











SOBREVIVÊNCIA EM PLANTIOS JOVENS DE *Eucalyptus* sp., COM VANT

Adriane Avelhaneda Mallmann¹, Kauana Engel, Alexandre Behling, Ana Paula Dalla Corte, Carlos Roberto Sanquetta, Claiton Nardini, Jonathan William Trautenmüller,
Lucas Henderson de Oliveira Santos

1 Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. E-mail: mallmann.adriane@gmail.com; kauanaeg@gmail.com; alexandre.behling@gmail.com; anapaulacorte@gmail.com; carlossanquetta@gmail.com; claitonardini@gmail.com; jwtraute@gmail.com; lucashendersonohs@gmail.com
Autor correspondente: Adriane Avelhaneda Mallmann. E-mail: mallmann.adriane@gmail.com.

RESUMO

O sensoriamento remoto vem ganhando espaço no meio florestal na estimativa da sobrevivência de plantios florestais. O objetivo deste trabalho foi estimar a sobrevivência de plantios de *Eucalyptus* sp. por meio de um modelo de razão e verificar se os dados obtidos por Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) podem ser utilizados nessas estimativas. Os locais de estudo correspondem a dois plantios de *Eucalyptus* sp. em Ortigueira-PR. A estimativa da sobrevivência das parcelas VANT e Inventário Florestal de Qualidade (IFQ), foi realizada por meio do Modelo de Razão. A comparação entre as estimativas foi realizada utilizando intervalo de confiança. O plantio A apresentou maior percentual de sobrevivência, tanto nas estimativas do VANT quanto do IFQ, 96,5% e 98,5%, respectivamente. O plantio B apresentou 94,6% e 93,8% de sobrevivência, com estimativas de IFQ e VANT, respectivamente. As estimativas de sobrevivência do VANT pelo Modelo de Razão ficaram dentro do intervalo de confiança calculado para o IFQ, mostrando ambos os métodos não diferem estatisticamente. Desse modo, conclui-se que o VANT é uma alternativa potencial para ser utilizada em estimativas de sobrevivência.

Palavras-chave: Falhas de plantio; inventário florestal; Modelo de Razão

SURVIVAL IN YOUNG PLANTS OF Eucalyptus sp., WITH UAV

ABSTRACT

Remote sensing has been gaining ground in the forestry sector for estimating the survival of forest plantations. The objective of this study was to estimate the survival of Eucalyptus sp. plantations using a ratio model and to determine if data obtained from Unmanned Aerial Vehicles (UAV) can be used for these estimates. The study sites correspond to two Eucalyptus sp. plantations in Ortigueira, PR, Brazil. The survival estimates for the UAV plots and the Forest Quality Inventory (FQI) were performed using the Ratio Model. The comparison between the estimates was conducted using confidence intervals. Plantation A showed a higher percentage of survival, with estimates of 96.5% for UAV and 98.5% for FQI. Plantation B had survival rates of 94.6% for FQI and 93.8% for UAV. The survival estimates obtained from the UAV using the Ratio Model fell within the confidence interval calculated for the FQI, indicating that both methods do not differ statistically. Thus, it is concluded that UAV are a potential alternative to be used in survival estimates.

Key words: *Planting failures; forest inventory; Ratio Model*

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MENSURAÇÃO FLORESTAL



VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro é reconhecido internacionalmente por suas rotações curtas e alta produtividade em plantios. No entanto, manter o crescimento da produção é um desafio (Gonçalves *et al.*, 2014). O país possui aproximadamente 9,93 milhões de hectares de plantios florestais, e essas áreas têm aumentado anualmente, principalmente devido a novos plantios de *Eucalyptus* sp. (IBÁ, 2022). Para o melhor manejo de tais áreas, o uso do inventário florestal tem como objetivo coletar diversas informações como a sobrevivência das mudas após o plantio (Ruza *et al.*, 2017).

