



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANA CAROLINE LIMA FINOTI

**USO DO VANT NO CONTROLE DE QUALIDADE DE PLANTIOS CLONAIIS DE
EUCALIPTO**

Prof. Dr. Emanuel José Gomes de Araújo
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
JUNHO - 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ANA CAROLINE LIMA FINOTI

**USO DO VANT NO CONTROLE DE QUALIDADE DE PLANTIOS CLONAIIS DE
EUCALIPTO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheira Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. EMANUEL JOSÉ GOMES DE ARAÚJO
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
JUNHO – 2017

**USO DO VANT NO CONTROLE DE QUALIDADE DE PLANTIOS CLONAIIS DE
EUCALIPTO**

ANA CAROLINE LIMA FINOTI

Monografia aprovada em 08 de junho de 2017.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Emanuel José Gomes de Araújo – UFRRJ

Orientador

Prof. Hugo Barbosa Amorim - UFRRJ

Membro

Prof. Dr. Marco Antonio Monte - UFRRJ

Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Rubem e Eliana que são meus grandes incentivadores, motivadores, grandes exemplos de força, de fé e de amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me feito forte frente aos muitos obstáculos, por ter me dado coragem para seguir em frente quando eu tive medo. À Deus que cuidou de mim em cada detalhe, que me deu saúde, que colocou pessoas maravilhosas no meu caminho, que me deu uma família amorosa, que me abençoou e guiou os meus passos durante cada dia dessa jornada. Agradeço ao Deus soberano que me concedeu grandes oportunidades, que me deu sabedoria para seguir meu caminho com honestidade, amor e muita fé.

Agradeço aos meus pais Rubem e Eliana, por terem me apoiado desde o primeiro momento e em todos os momentos. Agradeço pelas renúncias que fizeram em meu favor, pelos conselhos e orações, pelo amor incondicional, por sempre acreditarem em mim. Sem vocês não teria chegado até aqui, essa conquista é de vocês. Ao meu pai, pelas ligações matutinas que foram meu combustível para seguir em frente, pela positividade, pelo apoio, por acreditar mais em mim do que eu mesma. À minha mãe, que me deu colo e secou minhas lágrimas nos momentos de desespero, que vibrou comigo em cada conquista, que sempre com amor e carinho me incentivou a seguir em frente.

Ao meu irmão Alexandre, pelo carinho, pela confiança, pelo apoio e pela amizade, me aguentando nos dias “estressantes” e alegrando a minha vida. Ao meu irmão Lucas, que teve papel fundamental na minha jornada, sou grata pelas várias vezes que me buscou de madrugada na Rod. Dutra nas idas e vindas de SP, pelas vezes que me levou tarde da noite na rodoviária ou no aeroporto, por ter estado sempre ao meu lado ouvindo minhas reclamações, carregando minhas malas e vibrando com as minhas alegrias, me dando conselhos e, principalmente, me dando apoio e dividindo os últimos semestres da vida universitária, muito obrigada.

À toda minha família, aos tios e tias, aos primos e primas, aos meus sobrinhos lindos, aos meus padrinhos e aos amigos ‘mais chegados que irmãos’, que acompanharam minha trajetória, que sempre torceram por mim e estiveram prontos a me ajudar.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, por me proporcionar experiências únicas, grandes oportunidades e amadurecimento pessoal e profissional. Sou Ruralina de coração e grata por cada experiência vivida neste lugar.

Aos grandes mestres da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que tanto contribuíram para minha formação, sou eternamente grata aos ensinamentos. Em especial, ao meu orientador Emanuel Araújo, que tornou esse trabalho possível, pela orientação, dedicação, paciência e aos ensinamentos, sou muito grata.

Aos amigos maravilhosos que a Rural me deu, por terem compartilhado momentos únicos durante essa jornada e por deixarem minha caminhada mais leve, por terem dividido os momentos difíceis e compartilhado também de muitas alegrias, muito obrigada.

À empresa Fibria Celulose, pela oportunidade de crescimento profissional, durante o período como estagiária, e por disponibilizar os dados que permitiram a realização deste trabalho.

Aos membros da banca, pelas considerações e por se disponibilizarem a contribuir para a melhoria deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação durante essa longa jornada, gratidão.

RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho do Vant (Veículo aéreo não tripulado), em relação aos métodos tradicionais realizados por equipes de campo, no controle de qualidade de plantios clonais de Eucalipto. Os métodos de avaliação foram: Avaliação Vant Censo (VC), Avaliação Vant Parcelas (VP), Avaliação do Controle de Qualidade aos 30 dias após o Plantio (Campo 30) e Inventário Florestal Qualitativo aos 6 meses após o Plantio (IFQ 6). As variáveis analisadas nos diferentes métodos foram: Densidade de Plantio (covas.ha^{-1}), Mudanças Fora do Padrão (%) e Mudanças Dentro do Padrão (%). Os métodos foram avaliados dois a dois (cruzamentos), de modo a conhecer a relação entre eles. A análise ocorreu a partir do cálculo das estatísticas descritivas, teste t, gráficos de validação e significância dos coeficientes da regressão linear simples, análise dos coeficientes de correlação, Índice de Willmott e Índice de Desempenho. Os métodos Vant Censo e Vant Parcelas geraram os melhores resultados e apresentaram Desempenhos Ótimos para as variáveis estudadas. Embora existam algumas limitações em sua aplicação, o monitoramento realizado pelo Vant ao ser comparado com os monitoramentos realizados por equipes de campo (Campo 30 e IFQ 6), demonstrou aplicação técnica viável, apresentando resultados satisfatórios que demonstraram o grande potencial desta ferramenta. Recomenda-se a realização de testes experimentais em campo para a proposição de melhorias e maior conhecimento das causas das variações entre esses métodos.

Palavras-chave: Inventário Florestal; Geotecnologia; Silvicultura de precisão.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the performance of UAV (Unmanned Aerial Vehicle) related to traditional methods performed by field teams in quality control of clonal Eucalyptus plantations. Four methods were evaluated: UAV Census (VC), UAV Plots (VP), Quality Control Evaluation at 30 days after Planting (Field 30) and Qualitative Forest Inventory at 6 months after Planting (IFQ 6). Three variables were analyzed for the different methods: Planting Density (pits.ha^{-1}), Out of Pattern Plants (%) and Plants Within Standard (%). The methods were evaluated two by two (crossings) in order to know the relations between them. The analysis was taken by descriptive statistics, t-test, validation graphs and significance of linear regression coefficients, correlation coefficient analysis, Willmott Index and Performance Index. The UAV Census and UAV Plots methods generated the best results and presented optimal performances for the studied variables. Although there are some limitations in its application, the monitoring performed by UAV when compared to field teams (Field 30 and IFQ 6), demonstrated feasible technical application, showing satisfactory results that demonstrate the great potential of this tool. It is important to consider experimental field tests to propose improvements and greater understanding of the causes of variations among the studied methods.

