante a utilização de outros fatores para estudo, como o uso de diferentes sensores, a combinação de bandas espectrais e a variação de parâmetros.

Palavras-chave: Drone. Ortomosaico. VANT. Rede neural.

ABSTRACT

The quest for and need for increased production is constant in any area, in forestry it is no different. For this increase in productivity, it is necessary to use techniques that improve the management of production information, among which is the use of unmanned aerial vehicles (UAV) for automatic or manual counting of the number of individuals in the forest. In this sense, the objective of this work was to prove the effectiveness of the aerial mapping through the UAV and also to evaluate and compare the results obtained through two different software for automatic counting of the number of *Pinus taeda* L. individuals in the analyzed area, the SoftMapping software based on neural networks and the TreeDetect tool of ArcGis software. Before using the automatic counting software, the number of individuals was counted manually, considered as field truth. The SoftMapping software presented an overestimation of 14.1% in the count when compared to the result obtained in the manual step. The TreeDetect tool also presented an overestimate in the count, reaching a 9.39% difference in relation to manual counting. Despite the difference found, the results obtained with the two software were satisfactory. The TreeDetect tool proved to be more efficient in this study when compared to other software. In the future, it is important to use other factors for study, such as the use of different sensors, the combination of spectral bands and the variation of parameters.

Keywords: Drone. Orthosomal. UAV. Neural network.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DRONE INSPIRE 1, UTILIZADO NA REALIZAÇÃO DO TRABALHO..	14
FIGURA 2 – CONTAGEM MANUAL DE INDIVÍDUOS ATRAVÉS DO SOFTWARE PHOTOSCAN.....	15
FIGURA 3 – ETAPAS DO PROCESSAMENTO DESENVOLVIDO PELO SOFTWARE DA SOFTMAPPING.....	16
FIGURA 4 – ORTOMOSAICO GERADO COM RESOLUÇÃO DE 3,41 CM/PIXEL..	17
FIGURA 5 – CONTAGEM MANUAL DE INDIVÍDUOS NO PHOTOSCAN.....	18
FIGURA 6 – VISÃO GERAL DO RASTER GERADO NO SOFTWARE DA SOFTMAPPING SOBREPOSTO AO ORTOMOSAICO NO GLOBAL MAPPER.....	19
FIGURA 7 – LOCAIS EM QUE O SOFTWARE SUPERESTIMOU O NÚMERO DE INDIVÍDUOS... ..	20
FIGURA 8 – VISÃO GERAL DO RASTER APÓS APLICAÇÃO DA FERRAMENTA TREEDETECT	21
FIGURA 9 – LOCAIS DE FALHA NA CONTABILIZAÇÃO DA FERRAMENTA.....	21

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NA CONTAGEM MANUAL COM OS MÉTODOS DE DETECÇÃO AUTOMÁTICA	22
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

MDS	- Modelo Digital de Superfície
MP	- Megapixels
SIG	- Sistema de Informações Geográficas
VANT	- Veículo Aéreo Não Tripulado
.SHP	- Shapefile

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
1.1.	OBJETIVOS	10
1.1.1.	Objetivo Geral:	10
1.1.2.	Objetivos Específicos:	10
1.2.	JUSTIFICATIVA	10
1.3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	11
1.3.1.	Geotecnologias:	11
1.3.2.	Sistemas de Informações Geográficas	11
1.3.3.	Sensoriamento Remoto	11
1.3.4.	Resolução Espacial	12
1.3.5.	Ortofoto	12
1.3.6.	Aplicações no setor florestal	12
2.	MATERIAIS E MÉTODOS	14
	LOCAL DO EXPERIMENTO	14
2.1.	COLETA DAS IMAGENS	14
2.2.	PROCESSAMENTO FOTOGRAMÉTRICO	14
2.3.	CONTAGEM DE INDIVÍDUOS	15
2.3.1.	Software da SoftMapping	15
2.3.2.	Ferramenta TreeDetect	16
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1.	ORTOMOSAICO ATRAVÉS DO AEROLEVANTAMENTO	17
3.2.	CONTAGEM MANUAL DO NÚMERO DE INDIVÍDUOS	18
3.3.	CONTAGEM AUTOMÁTICA PELO SOFTWARE DA SOFTMAPPING	19
3.4.	CONTAGEM AUTOMÁTICA PELA FERRAMENTA TREEDETECT	20
4.	CONCLUSÃO	23
4.1.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	23
	REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

Apesar da fotogrametria ter se popularizado apenas nos últimos tempos, ela é uma ciência considerada antiga. Segundo Coelho e Brito (2007) ela teve seu surgimento entre 1849-1900 na França e, passou por várias fases como Analógica e Analítica, até chegar a era que vivemos hoje, da Fotogrametria Digital.

A Fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição, interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes (ASP,1980).

De acordo com Silva (1999), a fotogrametria digital é a parte que trata dos aspectos geométricos do uso de fotografias, com a finalidade de obter valores precisos de medidas e formas, baseando-se apenas em imagens digitais, armazenadas em meio magnético, na forma de pixels. Ela é totalmente baseada no princípio da estereoscopia e na orientação analítico-digital das fotos.