A quantificação das falhas de plantio é crucial para que a silvicultura possa agir a tempo, implementando medidas como replantio, controle de plantas daninhas e controle de pragas. Essas intervenções têm como objetivo alcançar a máxima uniformidade na estrutura do plantio, pois essa homogeneidade está diretamente ligada à produtividade (Hakamada *et al.*, 2015). Porém, a coleta de dados pode tornar o empreendimento oneroso, sendo uma das maiores dificuldades apresentadas, sendo de extrema importância reduzir os custos e o tempo necessários para obter informações sobre os plantios florestais.

Assim, o uso de técnicas de sensoriamento remoto, como os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), tem se tornado uma alternativa viável no setor florestal para obter dados qualitativos e quantitativos dos plantios. Os VANTs se destacam devido ao baixo custo operacional, alta resolução espacial e temporal, além da flexibilidade na aquisição dos dados. Essas vantagens têm impulsionado sua crescente aceitação como ferramenta auxiliar ao inventário florestal. (Torresan *et al.*, 2017).

Assim, este estudo visa responder se é possível estimar a sobrevivência de plantios jovens de *Eucalyptus* sp. usando VANT. O objetivo principal é realizar a estimativa da sobrevivência em plantios jovens de *Eucalyptus* sp. por meio do modelo de razão, a partir de dados obtidos das imagens VANT.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Os locais de estudo são dois plantios monoclonais de *Eucalyptus* sp. da Klabin S.A., localizados no município de Ortigueira - PR. O Plantio A é constituído de *Eucalyptus saligna* Sm., enquanto o Plantio B de *E. grandis* W. Hill x *E. urophylla* S. T. Blake, abrangendo áreas de 38,39 ha e 54,19 ha, respectivamente. Durante o estudo, todos os plantios possuíam aproximadamente um ano de idade, com sobreposição das copas na linha e sobreposição parcial entre as linhas.

Aquisição de dados - Inventário Florestal de Qualidade (IFQ)

Os dados de campo foram coletados durante o Inventário Florestal de Qualidade (IFQ). As parcelas foram distribuídas aleatoriamente nos plantios possuindo formato retangular, contendo

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

4 linhas com 5 árvores cada, totalizando em média 20 árvores.covas⁻¹ por parcela. O espaçamento estabelecido entre as árvores foi de 1,8 m x 3,3 m, resultando em uma área de 5,94 m² por planta.

Todas as árvores em cada parcela foram mensuradas. No Plantio A, foram amostradas 261 árvores em 13 parcelas. No Plantio B foram amostradas 222 árvores em 11 parcelas. Além disso, a posição geográfica de cada parcela foi registrada utilizando o *GPS Garmin 62CSX*. Conforme o manual do proprietário da série *GPSMAP 62*, a margem de erro para a localização exata é de ± 12 pés (ou 3,66 m).

Aquisição e processamento de dados - VANT

Os voos foram realizados em novembro de 2018. O Plantio A foi mapeado com a plataforma *Phantom* e sensor RGB, com resolução espacial de 3 cm. O Plantio B foi mapeado com a plataforma *Parrot Disco* e sensor multiespectral *Sequoia*, com resolução espacial de 4,5 cm. Ambos os plantios foram cobertos em 70 x 70% lateral e longitudinalmente. O uso de plataformas diferentes não afetou a obtenção dos produtos cartográficos, uma vez que apenas as bandas RGB dos sensores foram usadas no processamento das imagens.

As imagens aéreas foram adquiridas em dias de céu claro, sem nuvens, dentro da janela de voo estabelecida entre 9 horas e 15 horas. A trajetória de voo adotada foi de aquisição simples, respeitando a altura de voo de 120 metros, em conformidade com as regulamentações da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). As imagens brutas foram importadas e processadas no software *Pix4D*, resultando na criação do ortomosaico, onde foram delineadas parcelas circulares de 1 ha, alinhadas com a localização central das parcelas de campo (IFQ), e nelas foram identificados os pontos de falhas no plantio que foram definidas como a ausência de árvores na linha de plantio, e a identificação desses pontos foi realizada por meio de fotointerpretação.