Keywords: Forest Inventory; Geotechnology; Precision forestry.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Controle de qualidade na atividade florestal.....	2
2.2. Variáveis mensuradas	2
2.3. Precisão e exatidão das tecnologias aplicadas	3
2.4. Silvicultura de Precisão	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1. Caracterização da área	6
3.2. Obtenção de dados	7
3.2.1. Métodos de avaliação qualitativa	7
3.2.2. Variáveis analisadas	9
3.3. Análise dos métodos	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4.1. Estatísticas descritivas	11
4.2. Densidade de plantio (covas.ha ⁻¹).....	13
4.3. Mudas Dentro do Padrão (%) e Mudas Fora do Padrão (%)	16
5. CONCLUSÕES	18
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Espaçamentos recomendados (preconizados) entre os plantios e suas respectivas densidades (covas.ha ⁻¹).....	7
Tabela 2: Amostragem para alocação de parcelas na avaliação da Densidade de Plantio (covas.ha ⁻¹).	8
Tabela 3: Avaliações entre os métodos (cruzamentos) e respectivas variáveis estudadas...10	
Tabela 4: Estatísticas descritivas das variáveis Densidade de Plantio (covas.ha ⁻¹), Mudanças Fora do Padrão (%) e Mudanças Dentro do Padrão (%), para os métodos analisados.	12
Tabela 5: Estatísticas de precisão e exatidão entre as combinações dos métodos para a variável Densidade (covas.ha ⁻¹).....	15
Tabela 6: Estatísticas de precisão e exatidão para a combinação Vant Censo e Vant parcelas para as variáveis Mudanças Fora do Padrão (%) e Mudanças Dentro do padrão (%).	17

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização dos 90 talhões em estudo nos 11 municípios.	6
Figura 2: Processamento do Vant Censo (A) e distribuição das unidades amostrais do Vant Parcelas (B).....	8
Figura 3: Gráficos de validação (a, b, c, d, e, f), para a variável densidade (covas.ha ⁻¹), entre as combinações dos métodos dois a dois.....	14
Figura 4: Gráfico de validação (a e b), para as variáveis Mudas Fora do padrão (%) e Mudas Dentro do padrão (%), entre os métodos utilizando Vant.....	16

1. INTRODUÇÃO

O controle de qualidade é uma ferramenta de gestão utilizada por aproximadamente 90% das empresas de médio e grande porte, e pode ser utilizada em praticamente todas as atividades florestais (TRINDADE *et al.*, 2012). O controle de qualidade tem como objetivo identificar as variações existentes no processo produtivo, eliminar as não conformidades e propor melhorias na qualidade dos produtos (PEREIRA, 2009).

Novas tecnologias têm sido utilizadas para a mensuração das plantas no controle de qualidade e no monitoramento dos plantios. Isso é reflexo da evolução do setor florestal brasileiro, que vem se adaptando e evoluindo com foco no crescimento e na máxima produção. Nesse contexto, existem inúmeras metodologias que podem ser empregadas na mensuração e no monitoramento dos plantios, sendo elas diferentes quanto aos níveis de precisão e exatidão que podem propiciar (SILVA, 1995).

O Vant (Veículo aéreo não tripulado) é um exemplo de ferramenta tecnológica que possui ampla aplicação no setor florestal (PONTES e FREITAS, 2015) e também em outras áreas, apresentando resultados satisfatórios (ROBERTO, 2013). Dentre suas aplicações no setor florestal, destaca-se o uso no controle de qualidade de sobrevivência de plantios. O monitoramento de sobrevivência realizado pelo Vant permite a realização do censo, que consegue processar toda a área de plantio com menor tempo, podendo propiciar maior exatidão nos levantamentos (GALIZIA *et al.*, 2016).

No entanto, existem ainda algumas limitações na extração das informações contidas nas imagens obtidas pelo Vant (BAATZ e SCHÄPE, 2000), como por exemplo: influências climáticas, matocompetição, brotações e equipamentos de baixa qualidade. Essas limitações podem ser superadas com trabalhos de melhoria nos procedimentos adotados e com a aquisição de aeronaves e equipamentos auxiliares de melhor qualidade (ARAUJO *et al.*, 2006).

O uso do Vant, no controle de qualidade de plantios florestais, ainda é recente, principalmente devido à falta de pesquisas que validam essa metodologia. A comprovação da exatidão das estimativas geradas pelo Vant, em relação aos métodos tradicionais de campo, permitirá otimizar o tempo de trabalho, com possível redução de custos, viabilizando um significativo avanço tecnológico no monitoramento de plantios comerciais, em larga escala, no setor florestal brasileiro. Com base nisso, a hipótese deste trabalho é: as imagens obtidas através do Vant geram estimativas exatas e podem ser utilizadas no controle de qualidade de plantios clonais de eucalipto.

O presente trabalho objetivou avaliar o desempenho do Vant, em relação aos métodos tradicionais realizados por equipes de campo, no controle de qualidade de plantios clonais de Eucalipto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Controle de qualidade na atividade florestal

Em 2014 foi estimada, no Brasil, uma área de 7,74 milhões de hectares de florestas plantadas, sob predomínio das espécies dos gêneros de Eucaliptus e Pinus; 34% dessas áreas são representadas pelas empresas do segmento de celulose e papel (IBA, 2015). Ainda de acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (2015), esses números, colocam o Brasil em uma posição de destaque global, devido à competitiva produtividade das suas florestas plantadas, principalmente devido às boas condições edafoclimáticas e à evolução das técnicas de silvicultura, manejo e melhoramento genético existentes no país (IBA, 2015).

De modo a promover a manutenção do crescimento e da máxima produção de suas florestas, as empresas florestais brasileiras têm implementado programas de controle de qualidade eficazes, que possam promover não somente a manutenção da eficiência produtiva, mas sobretudo a adequação às exigências legais impostas pelo mercado, como a obtenção de normas ISO (GALIZIA *et al.*, 2016).

O controle de qualidade das operações florestais pode ser definido como uma avaliação do processo produtivo e pode ocorrer de forma corretiva e preventiva. O objetivo do controle de qualidade é identificar as variações existentes no processo produtivo, eliminar as não conformidades e, conseqüentemente, propor melhorias na qualidade dos produtos e serviços (PEREIRA, 2009).

O controle de qualidade é, portanto, uma ferramenta de gestão utilizada por aproximadamente 90% das empresas de médio e grande porte, que pode ser utilizada em praticamente todas as atividades florestais. Os resultados gerados a partir dos monitoramentos constituem-se de importantes ferramentas que permitem a determinação de planos de ação e tomada de decisão ao se detectar desvios (TRINDADE *et al.*, 2012).

Segundo Trindade (1993), as empresas que apresentam programas de controle de qualidade bem estruturados conseguem promover melhorias em suas operações. A redução de erros na operação, representa melhoria da eficiência produtiva, redução de desperdícios, obtenção de produtos com qualidade e preços competitivos de mercado (REZENDE *et al.* 2000).

2.2. Variáveis mensuradas

As taxas de Mortalidade e Sobrevivência são variáveis importantes utilizadas como parâmetro na avaliação da qualidade de plantios florestais. A avaliação da taxa de Sobrevivência de plantios clonais de Eucalipto, é realizada em dois momentos iniciais: aos 30 e aos 90 dias após o plantio. Plantios com alta tecnologia florestal podem apresentar taxas de Sobrevivência superiores a 98% aos 30 dias, o que significa um percentual de Mortalidade menor que 2%. Em situações como essa não se faz o replantio, apenas se monitora novamente aos 90 dias após o plantio. Ao final da rotação é comum se atingir a taxa de 90% de Sobrevivência em relação à população inicialmente plantada (NAVROSKI *et al.*, 2014).

Os monitoramentos de Sobrevivência e Mortalidade são, portanto, de extrema importância para a manutenção da produtividade das florestas plantadas. A partir dos resultados obtidos, as equipes operacionais de silvicultura tomam a decisão de realizar ou não replantios nos talhões, com a finalidade de garantir a produtividade esperada ao final do ciclo.

Normalmente, o replantio é realizado no período de 15 a 30 dias após o plantio quando é identificada uma taxa de mais de 5% de Mortalidade das mudas, ou quando existe algum dano maior localizado como geadas ou ataque de pragas (CORREIA *et al.*, 2013). Para Silva e Angeli (2006) taxas de Mortalidade, no período de 15 a 30 dias inferiores a 10% não causam prejuízos para a produtividade da floresta, considerando que as falhas não estejam concentradas.

Quando o replantio é realizado no período adequado não há prejuízos na produtividade, ou seja, não há grandes diferenças de desenvolvimento entre as mudas plantadas e as replantadas. Porém, quando o replantio é realizado tardiamente pode haver redução da produtividade, pois as mudas replantadas não conseguem obter o mesmo desenvolvimento que às demais, tornam-se suprimidas e dominadas, resultando em plantios heterogêneos e de baixa produtividade ao final do ciclo (FORMENTO, 2014).