Segundo Nóbrega e Moura (2013) o desenvolvimento da capacidade de processamento dos computadores, principalmente nos anos 90, foi o que possibilitou a ascensão da fotogrametria digital, permitindo o processamento de uma grande quantidade de dados.

A fotogrametria tem utilização em diversas áreas, como planejamento urbano, monitoramento de áreas, agricultura, medicina, trabalhos em geral de arquitetura e engenharia, ou trabalhos científicos que necessitem precisão aliada à qualidade posicional (REISS, 2007).

Dentro desse contexto, a tecnologia que veio para revolucionar a aerofotogrametria são os VANT's (Veículos Aéreos não Tripulados). Eles são aeronaves que podem atuar de forma autônoma ou remotamente pilotadas e que incluem uma grande quantidade de marcas e modelos. Segundo a ABA (Associação Brasileira de Aeromodelismo, 2005), Vant é um veículo capaz de voar na atmosfera, projetado para não receber um piloto humano e que é operado de modo autônomo ou por controle remoto (RASI, 2008).

O desenvolvimento de veículos aéreos não tripulados (VANT) nos últimos anos rapidamente começou a ser utilizado em muitas aplicações florestais, como a detecção de árvores individuais (HUNG *et al.*, 2012; WALLACE *et al.*, 2016; MOHAN *et al.*, 2017; NEVALAINEN *et al.*, 2017).

Essa tecnologia é facilmente difundida por vários motivos, em função do baixo custo comparado a tecnologias similares, possibilidade de obter dados de alta resolução, flexibilidade independentemente da coleta de dados e capacidade de usar diversos sensores no mesmo veículo conforme a aplicação (NEX; REMONDINO, 2014; SALAMÍ et al., 2014).

De acordo com Anderson e Gaston (2013), desde seu aparecimento, os Vant's têm oferecido oportunidades promissoras no monitoramento de fenômenos ambientais. 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, destaca-se como alternativa mais viável (GRAÇA, 2017).

A utilização desta tecnologia no setor florestal torna-se cada vez mais importante. O aumento da demanda por produtos florestais exige cada vez mais o emprego de práticas de manejo para obter aumento da produção (OLIVEIRA SOBRINHO, 2016). Apesar das altas produtividades das florestas plantadas para fins madeireiros no Brasil, na maioria dos plantios florestais, as operações silvicultoras são realizadas com equipamentos não eficientes ou adequadas às necessidades operacionais, resultando em baixa precisão do trabalho realizado (ALEMDAG, 1991).

Com recursos capazes de gerar imagens com maior nível de detalhes que os satélites tradicionais, os Vants representam ferramentas auxiliares no processo de gerenciamento operacional (MOLIN, 2011).

Buscando o aumento da produtividade, aproveitando ao máximo cada plantio, a silvicultura de precisão através do manejo diferenciado das áreas tem sido adotada. O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) e sensoriamento remoto, pode gerar otimização das operações, melhoria na produtividade das florestas, aumento no rendimento das máquinas, redução de custos e o fornecimento de informações para a gestão e tomadas de decisão rápida, precisa e eficaz (MANTOVANI et al., 1998).

A silvicultura de precisão representa uma nova forma de produção e administração das florestas, na qual, baseia-se na coleta e análise de dados geoespaciais e viabiliza intervenções localizadas na floresta, com exatidão e precisão adequadas (ALEMDAG, 1991).

De acordo com Rodriguez (2001), é preciso gerenciar aspectos operacionais através do monitoramento de produção, com o intuito de identificar situações que possam causar uma produtividade baixa, e a utilização de recursos tecnológicos tem aumentado gradativamente para a realização desta atividade.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral:

Avaliar a eficiência de métodos de contagem automática de povoamento de *Pinus* através do mapeamento aéreo realizado com Vant.

1.1.2. Objetivos Específicos:

- Realizar o aerolevanteamento em uma área de *Pinus Taeda* L.;
- Avaliar a evolução e qualidade do mapeamento aéreo com Vant;
- Avaliar a eficácia e os principais pontos da utilização desta metodologia para a contagem florestal;
- Atestar a eficiência de softwares de contagem automática dos indivíduos a partir do Ortomosaico;
- Comparar a precisão de softwares de contagem automática;

1.2. JUSTIFICATIVA

São inquestionáveis a capacidade e os resultados promissores que a utilização dos Vants como ferramenta do mapeamento aéreo apresentam, independente da área a ser utilizada. A utilização da ferramenta no meio florestal pode significar um grande avanço no manejo das florestas.

Para Medeiros (2007), no Brasil as pesquisas ainda são muito recentes e os principais trabalhos utilizando VANT's tem por finalidade o uso em aplicações civis, monitoramento, atividades agrícolas, acompanhamento de safra, inspeções de linhas de transmissão de energia, vigilância policial, controle de pragas e queimada.