Estimativa da Sobrevivência - Modelo de Razão

A estimativa da sobrevivência das parcelas VANT e IFQ, foi realizada por meio do modelo de razão, demonstrado por Péllico Netto e Behling (2019), expresso na Equação 1.

$$\hat{R} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (1)$$

Em que: \hat{R} é o coeficiente angular estimado (razão); x_i é o número esperado de árvores por hectare obtido na parcela i ; y_i é o número real de árvores por hectare na parcela i .

Avaliação das estimativas

A verificar a precisão dos valores de sobrevivência gerados por meio do Modelo de Razão nas abordagens VANT e IFQ, foi realizado o cálculo do intervalo de confiança (IC). O IC apresenta a amplitude dos dados que podem ser encontrados em termos de sua média, gerados a partir do limite inferior e superior (Péllico Netto & Brena, 1997). Para isso foi calculada a sobrevivência por hectare (Equação 2) e o IC para a abordagem VANT e para o IFQ (Equação 3).

$$\hat{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{R} x_i}{n} \quad (2)$$

$$IC = \hat{Y} \pm t \sqrt{s_{\hat{Y}}^2} \quad (3)$$

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

Em que: \hat{R} é o coeficiente angular estimado (razão); x_i é o número esperado de árvores por hectare obtido na parcela i ; \hat{Y} é a média da estimativa de árvores por hectare; n é o número de parcelas. IC é o intervalo de confiança; t é o valor da estatística *t-Student* para um nível de significância (α) de 0,01 e $(n - 1)$ graus de liberdade; e $s_{\hat{Y}}^2$ é a variância da estimativa do número de árvores por hectare.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimativa da Sobrevivência - Modelo de Razão

Conforme a Tabela 1, o plantio A apresentou maior percentual de sobrevivência, tanto nas estimativas do VANT quanto IFQ, 96,5% e 98,5%, respectivamente. A estimativa do VANT da média de árvores vivas por hectare foi de 1.626, dentro do intervalo de confiança (I) do IFQ, que foi de 1.659 ± 44 , mostrando que para este plantio, as estimativas de ambos os métodos não diferem.

O plantio B apresentou 94,6% e 93,8% de sobrevivência ($S_{\%}$), com estimativas de IFQ e VANT, respectivamente. A média de árvores vivas por hectare estimada pelo VANT foi de 1.580 e esteve dentro do intervalo de confiança do inventário de campo ($I = 1.593 \pm 121$), logo, os métodos não diferem.

Tabela 1. Estimativa da sobrevivência por Inventário Florestal de Qualidade (IFQ) e VANT

Parâmetros	IFQ		VANT	
	Plantio A	Plantio B	Plantio A	Plantio B
\hat{Y}	1.659	1.593	1.626	1.58
\hat{R}	0,98	0,95	0,97	0,94
$s_{\hat{Y}}^2$	216	1.471	23	177
$s_{\hat{Y}}$	15	38	5	13
$S_{yx\%}$	2,7%	7,6%	0,9%	2,7%
IC	1.659 ± 44	1.593 ± 121	1.626 ± 14	1.580 ± 42
$F_{\%}$	1,5	5,4	3,5	6,2
$S_{\%}$	98,5	94,6	96,5	93,8

Em que: \hat{Y} é a média da estimativa de árvores por hectare; \hat{R} é o coeficiente angular estimado (razão); $s_{\hat{Y}}^2$ é a variância da estimativa do número de árvores por hectare; $s_{\hat{Y}}$ é erro padrão da estimativa do número de árvores por hectare; $S_{yx\%}$ é erro relativo de amostragem; IC é o intervalo de confiança; $S_{\%}$ = sobrevivência relativa

De acordo com Silva *et al.* (2018), o uso dos VANTs em inventários de sobrevivência pode ser uma alternativa viável, desde que o erro de amostragem seja em torno de 6,9% a 10,2%. Para este estudo, foram encontrados valores de 2,7% e 7,6% no inventário convencional (IFQ) e de 0,9% e 2,6% com o levantamento feito por VANT, respectivamente para os plantios A e B. Observou-se que o uso de VANT resultou em um menor erro de amostragem ($S_{yx\%}$).