A variável Mudas Dentro do Padrão (%) representa valores semelhantes aos de Sobrevivência (%); porém, é uma variável obtida a partir do processamento de imagens pelo Vant. Essa variável é representada através da identificação do percentual em conformidade com os padrões pré-estabelecidos. A variável Mudas Fora do Padrão (%) é uma variável que representa valores semelhantes à Mortalidade (%); porém, é obtida a partir do processamento de imagens pelo Vant. Essa variável é representada pelo percentual de falhas identificadas na área avaliada.

A densidade de plantio é, também, uma variável importante utilizada como parâmetro na avaliação da qualidade de plantios florestais. Esta variável é definida pelo número de plantas por hectare (covas.ha⁻¹) e reflete o grau de ocupação de uma área por árvores (AVERY e BURKHART, 1994). A definição do espaçamento de plantio é um ponto de grande importância durante o planejamento florestal, pois é a partir do espaçamento estabelecido que se determina a densidade de plantio. A densidade de plantio estabelecida em um povoamento tem influência tanto no desenvolvimento individual da árvore como no desenvolvimento conjunto do povoamento, ou seja, a densidade de plantio se relaciona diretamente com o crescimento e a produtividade da floresta (STAPE, 1995).

Os povoamentos mais adensados tendem a produzir florestas com diâmetro menor, enquanto que comportamento contrário é observado para povoamentos pouco densos. Dessa forma, muitas vezes a densidade de plantio é definida considerando apenas o objetivo final da produção (CARDOSO, 1989). No entanto, a escolha do espaçamento deve estar pautada não somente no objetivo final do plantio, mas deve considerar também fatores ecológicos e silviculturais (MARCOLINO, 2010).

2.3. Precisão e exatidão das tecnologias aplicadas

A precisão é definida como a capacidade de gerar valores próximos entre si, enquanto que a exatidão é a capacidade de gerar valores próximos do real (GOMES e GARCIA, 2002). O controle de qualidade das operações florestais pode ser realizado por diferentes metodologias; de acordo com a metodologia adotada, a mensuração e o processamento dos dados ocorre de diferentes formas. Nesse contexto, a mensuração dos dados relaciona-se com a precisão e exatidão dos resultados obtidos (SILVA, 1995).

Os monitoramentos das atividades florestais, realizados por equipes de campo, podem ser feitos a partir de procedimentos de amostragem ou por enumeração total das árvores (censo). O censo é isento de erro amostral e fornece valores de alta exatidão. No entanto, é uma técnica não usualmente adotada pelas empresas florestais, principalmente devido ao alto custo de operação. Normalmente, as equipes de monitoramento de campo, realizam amostragens, que permitem conhecer as variações dos povoamentos florestais com alta precisão e baixo custo (DRUSZCZ *et al.*, 2012).

O monitoramento de plantio realizado pelo Vant, demonstra grande potencial em relação aos monitoramentos realizados por equipes de campo. A grande vantagem do Vant é a possibilidade de realização do censo, com baixo custo e redução do erro amostral ao maximizar a área avaliada (GALIZIA *et al.*, 2016).

2.4. Silvicultura de Precisão

A Silvicultura de Precisão é definida por Vettorazzi e Ferraz (2000) como um novo método de gerenciamento das atividades silviculturais. Este método baseia-se na coleta e análise de dados geoespaciais, no conhecimento da variabilidade espacial e temporal da produção e produtividade das florestas, viabilizando intervenções com exatidão e precisão adequadas.

A introdução de novas tecnologias aplicadas na agricultura e silvicultura retratam grande avanço do setor. Estão associadas à essas novas tecnologias o aumento gradual da mecanização, além de implementos e softwares, que trazem melhorias na gestão dos recursos. Entre os ganhos da silvicultura de precisão pode-se citar: o controle de um maior número de dados, gestão à distância, economia de insumos, ganhos de produtividade, otimização da mão-de-obra, otimização de tempo na estimativa de variáveis, aumento de eficiência operacional e economia de custos operacionais (MELO, 2016).

A adoção da silvicultura de precisão pressupõe o uso de diferentes tecnologias, como: Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e Sensoriamento Remoto e Geoestatística (PELLISSARI, 2012).

Através dos resultados gerados pela silvicultura de precisão é possível a realização de intervenções precisas nas florestas e que refletem no ganho de produtividade (BRANDELERO *et al.*, 2007). Como exemplos práticos de tomada de decisão, pode-se citar: tomada de decisão sobre as informações provenientes da localização de áreas afetadas por incêndios, intensidade de danos causados por formigas e outras pragas, planos de ação para desvios na aplicação mecanizada de adubo e iscas (VETTORAZZI e FERRAZ, 2000).

O Vant (Veículo Aéreo Não Tripulado) é uma tecnologia de precisão utilizada amplamente na silvicultura. Por definição, Vant é o termo usado para descrever todo e qualquer tipo de aeronave que não necessita de pilotos embarcados para ser guiada. O Vant é, portanto, uma aeronave controlada à distância, por meios eletrônicos e computacionais, com ou sem intervenção humana, por meio de Controladores Lógicos Programáveis (MOLIN, 2011).

A tecnologia do Vant apresenta uma vasta aplicação no setor florestal, pode ser utilizado no controle de qualidade de sobrevivência de plantios, na atualização de cadastro florestal, na silvicultura e colheita, no transporte e no meio ambiente (SILVA, 2007), na alteração do uso

do solo (PANEQUE-GÁLVEZ *et al.*, 2014), no inventário florestal (LOPATIN e HASSINEN, 2014) e no monitoramento de incêndios florestais (MERINO *et al.*, 2012). Além disso, o Vant pode ser utilizado em outras áreas, representando resultados satisfatórios e de qualidade (ROBERTO, 2013).

O Vant consegue sobrevoar grandes áreas em pequeno intervalo de tempo, gerando resultados confiáveis e imagens georreferenciadas, o que evidencia uma economia no custo de aplicação e tempo de trabalho. Além disso, a mesma imagem pode gerar resultados para diferentes atividades, ou seja, ao refletir na minimização de tempo e custo das operações, o uso do Vant evita que novas equipes necessitem se deslocar até a área para os respectivos levantamentos (PEGORARO, 2013).

No entanto, algumas situações são limitantes para o desempenho do monitoramento realizado pelo Vant e podem causar estimativas errôneas das variáveis analisadas. Por isso, alguns ajustes necessitam ainda ser realizados para a melhoria deste método (BAATZ e SCHAPE, 2000).

Elevados teores de resíduos nos talhões são fatores que afetam negativamente o desempenho do processamento das imagens. Demais fatores como precipitação, baixa luminosidade e clima também afetam o monitoramento pelo Vant (VERGANI, 2015). Em épocas de chuva há um aumento da matocompetição, situação em que as ervas daninhas crescem rapidamente confundindo-se com as mudas plantadas. Enquanto que em épocas de estiagem as mudas apresentam desenvolvimento mais lento o que acaba dificultando a captura dos pixels pelo software (WILCKEN *et al.*, 2008).