Recentemente, Ruza et al. (2017) alcançaram resultados promissores em um estudo em que testaram o desempenho da técnica de redes neurais artificiais, em ortofotos obtidas por VANT, para a detecção automática de mudas de árvores. Estudos como esse comprovam a potencialidade do uso dessa ferramenta também no meio florestal.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficácia da utilização desta ferramenta do mapeamento aéreo, combinando com softwares de contabilização de indivíduos automática, visando aperfeiçoar as técnicas de contagem para que o tempo e qualidade de análises sejam cada vez melhores.

1.3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.3.1. Geotecnologias:

As geotecnologias também conhecidas como “geoprocessamento”, são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica (ROSA, 2011). Algumas das técnicas que englobam as geotecnologias são: Topografia, Fotogrametria, Cartografia, Sensoriamento Remoto, Posicionamento por Satélite, Geoestatística, Banco de Dados Geográficos, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e WebMapping (MEDEIROS, 2018).

1.3.2. Sistemas de Informações Geográficas

O nome Sistemas de Informações Geográficas muitas vezes é confundido com geoprocessamento. O geoprocessamento é o conceito mais abrangente e representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, enquanto um SIG processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase em análises espaciais e modelagens de superfícies (BURROUGH, 1987).

Segundo Câmara e Medeiros (1998), o termo SIG refere-se aqueles sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos, armazenando a geometria e os atributos dos dados georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica qualquer.

Para Bailey e Gatrell (1995), SIGs são softwares especializados para aquisição, edição, armazenamento, integração, análise e saída de dados distribuídos espacialmente. E, além de promoverem a integração entre os geo-objetos e os geo-campos, os SIGs possuem a capacidade de analisar, de forma espacial, uma grande variedade de dados em amplas regiões geográficas, para a extração de novas informações pertinente à tomada de decisões, permitindo que a ação de cada fator isolado e, em conjunto, seja avaliada rapidamente (CÂMARA E MEDEIROS, 1998).

1.3.3. Sensoriamento Remoto

Segundo Jensen (2000), o sensoriamento remoto pode ser definido como a arte e a ciência de se obter informações acerca de tudo que está presente em meio terrestre sem contato físico com o mesmo. As informações são obtidas utilizando-se a radiação eletromagnética refletida e/ou emitida pelos alvos, geradas por fontes naturais como o Sol e a Terra, ou por fontes artificiais como, por exemplo, o RADAR (NOVO, 1998; MOREIRA, 2003; ROSA, 1993).

Essas informações são obtidas através de um sensor. Para Rosa (2011), os

sistemas sensores utilizados na aquisição de dados podem ser classificados segundo a fonte de radiação (ativos e passivos), segundo a resolução espacial (imageadores ou não-imageadores) e segundo o sistema de registro (fotográficos ou não-fotográficos); como também possuem características próprias, como resolução temporal, espectral e espacial, que os diferencia em termos de aplicação.

O uso de VANT vem sendo adotado nos estudos de sensoriamento remoto, pois proporciona baixo custo de aquisição de dados e alta resolução espacial quando comparados a uma aeronave tripulada ou satélite para os mesmos fins (JENSEN, 2009).

1.3.4. Resolução Espacial

A resolução espacial está relacionada com a área da superfície terrestre imageada instantaneamente pelo sistema sensor (IFOV: *Instantaneous Field-of-View*), que, após ser reamostrada, é representada por um elemento na imagem digital denominado pixel (RIZZI, 2005).

Segundo Mather (1999), um sensor que possui uma baixa resolução espacial consegue imagear uma área maior da superfície terrestre analisada em cada captura, resultando em uma maior resolução temporal.

1.3.5. Ortofoto

De acordo com Nóbrega e Moura (2013), as imagens obtidas pelas câmeras convencionais encontram-se em perspectiva central, onde os raios de luz advindos de diferentes pontos imageados, passam por um só ponto (centro perspectivo), localizado no sistema óptico da câmara. Portanto, a ortofoto é uma imagem representando as feições de forma ortogonal, sempre na mesma escala, corrigindo o deslocamento devido ao relevo e possíveis rotações da câmera, gerando um produto equivalente a um mapa.

Segundo Idoeta (2007), devido a sua correção planimétrica, as ortofotos podem ser utilizadas como mapas, sendo possível realizar diretamente medidas de distâncias, posições e áreas, ângulos, sendo dispensada a necessidade de correções devido ao deslocamento da imagem em função do relevo e da inclinação da tomada.

1.3.6. Aplicações no setor florestal

O setor brasileiro de árvores plantadas ocupa cerca de 0,9% do território nacional, sendo responsável por 91% de toda madeira produzida para fins industriais no país, enquanto apenas 9% da madeira industrial é produzida de matéria-prima originária de florestas nativas (IBÁ, 2015).

Dentre os vários produtos do setor florestal, o plantio de árvores desempenha um papel importante na prestação de serviços ambientais, atuando na conservação e preservação do solo, evitando o desmatamento, recuperando áreas degradadas e contribuindo para a redução das emissões de gases causadores do efeito estufa (IBÁ, 2015).

