

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCOS FIDÊNCIO DE OLIVEIRA SOBRINHO

USO DE VANT PARA MENSURAÇÃO DE PROCESSOS FLORESTAIS

CURITIBA  
2016

MARCOS FIDÊNIO DE OLIVEIRA SOBRINHO

USO DE VANT PARA MENSURAÇÃO DE PROCESSOS FLORESTAIS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de MBA em Manejo Florestal de Precisão, pela Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Prof. Dra. Ana Paula Dalla Corte

CURITIBA  
2016

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	06
2. Material e Métodos .....	08
2.1 Descrição do experimento .....	08
2.2 Coleta e processamento de dados .....	11
2.2.1 Avaliação de sobrevivência aos 15 dias após o plantio .....	11
2.2.2 Quantificação do estoque de madeira em campo .....	13
2.2.3 Quantificação dos resíduos de processos florestais .....	16
3. Resultados e Discussão .....	19
3.1 Avaliação de sobrevivência aos 15 dias após o plantio .....	19
3.2 Quantificação do estoque de madeira em campo .....	20
3.3 Quantificação dos resíduos de processos florestais .....	22
4. Conclusão .....	23
5. Referência bibliográfica .....	24

# USO DE VANT PARA MENSURAÇÃO DE PROCESSOS FLORESTAIS

Marcos Fidêncio de Oliveira Sobrinho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal, Pós-graduando em MBA de Manejo Florestal de Precisão, Universidade Federal do Paraná, rua dos Funcionários, 1540, bairro Juvevê – Curitiba – Paraná – Brasil, marcos\_engflorestal@hotmail.com.

## RESUMO

O aumento da demanda por produtos florestais exige cada vez mais o emprego de práticas de manejo para obter aumento da produção. Visando aumentar a eficiência, com base no manejo diferenciado das áreas, a Silvicultura de Precisão vem sendo cada vez mais adotada. Esse trabalho objetivou testar o uso do VANT para mensuração de processos florestais, tendo como base as técnicas tradicionais de mensuração. O trabalho foi realizado em fazendas da empresa Lwarcel Celulose, localizadas no Centro-Oeste do estado de São Paulo. Foram realizadas avaliações de sobrevivência aos 15 dias após o plantio, quantificação do estoque de madeira em campo e quantificação dos resíduos de processo em campo. Para estas atividades, foi utilizado o VANT modelo X800 Geo, produzido pela empresa XFly Brasil. Os resultados obtidos através do uso do VANT foram satisfatórios quando comparados com o método convencional em todas as variáveis estudadas.

**Palavras chave:** Silvicultura de precisão; Avaliação de sobrevivência; Resíduos florestais.

## USE OF THE VANT FOR FOREST PROCESS MEASUREMENT

### ABSTRACT

Increasing demand for forest products requires management practices to increase production. In order to increase efficiency, based on the different management of areas, Precision Forestry has been adopted. The aim of this work was to test the use of VANT to measure forest procedures, based on traditional measurement techniques. The work was carried out in farms of the Lwarcel Celulose company, located in the Center-West of the São Paulo state. Survival evaluations were carried out at 15 days after planting, quantification of wood stock in the field and quantification of field process residues. For these activities, the VANT model X800 Geo was used, produced by the company XFly Brazil. The results obtained using the UAV were superior and satisfactory when we compared to the conventional method in all studied variables.

**Key Words:** Precision forestry; Survival evaluation; Forest residues.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor brasileiro de árvores plantadas ocupa área de 7,74 milhões de hectares, o que corresponde a 0,9% do território nacional, sendo responsável por 91% de toda madeira produzida para fins industriais no país. Desse total de área, 5,56 milhões de hectares estão ocupados com plantio de eucalipto e 1,59 milhões de hectares com plantio de pinus (IBÁ, 2015).

O sucesso mundial da indústria brasileira de base florestal deve-se ao resultado da alta produtividade das árvores plantadas no país. Em 2014, o Brasil manteve sua liderança de produtividade florestal no mundo. A produtividade média dos plantios brasileiros de eucalipto atingiu  $39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e a produtividade dos plantios de pinus foi de  $31 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  (IBÁ, 2015).

São muitos os produtos da atividade florestal, os plantios de árvores desempenham importante papel na prestação de serviços ambientais, atuando na preservação e conservação do solo, recuperação de áreas degradadas, evitando o desmatamento de habitats naturais e contribuindo para a redução das emissões de gases causadores do efeito estufa (IBÁ, 2015).

O aumento da demanda por produtos florestais exige cada vez mais o emprego de práticas de manejo para obter aumento da produção. Apesar das altas produtividades das florestas plantadas para fins madeireiros no Brasil, na maioria dos plantios florestais, as operações silviculturais são realizadas com equipamentos não eficientes ou adequadas às necessidades operacionais, resultando em baixa precisão do trabalho realizado (ALEMDAG, 1991).

Visando aumentar a eficiência, com base no manejo diferenciado das áreas, a Silvicultura de Precisão vem sendo adotada. O uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) 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).

Para o desenvolvimento de planos de manejo, é necessário verificar o potencial produtivo de cada povoamento dentro de uma unidade de manejo, de

maneira que o crescimento e a produção florestal possam ser prognosticados (ALEMDAG, 1991).

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).