Essas limitações podem ser superadas com trabalhos de melhoria das aeronaves e dos procedimentos adotados, melhoria dos softwares para processamento das imagens, evolução dos algoritmos, melhorias na resolução da câmera, alterações na altura do voo, aquisição de aeronaves e equipamentos auxiliares de melhor qualidade (ARAUJO *et al.*, 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área

A área de estudo compreende 90 talhões, em 18 fazendas, localizados em 11 municípios dos Estados de São Paulo e Minas Gerais (Figura 1). Dez municípios estão localizados no Estado de São Paulo, são eles: Caçapava, Cachoeira Paulista, Canas, Capão Bonito, Itapetininga, Santa Branca, Taquarivaí, Tremembé, Votorantim e Pindamonhangaba. Apenas o município de Carrancas está localizado no Estado de Minas Gerais. São plantios comerciais de clones de *Eucalyptus* spp. totalizando uma área de 1.725,21 hectares. Estes foram implantados nos anos de 2015 e 2016, em nove diferentes tipos de espaçamentos, variando de 3,00x2,50 m (1.333 covas.ha⁻¹) até 3,30x1,70 m (1.782,5 covas.ha⁻¹), conforme tabela 1. A escolha do material genético baseou-se em critérios técnicos, relativos aos objetivos básicos do programa de melhoramento genético da empresa, oriundos de uma combinação de 6 espécies de *Eucalyptus* spp., gerando 12 materiais genéticos diferentes entre os plantios.

Segundo classificação de Köppen, o clima dos municípios é definido como: Cwb (Carrancas), Cwa (Tremembé, Cachoeira Paulista, Pindamonhangaba e Canas), Cfa (Capão Bonito, Caçapava, Itapetininga, Taquarivaí e Votorantim) e Cfb (Santa Branca). A pluviosidade média anual varia de 1.175 mm (Itapetininga) a 1.580 mm (Carrancas). A temperatura média anual varia de 18,5° C (Santa Branca) a 20,3° C (Cachoeira Paulista).



Figura 1: Localização dos 90 talhões em estudo nos 11 municípios.

Tabela 1: Espaçamentos recomendados (preconizados) entre os plantios e suas respectivas densidades (covas.ha⁻¹).

Espaçamento (m)	Densidade de plantio preconizada (covas.ha⁻¹)
3,00 x2,00	1666,67
3,00x2,50	1333,33
3,10x1,90	1697,79
3,20x1,80	1736,11
3,20x1,85	1689,19
3,20x1,90	1644,74
3,30x1,70	1782,53
3,30x1,80	1683,50
3,50x1,70	1680,67

3.2. Obtenção de dados

Os dados foram disponibilizados por uma empresa do setor florestal. Eles foram coletados por meio de quatro metodologias utilizadas pela empresa: Vant Censo (VC), Vant Parcelas (VP), avaliação do controle de qualidade aos 30 dias após o plantio (Campo 30) e Inventário Florestal Qualitativo aos 6 meses após o plantio (IFQ 6). As variáveis analisadas nos diferentes métodos foram: densidade de plantio (covas.ha⁻¹), mudas fora do padrão (%) e mudas dentro do padrão (%).

3.2.1. Métodos de avaliação qualitativa

a) Vant Censo e Vant Parcelas

O monitoramento, por meio do Vant, foi realizado utilizando aeronaves do modelo eBee da Sensefly. Essas aeronaves são totalmente autônomas e com boa estabilidade de voo. Os voos são realizados em torno de 90 dias após o plantio; durante o voo, as imagens são coletadas e são gerados mosaicos através do Software Pixel4D. A análise é realizada de duas formas: através de um censo (VC) e de amostragem (VP). Como resultado, as variáveis geradas por esses dois métodos são: densidade de plantio (covas.ha⁻¹), mudas fora do padrão (%) e mudas dentro do padrão (%).

As falhas de plantio foram estimadas a partir da identificação da ausência de mudas nas linhas de plantio. No Vant Censo, o processamento das imagens (mosaicos) foi realizada por meio dos Softwares Ecognition e ArcGIS. Nesse caso, a ausência de mudas e os percentuais de falhas foram analisados com base em toda a extensão do talhão, obtendo-se os parâmetros da área (Figura 2A). No Vant Parcelas, as análises dos mosaicos são realizadas por meio de unidades amostrais circulares com raio de 11,283 m (400m²), distribuídas sistematicamente na

imagem dos talhões (Figura 2B). A intensidade amostral é de 4 unidades amostrais por hectare. Esse processamento foi realizado de forma automatizada no software ArcGIS.



Figura 2: Processamento do Vant Censo (A) e distribuição das unidades amostrais do Vant Parcelas (B).

b) Controle de qualidade aos 30 dias após o plantio

Este monitoramento é realizado aos 30 dias após o plantio, por equipes de campo, com o objetivo de identificar falhas. As variáveis de interesse são a densidade de plantio (covas.ha⁻¹) e a mortalidade (%). A amostragem realizada foi a aleatória, com unidades amostrais circulares, com raio de 9,77 m (300m²), onde foram contabilizadas todas as falhas. Tomou-se o cuidado de não alocar as unidades amostrais em locais dos talhões com concentração de falhas. A intensidade amostral utilizada variou conforme o tamanho do talhão (Tabela 2). A empresa indica a realização de replantio para os talhões com percentual de falhas superior a 2%.

Tabela 2: Amostragem para alocação de parcelas na avaliação da Densidade de Plantio (covas.ha⁻¹).

Área do talhão (ha)	Nº de unidades amostrais	Intensidade amostral
< 30 hectares	8	1 parcela / 4 hectares
30 a 50 hectares	10	1 parcela / 5 hectares
50 a 70 hectares	12	1 parcela / 6 hectares
> 70 hectares	14	1 parcela / 7 hectares

c) Inventário florestal qualitativo aos seis meses (IFQ 6)

Este monitoramento é realizado aos seis meses após o plantio (180 dias), por equipes de campo. São alocadas unidades amostrais circulares, com raio de 7,99 m (201 m²), distribuídas aleatoriamente nos talhões. A intensidade amostral é de uma unidade amostral para cada cinco hectares. Nas unidades amostrais são mensuradas a altura total de todas as plantas e

contabilizadas as plantas vivas, mortas e covas vazias. Assim, as variáveis de interesse são: densidade de plantio (covas.ha⁻¹) e mortalidade (%).

3.2.2. Variáveis analisadas

a) Densidade de plantio (covas.ha⁻¹)

A densidade de plantio (covas.ha⁻¹) é definida como o número de covas por unidade de área, em hectares, aplicando a seguinte equação:

$$\text{Densidade (covas. ha}^{-1}\text{)} = \left(\frac{\text{Total de covas}}{\text{Área total (ha)}} \right)$$

Em que: *Total de covas* = Plantas identificadas + Plantas não identificadas

b) Mudanças fora do padrão (%)

Essa variável é semelhante à mortalidade, porém é identificada por meio do monitoramento do Vant, recebendo diferente denominação. O cálculo dessa variável se dá a partir da seguinte equação:

$$\text{Mudanças Fora do Padrão (\%)} = \left(\frac{\text{Plantas não identificadas}}{\text{Total de covas}} \right) \times 100$$

c) Mudanças dentro do padrão (%)

Essa variável é semelhante à sobrevivência, porém é identificada por meio do monitoramento do Vant, recebendo diferente denominação. O cálculo dessa variável se dá a partir da seguinte equação:

$$\text{Mudanças Dentro do Padrão (\%)} = \left(\frac{\text{Plantas identificadas}}{\text{Total de covas}} \right) \times 100$$

3.3. Análise dos métodos

Inicialmente, em cada método de avaliação, estimaram-se as seguintes estatísticas descritivas para todas as variáveis: Média (\bar{X}), Variância (s^2), Desvio Padrão (s), Coeficiente de Variação (CV) e Intervalo de Confiança, com 95% de probabilidade.

Para cada variável estimada, os métodos foram comparados dois a dois. Destaca-se que algumas dessas variáveis não são obtidas em todos os métodos de avaliação, inviabilizando a comparação entre todos eles. Assim, foram possíveis realizar 6 combinações para a variável densidade de plantio, 1 combinação para a variável mudanças fora do padrão e 1 combinação para a variável mudanças dentro do padrão (Tabela 3).

Tabela 3: Avaliações entre os métodos (cruzamentos) e respectivas variáveis estudadas.