Uma das etapas importantes para o manejo das florestas são os inventários florestais. Segundo Ruza et al. (2017), os inventários podem ter diversas abordagens, dentre elas, o levantamento de informações sobre a sobrevivência dos indivíduos. Para Oliveira et al. (2014), nos inventários realizados em florestas já formadas as estimativas são feitas com base na unidade de área, uma vez que o número de árvores não é constante e conhecido.

Identificar previamente a mortalidade e, garantir que a silvicultura possa intervir a tempo, para que no futuro, os plantios sejam mais homogêneos, é uma das justificativas da importância dos inventários florestais de sobrevivência (RUZA et. Al., 2017).

Os valores de mortalidade/sobrevivência podem ser realizados através da utilização de VANT. Segundo Oliveira et al. (2014) é possível a aplicação de imagens de satélite com alta resolução espacial para identificar os índices de mortalidade e sobrevivência. Logo, como os VANTs possuem resolução espacial superior aos satélites, a utilização deles torna-se justificada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Local do experimento

Foi realizado o mapeamento aéreo sobre uma área de domínio particular localizada no município de Palmeira-PR, localidade de Santa Bárbara. A utilização das informações da área, bem como o sobrevoo do local e todas as etapas envolvidas foram autorizadas pelo proprietário.

A floresta analisada é de *Pinus Taeda* L. com espaçamento de 2x2,5 metros em uma área de aproximadamente 5 hectares e 8 anos de idade.

2.2. Coleta das imagens

O sobrevoo da área foi feito em duas etapas, em escritório foi realizado o planejamento da melhor rota e características de voo, após isso foi executado o plano de voo em campo. O mapeamento foi realizado a uma altura de 120 metros, com sobreposição de imagens de 75% frontal e 75% lateral e uma velocidade de vôo de 10 m/s.

Os voos foram feitos utilizando o Drone Inspire 1 (da fabricante chinesa DJI) equipado com a câmera X3 da mesma fabricante, com 12MP de resolução, sensor com tamanho de 6,17 x 4,55 mm e distância focal de 3,61 mm (Figura 1).



Figura 1. Drone modelo Inspire 1 com câmera X3 da fabricante DJI, utilizado na realização do trabalho.

2.3. Processamento fotogramétrico

Foram obtidas cento e quarenta e uma (141) fotografias aéreas da área. A

composição do ortomosaico se deu através da ortorretificação e identificação de pontos homólogos utilizando o software Agisoft PhotoScan Professional versão 1.4.2, chegando a um ortomosaico final com resolução espacial de 3,41 cm/pixel.

2.4. Contagem de indivíduos

Com o mosaico já processado e ortorretificado, primeiramente foi realizada a contagem manual do número de indivíduos na área, para que os métodos de contagem automática possam ser comparados. Para isso, foi utilizado o próprio software de processamento PhotoScan (Figura 2).



Figura 2. Contagem manual de indivíduos através do software PhotoScan.

Foram utilizados dois softwares distintos para contagem automática do número de indivíduos através da introdução do ortomosaico gerado, o software da SoftMapping e a ferramenta Tree Detect no software ArcGis.

2.4.1. Software da SoftMapping

O sistema utilizado se traduz na combinação de redes neurais, ferramentas Open Source e softwares programados em Python desenvolvidos de forma customizada. Os processos desempenhados na realização das análises estão descritos na Figura 3.

O software disponibiliza como produto um arquivo raster no formato shapefile (.shp) que posteriormente foi sobreposto e analisado ao ortomosaico utilizando o software Global Mapper.