Na avaliação da sobrevivência com VANT, Guo *et al.* (2021) obtiveram uma precisão entre 91% e 96%, semelhante ao presente estudo. Além de apresentar boa precisão em comparação ao IFQ, o uso de VANT também demonstrou um menor intervalo de confiança, o que reduz a probabilidade de erros nessa técnica. Embora o uso de modelos para estimativa de sobrevivência seja amplamente difundido, como demonstrado por Ruza *et al.* (2017) e Castilla *et al.* (2020), a maioria desses trabalhos relaciona modelos tradicionais às estimativas de confiabilidade do levantamento de sobrevivência.

O modelo de razão utilizado neste estudo se mostrou satisfatório para estimar os parâmetros do levantamento de sobrevivência. Segundo Péllico Netto e Behling (2019), esse modelo foi tão

VI Encontro Brasileiro de Mensuração Florestal

satisfatório quanto outras estimativas tradicionais. Portanto, a abordagem com VANT e o uso do modelo de razão podem ser uma alternativa promissora para estimativas de sobrevivência.

CONCLUSÃO

Por meio do uso de VANT é possível estimar a sobrevivência de plantios jovens de *Eucalyptus sp.*

O modelo de razão utilizado para as estimativas de sobrevivências dos plantios de *Eucalyptus sp.* se mostrou satisfatório, podendo assim, ser utilizados em novos inventários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castilla, G.; Filiatrault, M.; Mcdermid, G. J.; Gartrell, M. Estimating individual conifer seedling height using drone-based image point clouds. **Forests**, v. 11, n. 9, e924, 2020. <https://doi.org/10.3390/f11090924>.
- Gonçalves, J. L. DE M.; Alvares, C. A.; Behling, M.; Alves, J. M.; Pizzi, G. T. A. A. Produtividade de plantações de eucalipto manejadas nos sistemas de alto fuste e talhadia, em função de fatores edafoclimáticos. **Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, p.411-419, 2014. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr103/cap11.pdf>. Acesso em: 19 Fev. 2023.
- Guo, X.; Liu Q.; Sharma, RP.; Chen, Q.; Ye, Q.; Tang, S.; Fu, L. Tree recognition on the plantation using UAV images with ultrahigh spatial resolution in a complex environment. **Remote Sensing**, v. 13, n. 20, e4122, 2021. <https://doi.org/10.3390/rs13204122>
- Hakamada, R. E.; Stape, J. L.; Lemos, C. C. Z.; Almeida, A. E. A.; Silva, L. F. Uniformidade entre árvores durante uma rotação e sua relação com a produtividade em *Eucalyptus* clonais. **Cerne**, v. 21, n. 3, p.465-472, 2015. <https://doi.org/10.1590/01047760201521031716>.
- Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ. **Relatório Anual 2022**. São Paulo: IBÁ, 2022. 87p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2023.
- Péllico Netto, S.; Behling, A. Additivity of tree biomass components using ratio estimate. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 3, p. e20180272, 2019. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180272>
- Péllico Netto, S.; Brena, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba: Os Autores, 1997. 316 p.
- Ruza, M. S.; Dalla Corte, A. P.; Hentz, A. M. K.; Sanquetta, C. R.; Silva, C. A.; Schoeninger, E. Inventário de Sobrevivência de povoamento de *Eucalyptus* com uso de Redes Neurais Artificiais em Fotografias obtidas por VANTs. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 1, p. 83-88, 2017. <https://doi.org/10.34062/afs.v4i1.4169>
- Silva, N.; Corte, A. P.; Piva, L.; Sanquetta, C. R. Interpretação de imagens de veículos aéreos não tripulados para avaliação da sobrevivência de mudas em plantios florestais. **Enciclopedia Biosfera**, v. 15, n. 27, 2018. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2018A56.
- Torresan, C.; Berton, A.; Carotenuto, F.; Di Gennaro, S. F.; Giolli, B.; Matese, A.; Miglietta, F.; Vagnoli C, Zadei A, Wallace L. Forestry applications of UAVs in Europe: a review. **International Journal of Remote Sensing**, v. 38, n. 8-10, p. 2427-2447, 2017. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1252477>.