Variável estudada	Cruzamentos Entre os Métodos (M ₁ x M ₂)
Densidade de Plantio (covas.ha ⁻¹)	VC x VP
Densidade de Plantio (covas.ha ⁻¹)	VC x Campo 30
Densidade de Plantio (covas.ha ⁻¹)	VP x Campo 30
Densidade de Plantio (covas.ha ⁻¹)	Campo 30 x IFQ 6
Densidade de Plantio (covas.ha ⁻¹)	VC x IFQ 6
Densidade de Plantio (covas.ha ⁻¹)	VP x IFQ 6
Mudas Fora do Padrão (%)	VC x VP
Mudas Dentro do Padrão (%)	VC x VP

As diferenças entre os métodos combinados dois a dois, foram avaliadas por meio dos desvios, em porcentagem, análise de regressão linear simples e o teste t. Os valores de VOM_1 foram plotados graficamente em função de VOM_2 para realizar validação entre os métodos combinados. Para isso, foi ajustado o modelo de regressão linear simples ($VOM_1 = \beta_0 + \beta_1 VOM_2 + e_i$), obtendo-se os respectivos valores dos coeficientes linear (β_0) e angular (β_1) da reta. Para que os métodos sejam considerados iguais, espera-se que β_0 seja igual a zero e que β_1 seja igual a um. Além disso, foram estimados os valores do coeficiente de determinação (R^2) e de Correlação de Pearson (R) da regressão, ambos para retratar a precisão entre os métodos (BARBIN, 2003).

Para avaliar a exatidão entre os métodos combinados, aplicou-se uma adaptação do índice proposto por Willmott (1981), que mede o grau de concordância entre os métodos avaliados. Esse índice varia de 0 a 1, sendo melhor quanto mais próximo de 1. O estimador do índice de Willmott é apresentado a seguir:

$$W = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (VOM_2 - VOM_1)^2}{\sum_{i=1}^n (|VOM_2 - \bar{y}| + |VOM_1 - \bar{y}|)^2}$$

Em que: W = Índice de Willmott; VOM_1 = i-ésimo valor observado pelo método M_1 ; VOM_2 = i-ésimo valor observado pelo método M_2 ; \bar{y} = média dos valores observados em M_1 ; n = número de observações.

Também foi analisado o Desempenho (C) de cada método, que associa os valores de precisão (correlação de Pearson) com os de exatidão (Willmott). O índice de Desempenho é calculado por meio da seguinte equação (ALLEN *et al.*, 1998).

$$C = R.W$$

Em que: C = Índice de Desempenho; R = Coeficiente de Correlação de Pearson; W = Índice de Willmott.

O critério de interpretação do Índice de Desempenho caracteriza-se como: péssimo ($0 \leq c \leq 0,20$), ruim ($0,20 < c \leq 0,40$), regular ($0,40 < c \leq 0,60$), bom ($0,60 < c \leq 0,80$) e ótimo ($0,80 < c \leq 1,0$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Estatísticas descritivas

A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis densidade de plantio, mudas fora do padrão e mudas dentro do padrão, obtidas nos diferentes métodos de monitoramento. A densidade média dos talhões variou de 1.588 covas.ha⁻¹ para o levantamento Vant Censo, até 1.662 covas.ha⁻¹ para o levantamento de campo aos 30 dias. Tomando a média do levantamento Vant Censo (1.588 covas.ha⁻¹) como referência paramétrica, ela foi incluída nos intervalos de confiança gerados nos métodos Vant Parcelas ($1.575 \leq X \leq 1.636$) e IFQ aos 6 meses ($1.562 \leq X \leq 1.629$), com 95% de probabilidade. Apenas o monitoramento de campo aos 30 dias gerou um intervalo de confiança ($1.623 \leq X \leq 1.699$) que não incluiu a média paramétrica. Esse resultado permite inferir uma diferença significativa entre o levantamento de campo aos 30 dias em relação aos demais, para a variável densidade. O coeficiente de variação para a densidade variou de 9,06 %, no levantamento Vant Parcelas, até 10,93 %, no levantamento de Campo aos 30 dias.

Os levantamentos utilizando censo e amostragem, a partir de imagens, também geraram intervalos de confiança muito semelhantes, para as variáveis mudas fora do padrão e mudas dentro do padrão (Tabela 4). O método Vant Parcelas indicou médias de 12,95 e 87,05 %, respectivamente, enquanto que o método Vant Censo estimou 14,25 e 85,75 %, respectivamente. Esses resultados permitem inferir que o processamento total da imagem (Vant Censo) ou utilizando unidades amostrais (Vant Parcelas) propiciam resultados semelhantes, sendo possível optar por um ou outro método. Contudo, torna-se necessário avaliar aquele que demanda menor tempo de processamento e propicia menores custos.

Para a variável mudas fora do padrão, os valores de coeficiente de variação foram acentuados, sendo 71,54 % para o método Vant Censo e 80,80 % para o método Vant Parcelas. Já para a variável mudas dentro do padrão, o coeficiente de variação foi 11,89 e 12,02, respectivamente. O motivo dessa diferença foi devido tais variáveis já estarem em porcentagem. Sendo assim, uma é complemento da outra, retratando maiores médias para a variável mudas dentro do padrão e menores médias para a variável mudas fora do padrão.

Tabela 4: Estatísticas descritivas das variáveis Densidade de Plantio (covas.ha⁻¹), Mudanças Fora do Padrão (%) e Mudanças Dentro do Padrão (%), para os métodos analisados.

Estatísticas	Densidade (covas.ha ⁻¹)				Mudanças Fora do Padrão (%)		Mudanças Dentro do Padrão (%)	
	VP	VC	Campo 30	IFQ 6	VP	VC	VP	VC
Mínimo	1.280	1.202	1.280	1.194	0,74	1,00	32,08	35,03
Máximo	1.891	1.853	2.034	1.916	67,92	64,97	99,26	99,00
Somatório	144.526	142.942	149.558	143.610	1.165,38	1.282,74	7.834,62	7.717,26
Média	1.606	1.588	1.662	1.596	12,95	14,25	87,05	85,75
Erro padrão da média	15,33	16,62	19,15	16,85	1,10	1,07	1,10	1,07
Erro amostral (%)	30,46	33,03	38,06	33,48	2,19	2,14	2,19	2,14
Desvio padrão	145,42	157,68	181,71	159,86	10,46	10,20	10,46	10,20
Variância da amostra	21.145,94	24.862,80	33.017,09	25.555,06	109,46	103,96	109,46	103,96
Coefficiente de Variação (%)	9,06	9,93	10,93	10,02	80,80	71,54	12,02	11,89
Intervalo de Confiança (IC)	$1.575 \leq X \leq 1.636$	$1.555 \leq X \leq 1.621$	$1.623 \leq X \leq 1.699$	$1.562 \leq X \leq 1.629$	$10,76 \leq X \leq 15,14$	$12,11 \leq X \leq 16,39$	$84,86 \leq X \leq 89,24$	$83,61 \leq X \leq 87,88$

4.2. Densidade de plantio (covas.ha⁻¹)

A distribuição dos resíduos na avaliação de campo aos 30 dias tendeu a superestimar a densidade, em relação aos demais métodos (Vant Censo, Vant Parcelas e IFQ 6). O Inventário Qualitativo aos 6 meses apresentou melhor distribuição dos resíduos quando comparado com os métodos Vant Censo e Vant Parcelas, pois os pontos se compensam entre valores negativos e positivos. Esses resultados corroboram com os apresentados anteriormente, indicando que os métodos propiciam estimativas semelhantes. Observou-se que os maiores desvios, da ordem de 25%, são provenientes dos talhões com até 20 hectares.

A comparação dos métodos Vant Censo e Vant Parcelas, apresentou resíduos distribuídos de forma homogênea. Isso ocorre por se tratar de métodos baseados na mesma metodologia de coleta das informações. Os resíduos evidenciaram que os valores de densidade obtidos nestes dois métodos são semelhantes independentemente do tamanho do talhão. Isso viabiliza a análise da imagem do Vant utilizando as parcelas amostrais, principalmente em talhões com grandes áreas, buscando reduzir o tempo de processamento dos dados.