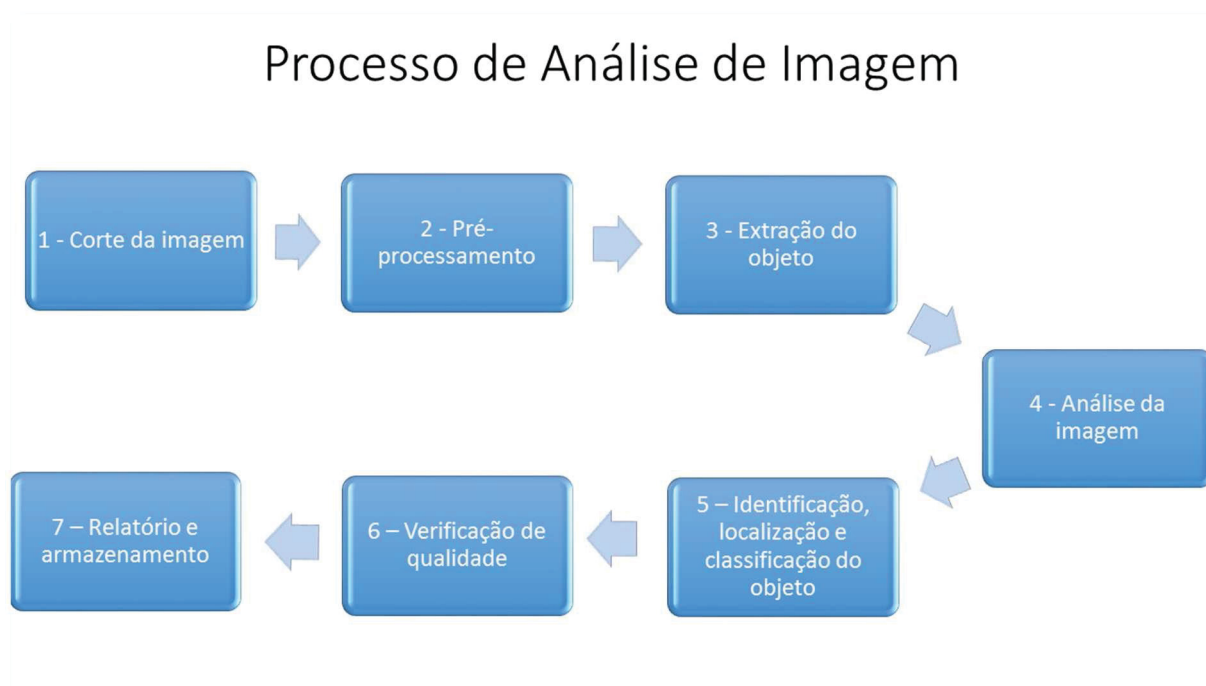


Figura 3. Etapas do processamento desenvolvido pelo software da SoftMapping.

2.4.2. Ferramenta TreeDetect

A metodologia utilizada para a aplicação da ferramenta no software ArcGis foi adaptada através de procedimentos realizados por Hentz et al. (2018). A ferramenta descrita por Hentz et al. (2018) utilizada neste trabalho é chamada TreeDetection. Para essa ferramenta usa-se três métodos: init (definindo nome e descrição da ferramenta), getParameterInfo (definindo os parâmetros necessários) e executar (código de execução primário).

Inicialmente são inseridos parâmetros de execução, sendo que primeiro é o raster que será utilizado para detectar a árvore, devendo ser um ortomosaico gerado por imagens obtidas por VANT. O segundo parâmetro é a resolução usada no processamento, tem um valor padrão de 0,5m e, quanto menor o valor selecionado, mais detalhado é o processo. O terceiro parâmetro é o valor de conversão que pode ser 1 ou -1, podendo inverter a estrutura do raster caso -1 seja selecionado. O quarto parâmetro representa a área mínima que a copa da árvore possui na área, usa-se um valor padrão de 3 m². Os dois últimos parâmetros são a taxa de suavização e a pasta de saída.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Ortomosaico através do aerolevanteamento

Com as 141 imagens obtidas pelo aerolevanteamento realizado, através da etapa do processamento fotogramétrico, foi elaborada a construção do ortomosaico georreferenciado. Na Figura 4 é possível visualizar a qualidade do ortomosaico construído a partir das imagens obtidas por VANT, apresentam uma alta resolução espacial e nível de detalhamento.



Figura 4. Ortomosaico gerado com resolução de 3,41 cm/pixel.

A resolução do ortomosaico gerado explica uma das principais vantagens da utilização de VANT quando comparado aos satélites, de modo que, apresenta resolução espacial alta e o nível de detalhamento extremamente elevado.

Além disso, destaca-se algumas vantagens do VANT quando comparado com outras formas de aquisição de imagem, seja ela por satélite, aviões, etc, pois possuem a facilidade de variar a altura de operação, conforme a resolução e nível de detalhamento desejado, bem como em áreas onde o predomínio de nuvens baixas

gera problemas na realização do mapeamento com aviões, de modo que, com os VANTs é possível realizar o voo abaixo delas.

3.2. Contagem manual do número de indivíduos

Após a geração do ortomosaico foi realizada a contagem manual dos indivíduos de Pinus. Como visualizou-se na Figura 4, a floresta plantada está localizada junto a floresta nativa em seus lados, portanto, torna-se imprescindível o alto nível de detalhamento da imagem para que fique visível a diferença entre as árvores nativas e as árvores plantadas.

Além disso, evidencia-se a presença de diversas falhas de plantio espalhadas pelo talhão analisado, falhas onde por algum motivo a planta não conseguiu se desenvolver e nenhuma medida corretiva foi feita a tempo para que a planta não tivesse seu crescimento comprometido.

Por meio da contagem manual chegou-se ao resultado de aproximadamente 6.134 indivíduos de *Pinus Taeda* L., conforme Figura 5. Ficou evidenciado dificuldade na contagem dos indivíduos devido a sua idade e tamanho, além da proximidade das copas das árvores.



Figura 5. Contagem manual de indivíduos no software PhotoScan.

3.3. Contagem automática pelo software da SoftMapping

O Processamento das informações através do software da SoftMapping se mostrou prático e eficiente, porém apresentou uma determinada extrapolação do número de indivíduos quando comparado ao resultado obtido no processo de contagem manual.

O resultado obtido foi um total de 7.002 indivíduos de *Pinus Taeda L.* (Figura 6), essa diferença de 868 indivíduos a mais do que o resultado da contagem manual pode ter sido influenciado por fatores como: idade da floresta, resolução espacial utilizada, hora do dia em que foram feitas as imagens, luminosidade resultante no ortomosaico.