Para que se possam gerenciar aspectos operacionais, como a uniformidade do plantio, taxa de sobrevivência, alinhamento, estoque de madeira e avaliação de resíduo de remoção, é necessário que um constante monitoramento de produção seja feito a fim de auxiliar na tomada de decisões em operações silviculturais. Esse monitoramento de produção é feito com o intuito de identificar situações que possam causar produtividade abaixo do esperado, e a utilização de recursos tecnológicos tem aumentado gradativamente para realização desta atividade (RODRIGUEZ, 2001).

O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) para finalidades agrícolas teve seu início no Brasil na década de 80 (MEDEIROS et al., 2008) e vem sendo adotado nos estudos de sensoriamento remoto, pois proporciona baixo custo de aquisição de dados de alta resolução espacial quando comparados a uma aeronave tripulada ou satélite para os mesmos fins (JENSEN, 2009). Com recursos capazes de gerar imagens com nível de detalhes maior que os satélites tradicionais, os VANTs representam ferramentas auxiliares no processo de gerenciamento operacional (MOLIN, 2011).

A utilização de imagens aéreas de alta resolução provenientes de VANTs na extração de informações métricas da superfície terrestre tem sido vastamente pesquisada nestes últimos anos. As facilidades existentes na realização do vôo autônomo, associado com o baixo custo do recobrimento e do sistema fotogramétrico VANT são os principais atrativos desta nova tecnologia em aplicações aerofotogramétricas (EVERAERTS, 2008).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi testar o uso do VANT, tendo como base as técnicas tradicionais de medição em campo, para a avaliação de sobrevivência aos 15 dias após o plantio, quantificação do estoque de madeira em campo e quantificação dos resíduos de processos florestais.



As coletas foram programadas em talhões, entre os meses de junho a setembro de 2016. Estas áreas foram escolhidas por estarem na época da colheita e plantio, com idades aceitáveis para a realização do trabalho.

Para o levantamento e tratamento dos dados foi utilizado mapeamento das áreas através de imagens obtidas com equipamento VANT, geoprocessamento e geoestatístico das informações obtidas. Ainda para validação dos mesmos, foram realizadas medições convencionais e cubagem nas áreas de resíduos.

A primeira etapa para obtenção dos resultados em um projeto fotogramétrico é a obtenção de imagens aéreas, sendo que, a definição do GSD (*Ground Sample Distance*) é o passo principal. Para as avaliações realizadas utilizou-se:

- Avaliação de sobrevivência: GSD 2,0 a 3,0 cm;
- Quantificação dos estoques de madeira em campo: GSD 3,0 a 5,0 cm;
- Quantificação dos resíduos de processo em campo: GSD 3,0 a 5,0 cm

Para estas atividades, utilizou-se o VANT modelo X800 Geo, produzido pela empresa XFly Brasil com 1,18 m de envergadura e 2,5 kg, controlado remotamente (Figura 2). Antes de iniciar o voo realizou-se a programação do mesmo com vistas a definir as áreas de pouso e decolagem, determinar a velocidade e altura do voo, a área a ser fotografada, o intervalo de tempo entre cada fotografia e o percurso a ser seguido para capturar as imagens. A autonomia de voo variou entre 30 a 50 minutos, dependendo das configurações anteriores. Foi acoplada ao VANT uma câmera para capturar as imagens, da marca Sony, modelo Alpha 6000, com tecnologia 4D focus.



Figura 2. VANT modelo X800 Geo da empresa Fly Brasil, utilizado na realização deste trabalho.

Para a coleta de imagens com a qualidade necessária para as avaliações, é de extrema importância a determinação da distância da aeronave em relação ao solo no momento do disparo da imagem. A utilização dessa informação permite a determinação da escala da imagem, que é necessária nas operações de medição eventualmente realizadas sobre as imagens. Essa distância foi determinada para cada levantamento.

O processamento das imagens foi realizado com o auxílio de algoritmos computacionais especialmente construídos para tal. O trabalho foi realizado de forma automatizada, para grandes lotes de imagens, já objetivando a aplicação em escala operacional. A etapa inicial consistiu em uma fase de pré-processamento das imagens, com operações de ajuste de cor globais no lote de imagens. Isso incluiu, por exemplo, operações de equalização, ajuste de brilho, contraste, ajuste por histograma, entre outros.

Na próxima etapa, foram aplicadas várias técnicas de processamento de imagens mais específicas para o tema analisado, como segmentação, análise de forma e área de objetos, por exemplo. Com base nos dados obtidos a partir da sequência de técnicas aplicadas, a imagem passou por uma fase de vetorização, onde os dados foram convertidos do formato matricial (matriz de *pixels*) para vetorial (pontos, arestas, polígonos, entre outros).

A metodologia empregada na identificação de alvos foi baseada na interpretação dos elementos que o caracterizam (Figura 3). A combinação desses elementos e processamento através do PhotoScan, QGIS e ArcGIS, possibilitou discernir um alvo de interesse de um ruído de imagem.

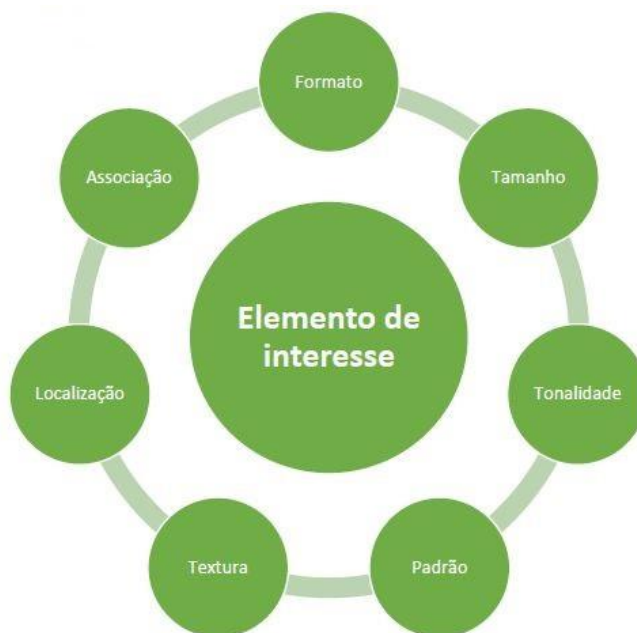


Figura 3. Elementos que compõe a identificação de alvos, através do processamento e interpretação.