A precisão entre os métodos utilizando Vant é apresentada na tendência dos valores observados no censo em função dos observados nas parcelas (Figura 3a). Observou-se que o maior coeficiente de determinação ocorre entre estes dois métodos ($R^2=0,94$), indicando um nível de precisão de 97% ($R=0,97$). Isso é esperado pelo fato de ambos apresentarem a mesma base metodológica, ou seja, do processamento da mesma imagem. Na sequência, as combinações do método Campo aos 30 dias, com o Vant Censo e Vant Parcelas, apresentaram níveis de precisão intermediárias, com coeficiente de determinação de 0,67 (precisão de 82 %) e 0,68 (precisão de 82 %), respectivamente. Nas combinações que relacionaram o inventário qualitativo aos 6 meses com Vant, foram obtidos os menores coeficientes de determinação, sendo 0,45 e 0,49, para parcelas e censo, respectivamente. Essa diferença pode ser explicada por essas metodologias serem aplicadas em diferentes intervalos de tempo (90 e 180 dias).

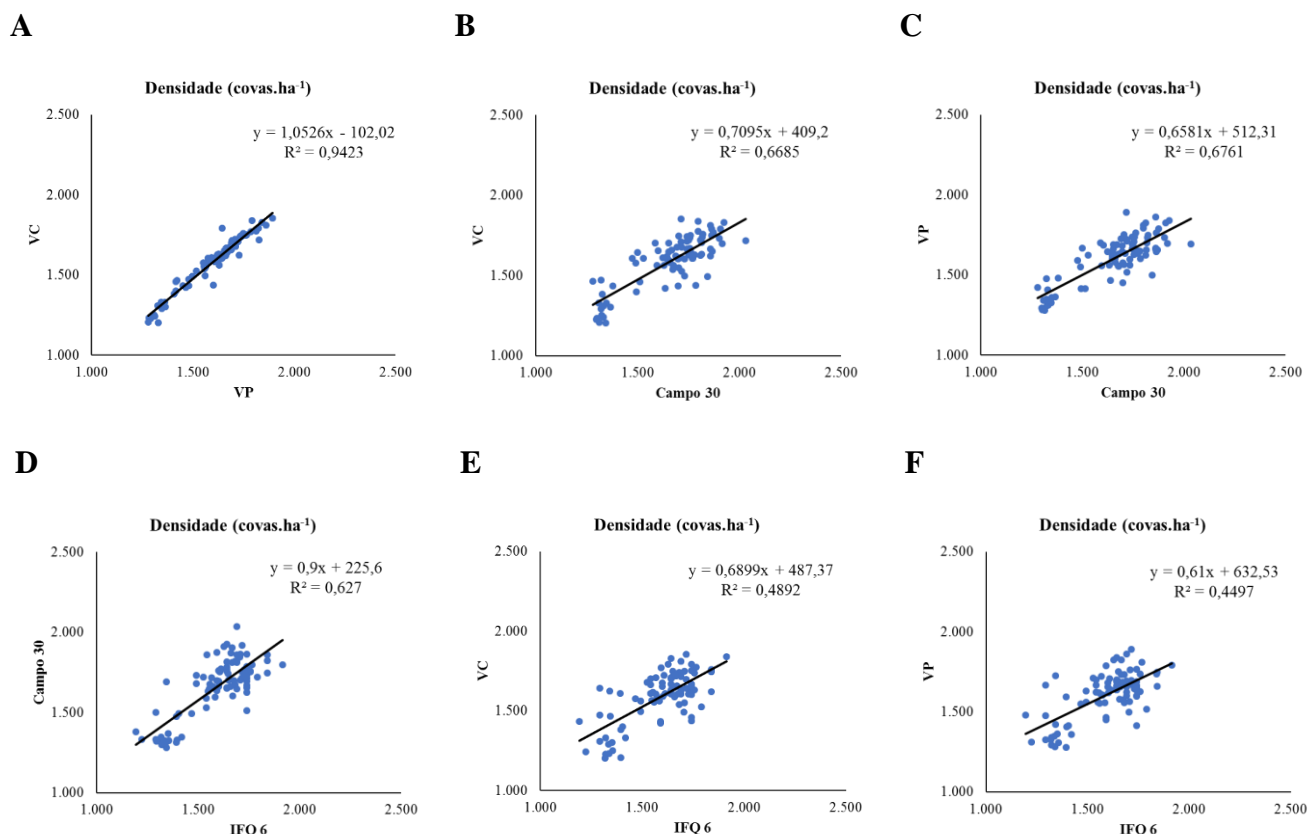


Figura 3: Gráficos de validação (a, b, c, d, e, f), para a variável densidade (covas.ha⁻¹), entre as combinações dos métodos dois a dois.

Na análise de validação (Figura 3), os valores de β_0 encontram-se elevados em todas as combinações entre os métodos. Isso demonstra um erro sistemático na estimativa da densidade. Apenas as combinações entre Vant Censo com Vant Parcelas e Campo aos 30 dias com inventário aos 6 meses, apresentaram o coeficiente linear não significativo (p -valor > 0,05), permitindo inferir que este erro é nulo nestes dois casos (Tabela 5). Para caracterizar semelhança entre os métodos, espera-se que a linha de regressão apresente inclinação de 45° ($\beta_1 = 1$) e passe pela origem ($\beta_0 = 0$), retratando maior exatidão (ARAÚJO, 2015).

Quanto aos valores de coeficiente de inclinação (β_1), a combinação Vant Censo e Vant Parcelas apresentou β_1 igual a 1,05, indicando inclinação muito próxima de 45° e, conseqüentemente, exatidão de aproximadamente 100%. Na sequência, as combinações que envolvem o levantamento de campo aos 30 dias apresentam coeficientes iguais a 0,7, na combinação com Vant Censo, e 0,65 na combinação com o Vant Parcelas. Esses valores representam, respectivamente, 30 e 35 % de superestimativas. Isso corrobora com os resultados apresentados na Figura 3 (b, c, d). Os menores coeficientes de inclinação foram observados no método inventário qualitativo aos 6 meses. Este método apresentou tendência a superestimativas da ordem de 40 % ($\beta_1=0,60$) quando comparado com o Vant Parcelas, de 32% ($\beta_1=0,68$) na comparação com o Vant Censo.

É importante destacar que estes métodos são aplicados em épocas diferentes, podendo isso ser um fator significativo na diferença entre eles. Os voos do Vant são realizados com aproximadamente 90 dias após o plantio, sendo mais próximos do levantamento de campo aos

30 dias e mais distantes do inventário qualitativo aos 6 meses. Essa diferença de tempo entre o levantamento com Vant e o inventário aos 6 meses pode ser um fator que contribui para as diferenças encontradas.

A maior mortalidade de mudas nas fases iniciais do plantio, devido a maior susceptibilidade ao ataque de pragas e doenças pode interferir na extração de informações a partir de imagens de alta resolução obtidas pelo Vant (FILHO, 2016). Mudas replantadas após os 30 dias não são detectadas aos 90 dias pelo Vant, porém, aos 6 meses, elas são identificadas no levantamento de campo e contribuem para gerar as superestimativas de densidade (NUNES *et al.*, 2014). Diversos são os fatores que interferem na sobrevivência dos povoamentos após o plantio, sendo os principais as relacionadas ao manejo, ataque de pragas e fatores climáticos (FORMENTO, 2014). Também vale ressaltar que as diferentes metodologias e intensidades amostrais adotadas podem ser fatores que interferem.

O índice de Wilmott indica que todas as combinações dos métodos apresentam concordância acima de 80%, sendo uma estatística de exatidão. Quando associado ao coeficiente de correlação (R), obtém-se o índice de desempenho (Tabela 5).