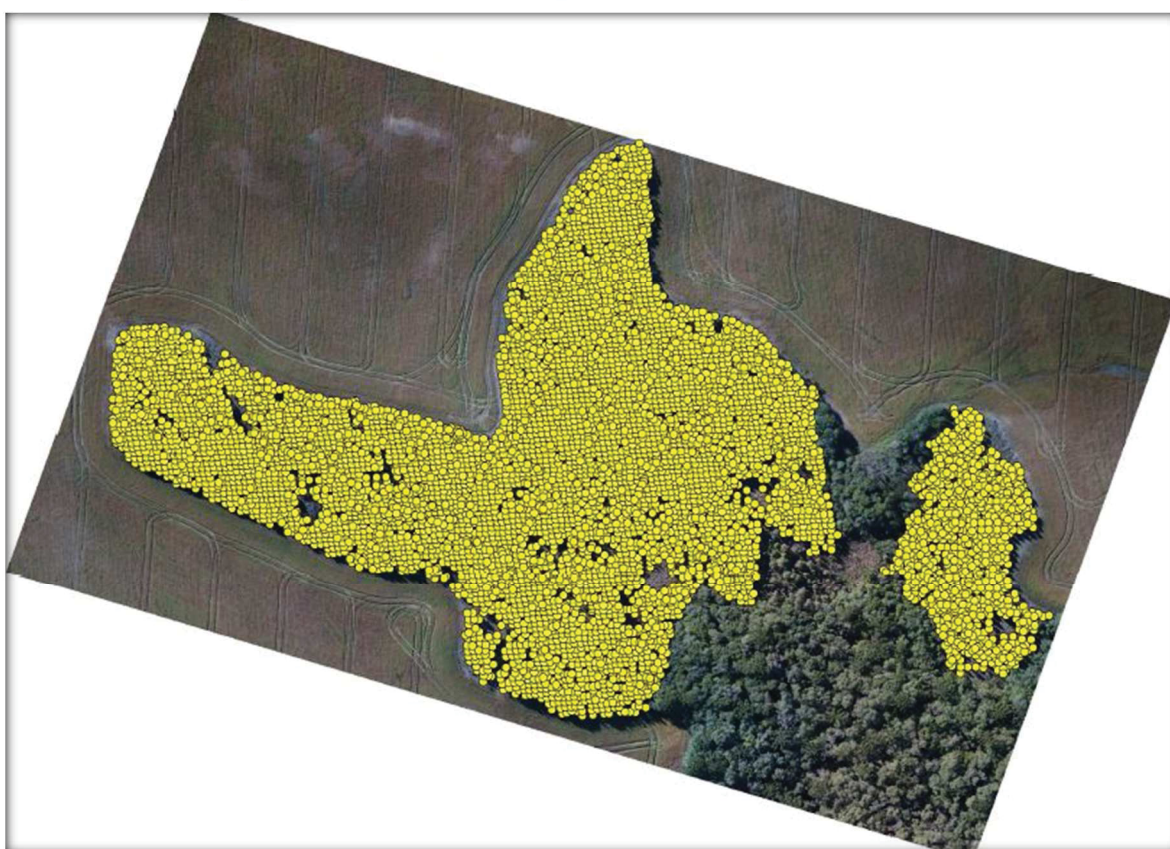


Figura 6. Visão geral do raster gerado no software da SoftMapping sobreposto ao ortomosaico no Global Mapper.

Nota-se que o software superestimou a quantidade de indivíduos, contando a mesma árvore mais de uma vez, conforme Figura 7. Isso pode ter acontecido pela proximidade das copas das árvores no ortomosaico. Notou-se também, certa dificuldade do software com relação aos indivíduos situados nas bordas da floresta, em confronto com a área sem vegetação.



Figura 7. Locais em que o software superestimou o número de indivíduos.

O fato do software utilizado nesta análise ter superestimado o número de indivíduos em 14,1% sobre o valor real contabilizado manualmente, mostra que talvez alguns fatores tenham influenciado na obtenção dos resultados, sendo eles desde a idade da floresta escolhida, bem como altura do voo que acabou resultando em uma resolução espacial muito alta, quando estudos como de Sakari et al. (2015) mostram que resoluções muito altas podem ser prejudiciais para os resultados.

Apesar do erro de 14,1% ser um número consideravelmente alto, podemos destacar dentro do esperado, Soares et al. (2015) encontraram em seu estudo resultados entre 10% e 79,2%, bem como Favarin et al. (2013) chegaram a valores próximos a 10%, em todos os casos trabalhados com árvores adultas, onde a dificuldade da análise torna-se maior.

3.3. Contagem automática pela ferramenta TreeDetect

O processamento das informações através da ferramenta TreeDetect dentro do software ArcGis apresentou alta facilidade de operação e eficiência, porém também apresentou uma extrapolação do número total de indivíduos quando comparado ao resultado obtido no processo de contagem manual.

O resultado obtido para a área em análise foi um total de 6.710 indivíduos de *Pinus Taeda* L. (Figura 8), sendo uma diferença de 576 indivíduos a mais que o número obtido na contagem manual. Esse erro aproximado de 9,39% deve também ter sido motivado pelos mesmos fatores que também dificultaram a contabilização pelo software da SoftMapping, sendo eles, idade da floresta, resolução espacial, hora do dia e luminosidade.