## 2.2 Coleta e processamento de dados

### 2.2.1 Avaliação de sobrevivência aos 15 dias após o plantio

Para o levantamento com uso de VANT, o processamento das imagens foi realizado em etapas. Para identificação das mudas, utilizou-se a seguinte sequência (Figura 4):

- Geração de mosaico de ortofoto, utilizando o software PhotoScan, utilizado para modelagem de 3D e mapeamento.
- Identificação das mudas, utilizando softwares GIS;
- Edição dos mapas, utilizando software ArcGIS 10.3;
- Tabulação dos dados através do Excel.

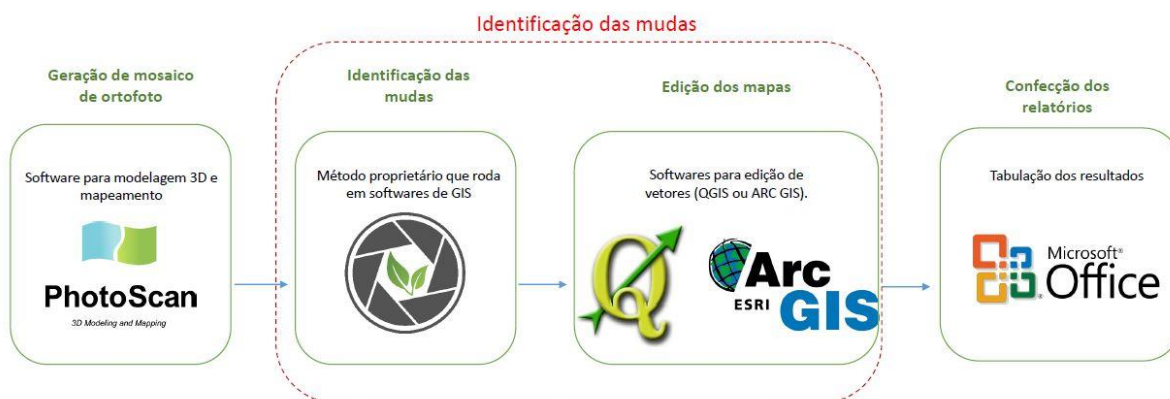


Figura 4. Etapa de processamento das imagens para identificação das mudas.

O princípio de identificação considerou-se as seguintes características: textura, tonalidade e formato. Quando possível, associou à muda a área de solo exposto. O sistema utilizado realizou uma varredura de imagem (pixel a pixel) agrupando pixels que possuíam as mesmas características e classificando-os como vegetação, solo ou resíduos (Figura 5).

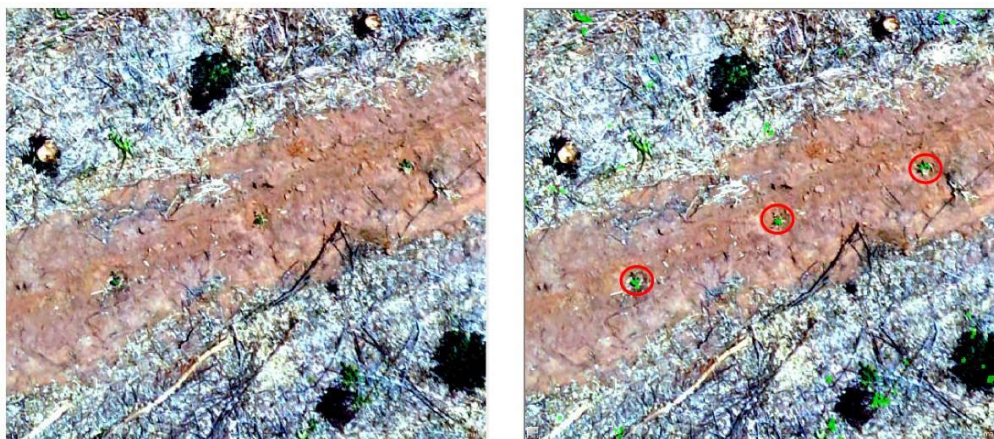


Figura 5. Voo de identificação (esquerda) e classificação das mudas (direita).

A metodologia da empresa para coletada em campo, desconsiderou as linhas de plantio iniciais por serem curtas e também as linhas que não possuíam continuação ao longo de todo talhão. Pois as mesmas não possuem representatividade.

A partir da primeira linha, onde iniciou-se a avaliação, ao final da contagem de plantas na linha, contou-se 15 linhas e iniciou-se uma nova contagem na 16ª linha de plantio (Figura 6).