O levantamento de campo aos 30 dias foi classificado como bom em relação a todos os demais métodos, apresentando melhor desempenho quando comparado com os métodos Vant Censo ($c=0,70$) e Vant Parcelas ($c=0,71$). Entretanto, o método de avaliação qualitativa aos 6 meses foi classificado como regular em relação ao uso do Vant, com índices de desempenho abaixo de 0,60, confirmando a baixa precisão e exatidão desse método. Talhões de até 20 hectares são os principais responsáveis por essa diferença, pois nessas condições o Vant tende a estimar maiores densidades em relação inventário aos 6 meses.

O melhor desempenho obtido foi entre os métodos Vant Censo e Vant Parcelas, com índice igual a 0,95, indicando que tanto faz o uso de um ou de outro na análise da densidade. A matocompetição e a alta incidência de resíduos nos talhões são fatores limitantes na identificação das plantas nas imagens do Vant (ARAÚJO *et al.*, 2006).

Tabela 5: Estatísticas de precisão e exatidão entre as combinações dos métodos para a variável Densidade (covas.ha^{-1}).

Combinações	β_0	β_1	Valor t calculado	F	R	R ²	W	C	Desempenho
VC x VP	-102,01	1,05*	-4,32**	1436,25	0,97	0,94	0,98	0,95	Ótimo
VC x Campo 30	409,20*	0,70*	-6,64**	177,47	0,82	0,67	0,86	0,70	Bom
VP x Campo 30	512,3*	0,65*	-5,13**	183,73	0,82	0,68	0,87	0,71	Bom
Campo 30 x IFQ6	225,59	0,90*	5,59**	147,91	0,79	0,63	0,85	0,68	Bom
VC x IFQ6	487,37*	0,68*	-0,57	84,29	0,70	0,49	0,83	0,58	Regular
VP x IFQ6	632,52*	0,60*	0,77	71,90	0,67	0,45	0,82	0,55	Regular

* Significativo ($p\text{-valor} < 0,05$)

** Teste-t significativo ($t \text{ calculado} > t \text{ tabelado}$), para 95% de probabilidade.

4.3. Mudanças Dentro do Padrão (%) e Mudanças Fora do Padrão (%)

Para as variáveis mudanças dentro do padrão (%) e mudanças fora do padrão (%), a distribuição dos resíduos apresentou boa relação, gerando erros homocedásticos. Além disso, os resíduos demonstraram que não houve influência do tamanho do talhão sobre o erro (%), para as variáveis analisadas neste item.

Os gráficos de validação (figura 4) retratam alta correlação: os valores de β_0 são próximos de 0 e os valores de β_1 são próximos de 1. Isso se evidencia ao observar os Coeficientes de Determinação e os de Correlação de Pearson (Tabela 6) que apresentam valores bem próximos de um ($R=0,987$ e $R^2=0,975$) para os dois cruzamentos, retratando correlação positiva para ambas as variáveis analisadas neste item.

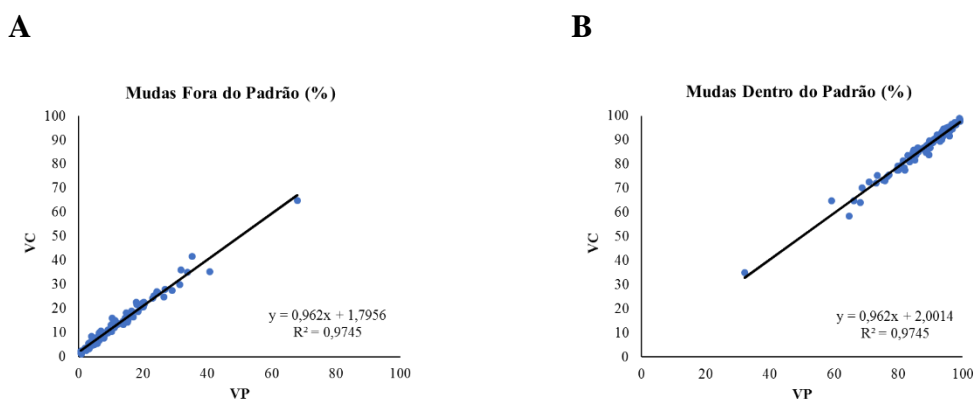


Figura 4: Gráfico de validação (a e b), para as variáveis Mudanças Fora do padrão (%) e Mudanças Dentro do padrão (%), entre os métodos utilizando Vant.

Os resultados refletem em um índice de Willmott elevado e, conseqüentemente, elevado Índice de Desempenho e Desempenhos Ótimos para as variáveis estudadas em ambos os métodos (VC e VP).

É possível perceber a alta relação entre os métodos VC e VP para as variáveis mudanças dentro do padrão (%) e mudanças fora do padrão (%). Isso se deve ao fato de ambas as metodologias serem oriundas do processamento da mesma imagem, ou seja, se referem à mesma base metodológica. Esse fator, aumenta a correlação entre as duas variáveis, indicando que não há grandes diferenças na escolha de um ou outro método, pois ambos produzem resultados próximos entre si, como evidenciou as estatísticas.

Algumas recomendações podem resultar em melhorias no processamento automatizado gerado pelo Vant. Os erros obtidos com o Vant sobre o processamento das falhas podem ser reduzidos com a melhoria do algoritmo utilizado (CHAVES *et al.*, 2015) e a partir de procedimentos de melhoria na coleta e processamento dos dados (MARTELLO *et al.*, 2015). A baixa luminosidade exerce influência negativa sobre a qualidade das imagens obtidas pelo Vant; sendo assim, voos programados no intervalo entre as 7:00 e 16:00 horas resultam em melhoria da qualidade das imagens e dos resultados gerados ao avaliar as taxas de sobrevivência (VERGANI, 2015).

Tabela 6: Estatísticas de precisão e exatidão para a combinação Vant Censo e Vant parcelas para as variáveis Mudanças Fora do Padrão (%) e Mudanças Dentro do padrão (%).

Combinações	β_0	β_1	Valor t calculado	F	R	R²	W	C	Desempenho
Mudanças Dentro do Padrão (%)	1,795*	0,962*	-7,38**	3363,29	0,99	0,98	0,99	0,98	Ótimo
Mudanças Fora do padrão (%)	2,001	0,962*	7,38**	3363,29	0,99	0,98	0,99	0,98	Ótimo

* Significativo (p-valor < 0,05)

** Teste-t significativo (t calculado > t tabelado), para 95% de probabilidade.

5. CONCLUSÕES

Os métodos Vant Censo e Vant Parcelas geram resultados satisfatórios e semelhantes entre si para as variáveis densidade de plantio (covas.ha⁻¹), mudas dentro do padrão (%) e mudas fora do padrão (%). A escolha do método fica à critério da empresa que o utiliza, devendo esta escolher o método mais viável economicamente.

O Vant demonstra aplicação técnica viável em operações semelhantes ao proposto no presente estudo. Embora existam algumas limitações em sua aplicação, o monitoramento realizado pelo Vant ao ser comparado aos monitoramentos realizados pelas equipes de campo (Campo 30 e IFQ 6), demonstra resultados satisfatórios e que expressam o grande potencial desta ferramenta.