Figura 8. Visão geral do raster após aplicação da ferramenta TreeDetect.

A ferramenta TreDetect apresentou maior assertividade em identificar os indivíduos, principalmente duplicando algum indivíduo em menores quantidades do que o software da SoftMapping. O que ocasionou a extrapolação do número de indivíduos foi a ferramenta não identificar áreas onde há falhas de plantio, contabilizando em cima dessas áreas como se houvessem indivíduos (Figura 9).



Figura 9. Locais de falha na contabilização da ferramenta.

Os resultados alcançados com a ferramenta TreeDetect são satisfatórios, considerando as características da floresta analisada. Hentz et al. (2018) em seu estudo de caso onde analisou plantações adultas de pinus, não chegou a resultados tão satisfatórios usando uma alta resolução com o Modelo Digital de Superfície (MDS) gerado, chegando a uma diferença de até 30,47% com relação ao número de

indivíduos observado manualmente na imagem.

Todos os resultados alcançados com os dois modelos de software e ferramenta utilizados estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Comparação dos resultados obtidos na contagem manual com os métodos de detecção automática.

Espécie	Software	Contagem manual	Deteção automática	Diferença	Diferença (%)
<i>Pinus Taeda</i>	SoftMapping	6.134	7.002	868	14,1%
<i>Pinus Taeda</i>	TreeDetect	6.134	6.710	576	9,39%

A ferramenta TreeDetect pode ser utilizada com outros arquivos de entrada, Hentz et al. (2018) observaram que diversas fontes raster podem ser aplicadas para a detecção e, encontraram melhores resultados onde mais bandas espectrais foram utilizadas. Para Ke e Quackenbush (2011), o uso de uma banda pode apresentar resultados tão bons quanto o uso de uma soma de bandas, desde que seja usada uma banda com boa caracterização de vegetação, como a banda NIR.

4. CONCLUSÃO

Percebe-se uma crescente evolução nas imagens e no uso dos VANTs, de modo que, a qualidade alcançada é muito satisfatória e sua aplicação pode variar em diversas áreas.

A metodologia utilizada é de grande importância para a silvicultura, tendo em vista que, a utilização do mapa digital (ortomosaico) facilita a identificação de muitos casos de adversidade, como falhas no plantio que devem ser corrigidas.

De um modo geral, os dois softwares utilizados para a detecção automática apresentaram resultados satisfatórios, levando em conta os parâmetros e tipo de floresta analisados.

A ferramenta TreeDetect apresentou maior precisão quando comparado ao outro software de detecção automática. A metodologia utilizada talvez possa apresentar maior assertividade e precisão quando aplicada em florestas mais jovens.

4.1. Recomendações para trabalhos futuros

Recomenda-se testar a metodologia empregada neste estudo em florestas mais jovens e acompanhar o desenvolvimento da muda desde o plantio para que falhas possam ser identificadas e corrigidas. As ferramentas utilizadas são de alta aplicabilidade, podendo também em próximos trabalhos variar os tipos de detecção e bandas utilizadas, bem como os parâmetros utilizados nos softwares, para que resultados cada vez mais satisfatórios sejam encontrados.

REFERÊNCIAS

ALEMDAG, I. S. National site-index and height-growth curves for white spruce growing in natural stands in Canada. **Canadian Journal of Forest Research**, v.21, n.10, p.1466- 1474, 1991.

ANDERSON, K.; GASTON, K. J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, n. 3, p. 138-146, 2013. <https://doi.org/10.1890/120150>.

ASPRS. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. **American Society for Photogrammetry and Remote Sensing**, p. -, 1980.

BURROUGH, P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. **Clarendon Press, Oxford**. 193., 1987.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. de; Princípios Básicos em Geoprocessamento. In: Assad, E.D.; Sano, E.E. **Sistema de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA Cerrados, p.3-11, 2 ed. 1998, 434 p.

COELHO, Luiz; BRITO, Jorge Nunes. **FOTOGRAMETRIA DIGITAL**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2007. 196 p.

FAVARIN JAS, PEREIRA RS, PEGORARO AJ, LIPPERT DB Obtenção de fotografias aéreas de um povoamento de *Pinus taeda* L. com o VANT Microdrone MD4-1000. In: **Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto - SBSR, 16**, Foz do Iguaçu, Brasil. 2013.

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>.

HENTZ, Ângela Maria Klein et al. Treedetection: automatic tree detection using uav-based data. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 3, p.393-402, jul. 2018.

HUNG, C.; BRYSON, M.; SUKKARIEH, S. Multi-class predictive template for tree crown detection. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 68, n. 1, p. 170–183, 2012.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual**. Disponível em: http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf. Brasília, 2015. 77p.