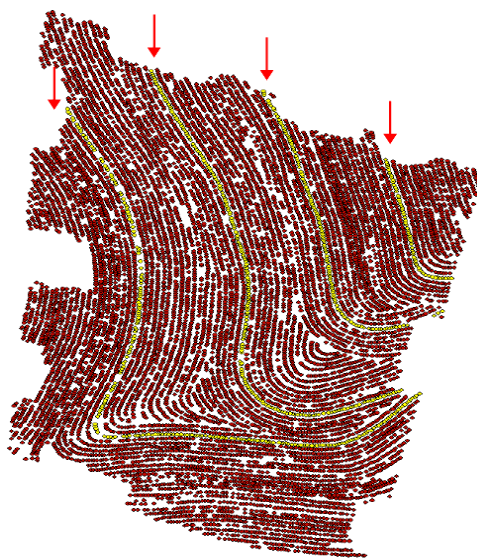


Figura 6. Linhas onde foram realizadas as avaliações de mortalidade.

### 2.2.2 Quantificação do estoque de madeira em campo

Para o processamento e obtenção dos resultados, utilizou-se o PhotoScan para modelagem 3D das pilhas de madeira, obtendo-se o volume estéreo (st) (Figura 7).

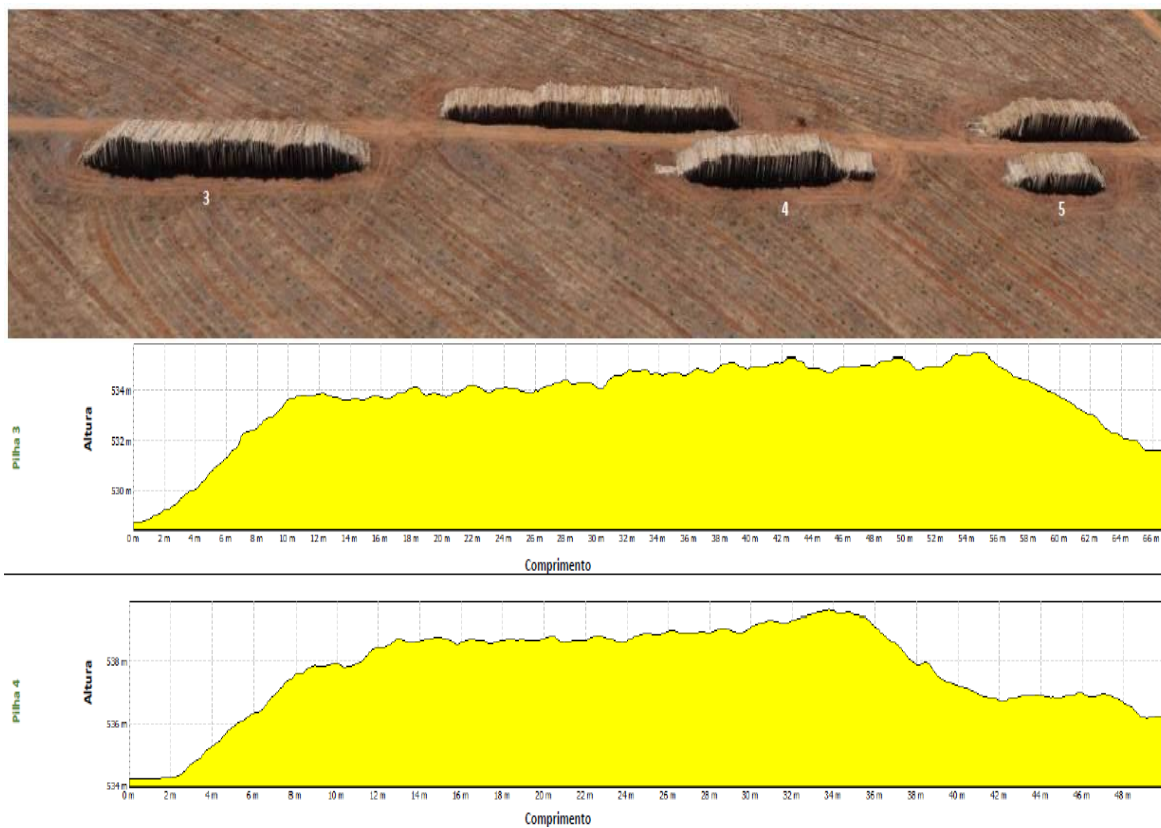


Figura 7. Perfil para modelagem da pilha.

Após obter o volume estéreo, foi realizada a realização o levantamento do fator de empilhamento nas pilhas de madeira amostradas em campo para obtenção do volume em metros cúbicos ( $m^3$ ).

O princípio de identificação foi realizado em um alvo fixo de  $1 m^2$ , separando a área preenchida com madeira das áreas vazias (Figura 8), considerando as seguintes características: comportamento espectral das toras de madeiras e o formato dos alvos. O sistema utilizado realizou a varredura das imagens (pixel a pixel), agrupando pixels que possuam as mesmas características e classificando-os como madeira e área vazia. O fator de conversão de volume (st para  $m^3$ ) foi obtido pela relação de área de madeira presente em  $1 m^2$  do gabarito.

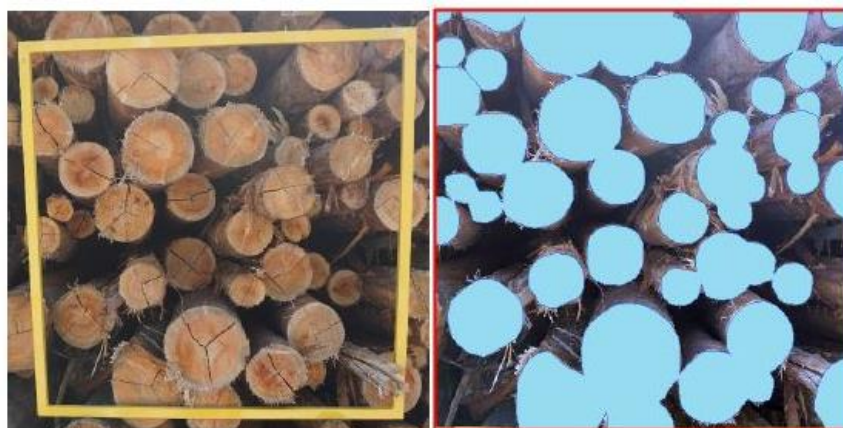


Figura 8. Princípio de identificação para quantificar o estoque de madeira em campo.