Recomenda-se um maior aprofundamento de estudos entre as metodologias de campo e a proposta pelo Vant, a partir da realização de testes experimentais aplicados em campo. É importante considerar a influência das metodologias adotadas, dos tipos de amostragens realizadas em campo, do tamanho e distribuição das parcelas, das épocas de avaliação e da influência de replantios tardios, no sentido de testar o efeito dessas diferenças e propor melhorias entre os métodos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 15p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ARAÚJO, M. A., CHAVIER, F., DOMINGOS, J. L. Avaliação do Potencial de Produtos Derivados de Aeronaves Não Tripuladas na Atividade Florestal. **Ambiência**, Guarapuava, v.2, p. 69-82, 2006.
- ARAÚJO, E. J. G. **Métodos de amostragem para a regeneração natural de *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish em áreas submetidas ao sistema de manejo com porta sementes**. 2015. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- AVERY, T. E.; BURKHART, H. E. **Forest measurements**. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 1994. 408 p.
- BARBIN, D. **Planejamento e análise estatística de experimentos agrônômicos**. Arapongas: MIDAS, 2003. 194p.
- BRANDELERO, C.; ANTUNES, M. U. F.; GIOTTO, E. Silvicultura de precisão: nova tecnologia para o desenvolvimento florestal. **Ambiência**, Guarapuava, v.3, n.2, p. 269-281, 2007.
- BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multiscale image segmentation. In: Angewandte Geographische Informations-Verarbeitung XII. 2000. Heidelberg, **Anais...** Salzburg: Wichmann-Verlag, 2000. p. 12-23.
- CORREIA, A. C. G.; SANTANA, R. C.; OLIVEIRA, M. L. R.; TITON, M.; ATAÍDE, G. M.; LEITE, F. P. Volume de substrato e idade: influência no desempenho de mudas clonais de eucalipto após replantio. **Cerne**, Lavras, v.19, n.2, p.185-191, 2013.
- CHAVES, A. V.; SCALEA, R. A. L.; COLTURATO, A. B.; KAWABATA, C. L. O.; FURTADO, E. L.; BRANCO, K. R. L. J. C. **Uso de VANTs e processamento digital de imagens para a quantificação de áreas de solo e de vegetação**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), João Pessoa, Brasil, 2015.
- CARDOSO, J. A. Bracatinga. **Brasil Madeira**, Curitiba, v. 3, n. 33, p. 1-10, 1989. EUCALYPTUS ONLINE BOOK & NEWSLETTER. Taxa de sobrevivência em plantios clonais. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br>. Acesso em: 01.Abril.2017.
- DRUSZCZ, J. P.; NAKAJIMA, N. Y.; NETTO, S. P.; MACHADO, S. A. Custos de inventário florestal com amostragem de Bitterlich (PNA) e conglomerado em cruz (CC) em plantação de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 94, p. 231-239, 2012.
- FORMENTO, S. **Qualidade de povoamentos e correlações entre sobrevivência e altura de árvores de Eucalipto em diferentes idades**. 2014. 52 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Celulose e Celulose e Papel) - Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

- FILHO, G. M. P. **Qualidade em povoamento de eucalipto: índice de uniformidade, época do replantio e relação entre o alto fuste e a talhadia**. 2016. 50 f. Dissertação (Pós-graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
- GALIZIA, L. F. C.; RAMIRO, G. A.; ROSA, C. J. C. Qualidade das atividades silviculturais e silvicultura de precisão. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.24, n.45, 2016.
- GOMES, F. P.; GARCIA, C. H. **Estatística Aplicada a Experimentos Agronômicos e Florestais**. Piracicaba: Editora FEALQ, 2002. 309 p.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Técnico 2015**. São Paulo, 2015.
- LOPATIN, E.; HASSINEM, A. **Application of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for landscape inventory**. Baltic landscape-innovative approaches towards sustainable-forested landscapes. Report nº 25. 2014.
- MARCOLINO, L. **Crescimento de clones de Eucalipto em quatro espaçamentos de plantio no interior de São Paulo**. 2010. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.
- MARTELLO, W.; FIORIO, P. R.; VETTORAZZI, C. A.; BARROS, P. P. S.; TAVARES, T. R.; SEIXAS, H. T. **Utilização de imagens aéreas obtidas por RPA no monitoramento inicial de *Eucalyptus* sp.** In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), João Pessoa, Brasil, 2015.
- MELO, E. A. S. C. Desafios e oportunidades para a Silvicultura de Precisão: uma síntese do congresso brasileiro de agricultura de precisão de 2014. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.24, n.45, 2016.
- 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. 5 – 27.
- MERINO, L.; CABALLERO, F.; MARTÍNEZ-DE-DIOS, J.R.; MAZA, I.; OLLERO, A. An Unmanned Aircraft System for automatic forest fire monitoring and measurement. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, Springer Netherlands, 65 (4): 533-548. 2012.
- NUNES, G. M.; VIEIRA, D. J. E., CARVALHO, S. P. C. Avaliação preliminar de dados obtidos por VANT em talhão florestal clonal de *Eucalyptus Urograndis* h13 no estado de Mato Grosso. In: XI Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal, 6, 2014, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2014. p. 211-218.
- NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; CUNHA, F. S.; BERGUETTI, A. L. P.; PEREIRA, M. O. Influência do polímero didroretentor na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus dunnii* sob diferentes manejos hídricos. **Nativa**, v.02, n.2, p.108-113, 2014.
- PELLISSARI, A.L. **Silvicultura de precisão aplicada ao desenvolvimento de *Tectona grandis* L.f. na região sul do Estado de Mato Grosso**. 2012, 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais), Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

- PEGORARO, A. J. **Estudo do potencial de um veículo aéreo não tripulado/quadroto, como plataforma na obtenção de dados cadastrais**. 2013. 221 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- PANEQUE-GÁLVEZ, J.; MCCALL, M.K.; NAPOLETANO, B.M.; WICH, S.A.; KOH, L.P. **Small drones for community-based forest monitoring: an assessment of their feasibility and potential in tropical areas**. *Forests*, 5: 1481-1507, 2014.
- PEREIRA, R. M. **Gestão da Qualidade Aplicada ao Inventário de Florestas Plantadas**. 2009. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- PONTES, G. R.; FREITAS, T. U. Monitoramento de plantios de eucalipto utilizando técnicas de sensoriamento remoto aplicadas em imagens obtidas por VANT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 4057-4064.
- REZENDE, J.L.P; JACOVINE, L.A.G.; LEITE, H.G.; TRINDADE, C. Avaliação da qualidade na colheita florestal semimecanizada. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.57, p.13–26, 2000.
- ROBERTO, A. J. **Extração de informações geográficas a partir de fotografias aéreas obtidas com VANTs para apoio a um SIG municipal**. 2013. 108 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica) - Universidade do Porto, Porto, 2013.
- SILVA, R. R. **Aplicação de imagens orbitais de alta resolução espacial no cadastro técnico rural multifinalitário**. 2007. 139p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- SILVA, P. H. M.; ANGELI, A. **Implantação e manejo de florestas comerciais**. IPEF – Documentos Florestais, n.18, maio de 2006.
- SILVA, D. C. **Considerações práticas em fotogrametria a curta distância aplicada ao levantamento de um tanque e a questão da precisão e exatidão**. 1995. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.
- STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo leque no estudo de espaçamentos florestais**. 1995. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- TRINDADE, C.; JACOVINE, L. A. G.; REZENDE, J. L. P.; SARTORIO, M. L. **Gestão e controle da qualidade na atividade florestal**. Viçosa: Editora UFV, 2012.
- TRINDADE, C. **Desenvolvimento de um sistema de controle de qualidade para a atividade florestal**. 1993. 164 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.
- VERGANI, R. O. **Sobrevivência de brotação de eucalipto e delimitação da área de talhões pós-colheita utilizando veículos aéreos não-tripulados**. 2015. 21 f. Trabalho para obtenção do grau de Especialista (Pós-graduação em Gestão Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

VETTORAZZI, C. A.; FERRAZ, S. F. B. Silvicultura de precisão: uma nova perspectiva para o gerenciamento de atividades florestais. In: BOREM, A.; GIUDICE, M. P.; QUEIRÓZ, D. M. (Eds). **Agricultura de Precisão**. Viçosa: os autores, 2000. p.65-75.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.

WILCKEN, C. F.; LIMA, A. C. V.; DIAS, T. K. R.; MASSON, M. V.; FILHO, P. J. F.; POGETTO, M. H. F. A. D. **Guia prático de manejo de plantações de eucalipto**. Botucatu: FEPAF, 2008. 25 p.