IDOETA, Ivan Valeije. **METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO AUTOMATIZADA DE MODELO DIGITAL DE ELEVÇÃO E ORTOFOTO EM MÉDIA E PEQUENA ESCALA**. 2007. 215 f. Tese (Doutorado) -

Curso de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

JENSEN, J.R. Remote sensing of vegetation. In. **Remote sensing of the environment, an Earth resource perspective**. Upper Saddle River,NJ: Prentice Hall, 2000. 544 p, cap.10. p. 333-377.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: Uma perspectiva sobre recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

KE, Y.; QUACKENBUSH, L. J. A review of methods for automatic individual tree-crown detection and delineation from passive remote sensing. **International Journal of Remote Sensing**, v. 32, n. 17, p. 4725–4747, 2011.

MANTOVANI, E. C.; QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P. Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão. In: SILVA, F. M. **Mecanização e agricultura de precisão**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998.

MEDEIROS, Anderson. **O Geoprocessamento e Suas Tecnologias**. 2018. Disponível em: <<http://www.andersonmedeiros.com/geotecnologias-parte1/>>. Acesso em: 10 ago. 2018.

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MOHAN, M.; SILVA, C. A.; KLAUBERG, C.; JAT, P.; CATTI, G.; CARDIL, A.; HUDAK, A. T.; DIA, M. Individual Tree Detection from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Derived Canopy Height Model in an Open Canopy Mixed Conifer Forest. **Forests**, v. 8, n. 9, p. 340, 2017.

MOLIN, J. P. **Agricultura de Precisão**. In: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Agricultura de precisão – Boletim Técnico. Brasília: Mapa/ACS, 2011. p.05-27.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Minas Gerais, UFV. 307p. 2003.

NEVALAINEN, O.; HONKAVAARA, E.; TUOMINEN, S.; VILJANEN, N.; HAKALA, T.; YU, X.; HYYPPÄ, J.; SAARI, H.; PÖLÖNEN, I.; IMAI, N. N.; TOMMASELLI, A. M. G. Individual tree detection and classification with UAV-Based photogrammetric point clouds and hyperspectral imaging. **Remote Sensing**, v. 9, n. 3, 2017.

NEX, F.; REMONDINO, F. UAV for 3D mapping applications: A review. **Applied Geomatics**, v. 6, n. 1, p. 1–15, 2014.

NÓBREGA, Daniel Garcia; MOURA, Sidnei Rodrigues. **MAPEAMENTO PLANIALTIMÉTRICO PARA ESTUDO DE VIABILIDADE NA IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA NA ZONA SUL DE PORTO ALEGRE UTILIZANDO MÉTODOS FOTOGRAFÉTICOS**. 2013. 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Cap. 2. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/77754/000896694.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo, Edgard Blucher Ltda. 308p. 1988.

OLIVEIRA LT, OLIVEIRA TCA, CARVALHO LMT, BATISTA VTFP, FERREIRA MZ. **Influência da idade na contagem de árvores de *Eucalyptus sp.* com dados de LiDAR**. *Cerne*, 20(4): 557-565, 2014.

OLIVEIRA SOBRINHO, Marcos Fidêncio de. **USO DE VANT PARA MENSURAÇÃO DE PROCESSOS FLORESTAIS**. 2016. 24 f. TCC (Graduação) - Curso de Mba em Manejo Florestal de Precisão, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

RASI, J. R. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em pulverização agrícola**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

REISS, M. L. L. **RECONSTRUÇÃO TRIDIMENSIONAL DIGITAL DE OBJETOS À CURTA DISTANCIA POR MEIO DE LUZ ESTUTURADA**. 1. Ed. Presidente Prudente: UNESP, v. Único, 2007.

RIZZI, Rodrigo. **GEOTECNOLOGIAS EM UM SISTEMA DE ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SOJA: ESTUDO DE CASO NO RIO GRANDE DO SUL**. 2005. 216 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Inpe, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

RODRIGUEZ, L. C. E. Tornando o Planejamento Florestal Menos Complexo. **Revista da Madeira**, n.59, 2001.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia, EDUFU. 5. Ed. 109p. 2003.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 30 abr. 2011.

SALAMÍ, E.; BARRADO, C.; PASTOR, E. UAV flight experiments applied to the remote sensing of

vegetated areas. **Remote Sensing**, v. 6, n. 11, p. 11051–11081, 2014.

SAKARI T, BALAZS A, SAARI H, POLONEN I, SARKEALA J, VIITALA R **Unmanned aerial system imagery and photogrammetric canopy height data in area-based estimation of forest variables.** *Silva Fennica*, 49(5): 1-19. 2015.

SILVA, I. D. **CURSO DE FOTOGRAMETRIA DIGITAL.** São Paulo: USP, 1999.

SOARES P, FIRMINO P, TOMÉ M, CAMPAGNOLO M, OLIVEIRA J, OLIVEIRA B, ARAÚJO J, CÂMARA F A utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados no inventário florestal – o caso do montado de sobro. In: **Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia-CNCG**, 8, Lisboa, Portugal. 2015.

WALLACE, L.; LUCIEER, A.; MALENOVSKÝ, A.; TURNER, D.; VOPĚNKA, P. Assessment of forest structure using two UAV techniques: A comparison of airborne laser scanning and structure from motion (SfM) point clouds. **Forests**, v. 7, n. 3, p. 1–16, 2016.