Para o levantamento do estoque de madeira, de forma convencional, a empresa possui uma equipe de medição de pilhas de madeira. Para esta medição, considerou-se a primeira altura a partir do ponto em que a mesma segue ao longo do perfil da pilha de madeira. A cada 10 metros foi coletada uma nova altura até o final do perfil da pilha, as “pontas” foram seccionadas representando o encaixe formando um retângulo (Figura 9).

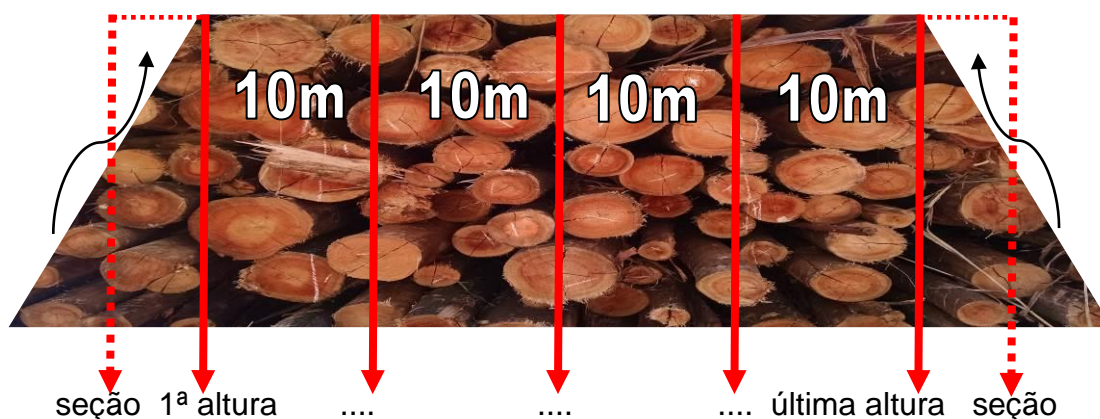


Figura 9. Metodologia para medição de alturas da pilha de madeira.

Então foi medido o comprimento da pilha de madeira com fita métrica de 50m. Estes dados, de altura mais o comprimento, foram anotados em uma ficha de campo.

Já no escritório, foi feito a média das alturas, multiplicou-se pelo comprimento da tora (valor padrão) 6,20m e este resultado multiplicou-se pelo comprimento da pilha de madeira, obtendo assim o volume estéreo (st).

$$\text{Vol}_{\text{st}} = \bar{X}_{\text{alt}} \times 6,20 \text{ (valor padrão)} \times \text{Comprimento pilha}$$

Onde,

$\text{Vol}_{\text{st}}$ : volume estéreo;

$\bar{X}_{\text{alt}}$ : média das alturas;

6,20: comprimento do traçamento das toras.

Para obtenção do volume em metros cúbicos ( $\text{m}^3$ ) também foi determinado o fator de empilhamento, sendo a metodologia empregada semelhante com a utilizada pelo VANT. Colocou-se um gabarito de  $1\text{m}^2$  na pilha de madeira e mediu-se o diâmetro de todas as toras dentro do esquadro (Figura 10).



Figura 10. Fator de forma da pilha de madeira.

Esses valores foram lançados em uma planilha que determinou o fator para a pilha de madeira ponderando as amostras coletadas pelo volume estéreo. Este fator foi utilizado para a conversão do volume em metros cúbicos ( $m^3$ ).

Para análise comparativa considerou-se os dados de madeira posto fábrica. O primeiro dado foi o volume estéreo, obtido através da coleta da altura da carga já no caminhão; comprimento das toras, através do controle de qualidade do processo de colheita e largura do caminhão, que foram lançados no sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) e retornaram o valor em estéreo. Outro dado, foi o peso em toneladas (t), o caminhão foi pesado na balança ao sair da fábrica e ao retornar carregado pesado novamente, obtendo o volume de carga em toneladas.

### **2.2.3 Quantificação dos resíduos de processos florestais**

A quantificação dos resíduos deixado pelos processos florestais, é uma informação muito almejada pelas empresas. Entretanto, a quantificação é bastante onerosa através dos métodos convencionais.

Com o uso do VANT foi possível a quantificação desses resíduos. Para tal, inicialmente instalou-se 6 parcelas aleatórias de 703m<sup>2</sup> para cubagem rigorosa dos resíduos do processo de remoção de *forwarder* (Figura 11).



Figura 11. Parcelas aleatórias para cubagem.

Essa cubagem auxiliou no ajuste da equação volumétrica com base nas variáveis de diâmetro, comprimento e superfície para o modelo de colheita *harvester + forwarder* sistema toras curtas (modelo utilizado pela empresa). A figura 12, demonstra a dispersão do volume de resíduos de acordo seu comprimento. Como trata-se de resíduos, o modelo ajustado mostrou-se satisfatório, uma vez que há uma concentração maior de resíduos nos menores comprimentos, pois toras maiores que 6 metros são produtos de processos e não mais resíduos.

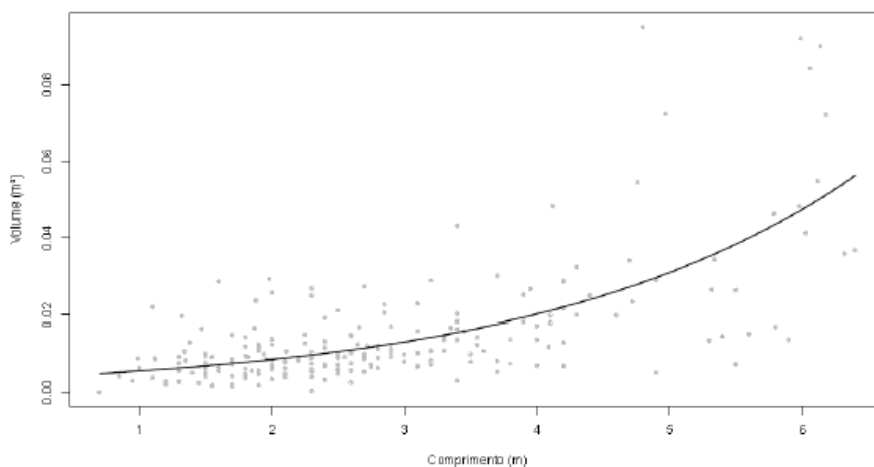


Figura 12. Curva de ajuste da equação volumétrica.

Em seguida para o processamento das amostras e quantificação dos resíduos, instalou-se 19 parcelas sistemáticas de 703 m<sup>2</sup>. Após o processamento do algoritmo ajustado ao modelo, obteve-se o volume de resíduos por parcela (Figura 13).

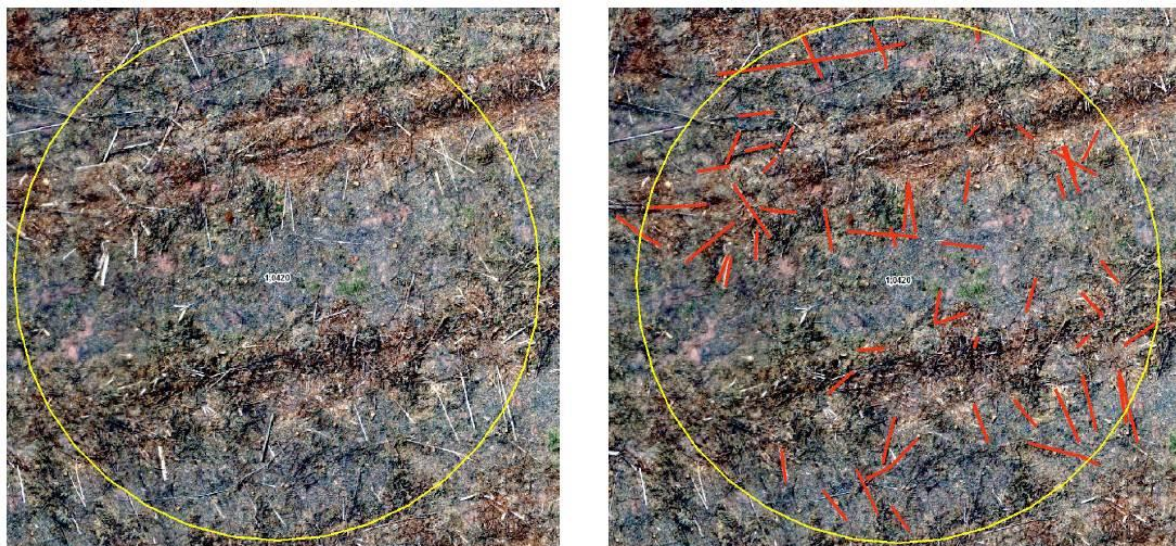


Figura 13. Parcelas sistemáticas para quantificação do resíduo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Avaliação de sobrevivência aos 15 dias após o plantio

Na tabela 2 são apresentados os resultados obtidos para a avaliação de sobrevivência. Para a estimativa da sobrevivência, foi considerado o espaçamento utilizado para a determinação do “*stand*” de mudas por hectares (ha). Por padrão, a empresa utiliza o espaçamento de 3,80m x 2,10m, logo o “*stand*” esperado é de 1.253 mudas.ha<sup>-1</sup>. A área considerada para o levantamento foi apenas a área útil de 10,09 ha do talhão.

Ao avaliar o espaçamento em campo, verificou-se que o mesmo estava na média de 4,08m x 1,92m. Sendo assim, o “*stand*” recomendado passa a ser 1277 mudas.ha<sup>-1</sup>. Por ser uma área de reforma florestal, é realizado o plantio entre as cepas do plantio anterior, interferindo no espaçamento. Porém, quando há um espaçamento maior entre linhas do que o padrão utilizado, adensa-se o espaçamento entre plantas para manter o “*stand*”.

Tabela 2. Comparativo da sobrevivência aos 15 dias de plantio.

	Total de plantas	Stand (mudas.ha <sup>-1</sup> )	Sobrevivência (%)
Censo	12.149	1.204	94,29
Amostragem	12.480	1.237	96,86
Convencional	12.259	1.215	95,14
Recomendado	12.885	1.277	100,00

A relação entre o “*stand*” de mudas.ha<sup>-1</sup> e o índice de sobrevivência são apresentados na figura 14. A amostragem realizada através do VANT apresentou o melhor resultado de equivalência com a recomendação.

Acredita-se que o método de amostragem seja menos tendencioso que o censo. Pois principalmente nas áreas de reforma, ocorre os realinhamentos ou plantio entre cepas e o censo não faz essa leitura do reajuste do espaçamento.

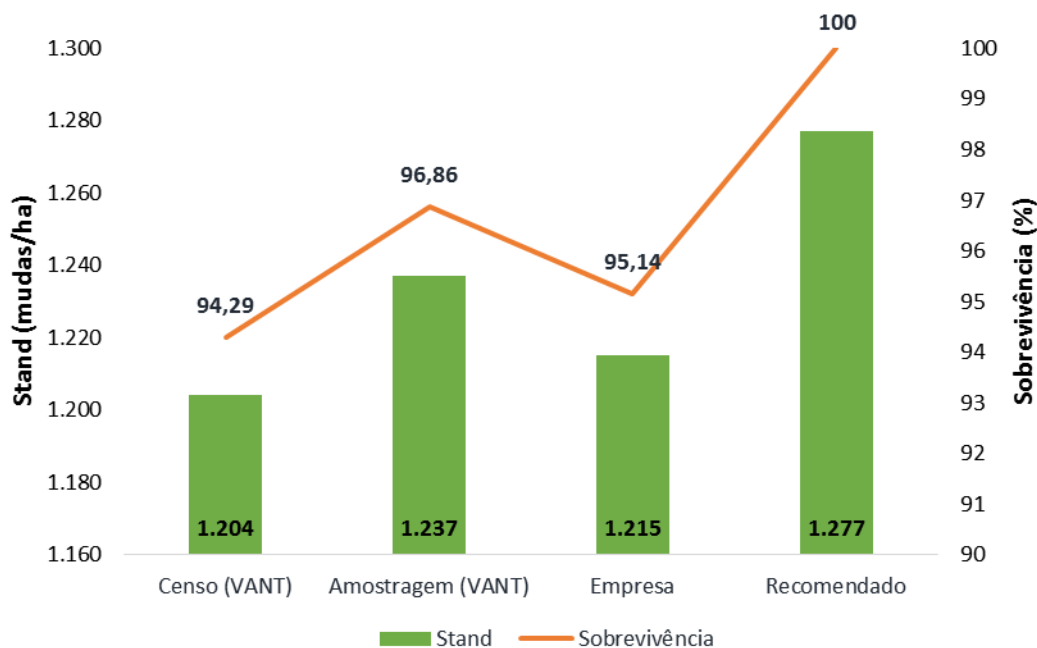


Figura 14. Relação do “stand” x índice de sobrevivência.

### 3.2 Quantificação do estoque de madeira em campo

Os resultados do estoque de madeira em campo obtidos através da medição das pilhas de madeira e levantamento com VANT, foram comparados com base na informação de madeira posto fábrica. As tabelas 3 e 4 apresentam os resultados obtido para as fazendas Globo e Recreio, respectivamente.

Tabela 3. Comparativo dos volumes de madeira na fazenda Globo.

Fazenda Globo	Volume (st)	Varição st (%)	Fator st/m <sup>3</sup>	Volume (m <sup>3</sup> )	Varição m <sup>3</sup> (%)	Fator st/t	Volume (t)	Varição t (%)
Medição de campo	6.012,33	94,44	1,65	3.643,84	91,58	0,43	2.585,30	80,72
VANT	6.166,57	96,86	1,68	3.670,58	92,25	0,43	2.774,96	86,64
Fábrica	6.366,22	100,00	-	3.978,89	100,00	-	3.202,89	100,00

De acordo a tabela 3, pode-se observar que no volume st existe uma variação de 2,42% entre o levantamento com VANT e a medição de campo realizado pela empresa. Entretanto, ao analisar o volume m<sup>3</sup> a diferença reduziu para 0,67%.

Ao comparar os levantamentos com o volume st posto fábrica, é subestimado em 3,14% e 5,56% o volume de madeira. Quando o volume é convertido de metro estéreo para metros cúbicos, essa diferença passa a ser 7,75% e 8,42%, respectivamente.

Pode-se observar também que ao converter o volume st para tonelada, a variação entre os resultados dos levantamentos comparados com o de fábrica aumentam. Porém, o fator utilizado para conversão (st/t), é um valor padrão adotado pela empresa. Como a densidade, teor de umidade da madeira e outros fatores interferem na pesagem da madeira, o erro pode ser considerado como um fator com valor fixo.

De acordo a tabela 4, observa-se que no volume st existe uma variação de 4,26% entre o levantamento com VANT e a medição de campo convencional realizada pela empresa. Entretanto, ao analisar o volume m<sup>3</sup> a diferença reduziu para 3,57%.

Tabela 4. Comparativo dos volumes de madeira na fazenda Recreio.

Fazenda Recreio	Volume (st)	Varição st (%)	Fator st/m <sup>3</sup>	Volume (m <sup>3</sup> )	Varição m <sup>3</sup> (%)	Fator st/t	Volume (t)	Varição t (%)
Medição de campo	5.844,36	97,49	1,60	3.643,95	111,01	0,43	2.513,07	111,01
VANT	6.099,67	101,75	1,73	3.527,02	107,44	0,43	2.622,86	115,86
Fábrica	5.994,61	100,00	-	3.282,67	100,00	-	2.263,91	100,00

Ao comparar com o volume st posto fábrica, a medição de campo subestimou em 2,51% e o VANT superestimou em 1,75% o volume de madeira. Quando converte-se de estéreo para metros cúbicos há uma superestimava de 11,01% e 7,44%, respectivamente.

Pode-se observar também que ao converter o volume st para tonelada, a variação entre os resultados dos levantamentos comparados com o de fábrica aumentam.

Dos resultados apresentados, a única medição realizada para os três fatores analisados é o volume st. Com base nesse fator, observa-se que o levantamento de VANT é o resultado que mais se aproxima do posto fábrica, logo o que melhor representa o valor real. Os demais fatores analisados são obtidos

através de fatores de transformação o que pode acarretar em erros devido à influência de variáveis não analisadas.

### 3.3 Quantificação dos resíduos de processos florestais

Para quantificação dos resíduos de processos florestais, foi considerado apenas as toras de madeiras descascadas. Estas toras foram agrupadas por classe de comprimento e estratificadas como resíduo de processo do *harvester* toras com comprimento menor que 3 metros e resíduo de processo do *forwarder* toras maiores que 3 metros.

Obteve-se um volume médio por parcelas de 0,64 m<sup>3</sup>. Dessa forma, o volume total foi de 9,09 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Figura 15).

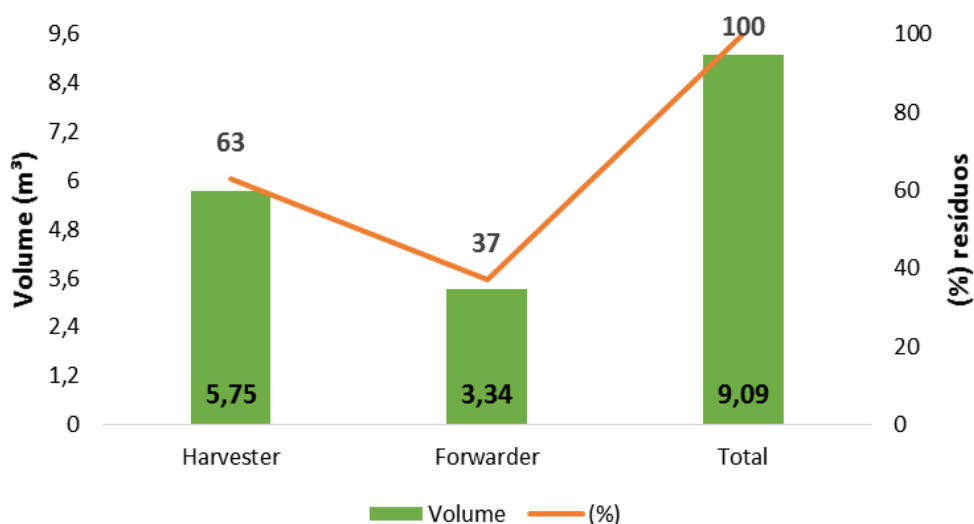


Figura 15. Estratificação dos resíduos de processos florestais.

Através do resultado apresentado, pode-se observar que a principal questão são as falhas de processo. Os resíduos provenientes de *harvester* são toras processadas que não foram previamente dimensionadas e ao serem tracionadas, ficaram com comprimento inferior ao do processo de remoção.

As falhas do processo de remoção consistem no excesso do enchimento do compartimento de carga do *forwarder*, causando a queda de toras ao longo do deslocamento até a pilha e também a coleta das toras que não preenchem a garra no momento da coleta e são deixadas para trás.

#### 4. CONCLUSÃO

Para a avaliação de sobrevivência aos 15 dias após o plantio, os resultados obtidos através do VANT foram satisfatórios, quando comparados com o método convencional. O uso deste equipamento permitiu, além da avaliação quantitativa, a avaliação geográfica e espacializada do problema, tornando possível a tomada de decisão e intervenção de forma eficaz e precisa.

Para a quantificação do estoque de madeira em campo, os resultados obtidos (volume estéreo) apresentaram baixa variabilidade com relação ao volume posto fábrica. Para a determinação do volume das pilhas de madeira e o fator de empilhamento das mesmas, os resultados tanto quantitativos quanto de rendimento foram superiores quando comparados ao método convencional de medição.

Para a quantificação dos resíduos de processos florestais, o uso do VANT se mostrou eficaz na classificação das classes diamétricas, podendo determinar qual dos processos (colheita ou remoção) podem contribuir para a geração destes resíduos. Para a determinação do volume dos mesmos também obteve-se resultados satisfatórios e condizentes com a cubagem realizada em campo.

De forma geral, o uso do VANT apresentou resultados e rendimento melhores que o método convencional de medição para os processos avaliados. Sendo que este já tem sido adotado por algumas empresas, devido a precisão das informações, qualidade na coleta e transmissão dos dados. Com isto, é possível obter resultados importantes para determinação de planos de ação em casos em que a produtividade possa ser comprometida, reduzindo eventuais problemas de produção de madeira e abastecimento das fábricas consumidoras.

## 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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.

EVERAERTS, J. The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVS) for remote sensing and mapping. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXVII*, p.1187–1192. 2008.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório anual**. Disponível em: [http://iba.org/images/shared/iba\\_2015.pdf](http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf). Brasília, 2015. 77p.

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

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, F. A.; ALONÇO, A. S.; BALESTRA, M. R. G.; DIAS, V. O.; JÚNIOR, M. L. L. Utilização de um veículo aéreo não tripulado em atividades de imageamento georreferenciado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2375-2378, 2008.

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.

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