

ESTIMATIVA DA ALTURA DE ÁRVORES DE *PINUS TAEDA* L., EM DIFERENTES IDADES COM USO DE DRONES ¹

Ana Júlia Roncato Tridapalli², Veraldo Liesenberg³, Geedre Adriano Borsoi⁴, Leonardo Josué Biffi⁵

¹ Vinculado ao projeto “Potencial de dados remotamente situados para o monitoramento da vegetação, análise de risco e desastres no estado de Santa Catarina”

² Acadêmica do Curso de Engenharia Florestal – CAV – Bolsista PIBIC/CNPq

³ Orientador, Departamento de Engenharia Florestal – CAV – veraldo.liesenberg@udesc.br

⁴ Colaborador, Departamento de Engenharia Florestal – CAV

⁵ Colaborador, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – CAV

O setor florestal catarinense corresponde a aproximadamente 7% do PIB e exige mão de obra especializada em determinadas atividades ao longo do ciclo produtivo. Nos plantios florestais, destaca-se a predominância do *Pinus taeda* L., que representa cerca de 70% da área plantada, estimada atualmente em 1,03 milhão de hectares. No entanto, o uso de aeronaves remotamente pilotadas (ARP), comumente conhecidas como drones, ainda carece de experimentos que demonstrem sua viabilidade para atividades de inventário florestal.

Assim, o presente estudo foi conduzido em uma fazenda pertencente a uma empresa madeireira, situada no município de Lages (SC). Foram identificados talhões de *Pinus taeda* L. em diferentes idades (8 anos; 12 anos, com um desbaste já realizado; e 15 anos, com dois desbastes). O objetivo geral foi comparar as alturas obtidas em campo com as oriundas de ARP. Para a análise estatística foram consideradas 50 árvores em cada idade, totalizando 150 árvores.

Foi selecionado o drone Phantom 4 Pro V2, para o qual foi necessário criar um plano de voo utilizando o aplicativo *DroneDeploy*. Nesse processo, foram definidos o limite da área a ser mapeada, a altura de voo em cada etapa, bem como uma sobreposição frontal de 85% e uma sobreposição lateral de 75%. Foram estabelecidos dois planos de voo em alturas distintas: um a 80 metros acima do solo (voo A) com orientação de leste a oeste e outro a 100 metros acima do solo (voo B) com orientação de norte a sul. Para garantir um bom posicionamento, foram determinados pontos de controle em cinco locais específicos, marcados com calcário, com a finalidade de identificá-los nas imagens capturadas pela ARP. Em seguida, as coordenadas de cada ponto de controle foram obtidas por meio do receptor GNSS RTK (Real-time Kinematic).

O processamento das imagens digitais foi realizado com o aplicativo *Agisoft Metashape Pro 1.1*. Foram executados três processamentos distintos: Experimento 1, que utilizou os dados do voo A; Experimento 2, com base nos dados do voo B; e Experimento 3, que combinou os dados dos voos A e B. Em cada um desses experimentos, o Modelo Digital de Alturas (MDA) foi gerado por meio da diferença entre o Modelo Digital de Superfície (MDS) e o Modelo Digital de Terreno (MDT).

Inicialmente, foi realizado o alinhamento das fotos por meio da aerotriangulação, que envolveu a identificação de pontos correspondentes entre as imagens, resultando na construção de uma nuvem de pontos esparsa. Em seguida, ocorreu o alinhamento da câmera para corrigir possíveis distorções com suporte dos pontos de controle, e, por fim, a construção da nuvem densa de pontos com qualidade média. Para finalizar, foram confeccionados o ortomosaico, o Modelo

Digital de Superfície (MDS) e o Modelo Digital de Terreno (MDT). Este último passou por um refinamento por meio de classificação supervisionada do terreno.

Posteriormente, com o aplicativo ArcGIS 10.8, as informações foram padronizadas em relação à resolução espacial utilizando a ferramenta "resample". Em seguida, foi aplicada a ferramenta "raster calculator" para calcular o Modelo Digital de Alturas (MDA) por meio da simples subtração entre o MDS e o MDT. Para extrair as alturas das árvores de interesse visíveis no ortomosaico, foi criado um "Buffer" sobre o MDA com um raio de 1,3 metros. Por fim, a ferramenta "Zonal Statistics" permitiu determinar o maior valor, este atribuído a altura individual.

Como resultado, a Figura 1 mostra os resultados das análises métricas, que englobaram o cálculo do erro quadrático médio (RMSE) e do erro médio absoluto (MAE). Essas análises tiveram como objetivo avaliar a concordância entre os valores previstos e os valores observados em campo (Figura 2). Em geral, todos os experimentos apresentaram variações inferiores aos valores observados em campo, principalmente nos talhões de 12 e 15 anos, onde a densidade das copas dificulta a visão do terreno sob a perspectiva da câmera utilizada na ARP. No entanto, observou-se que o processamento agrupado resultou em valores estimados mais próximos dos observados, embora tenha havido uma tendência de subestimação. Isso ressalta a necessidade de conduzir estudos adicionais, explorando diferentes parâmetros de geometria do sensor, como a inclinação da câmera, e a redução das alturas de voo para melhorar a penetração do dossel e aumentar a resolução espacial. Alternativamente, mediante disponibilidade de recursos, podem ser sugeridas a aquisição de dados LIDAR (Light Detection and Ranging) atualmente disponíveis em ARPs.

(A)					
Análise	Observado	Experimento			
		3	1	2	
Média	12,7	10,3	8,1	7,9	m
Desvio Padrão	1,3	1,1	0,8	0,9	m
CV	10,0	10,6	10,2	11,0	%
Máximo	14,8	12,8	9,6	9,2	m
Mínimo	9,8	8,2	6,3	6,4	m
Mediana	13,0	10,2	8,1	7,8	m
(B)					
Análise	Observado	Experimento			
		3	1	2	
Média	21,3	13,2	8,4	7,4	m
Desvio Padrão	1,6	5,2	4,5	4,5	m
CV	7,5	39,3	53,1	61,6	%
Máximo	24,1	22,6	16,6	16,3	m
Mínimo	16,9	3,1	1,3	0,5	m
Mediana	21,5	14,4	9,5	9,0	m
(C)					
Análise	Observado	Experimento			
		3	1	2	
Média	24,82	16,3	16,0	14,37	m
Desvio Padrão	1,54	5,2	1,7	2,19	m
CV	6,19	32,1	10,4	15,22	%
Máximo	27,50	18,9	16,6	18,4	m
Mínimo	21,10	11,9	1,3	7,6	m
Mediana	25,25	16,6	9,5	14,4	m

Figura 1. Estatísticas dos três experimentos para 8 (A), 12 (B) e 15 anos (C).

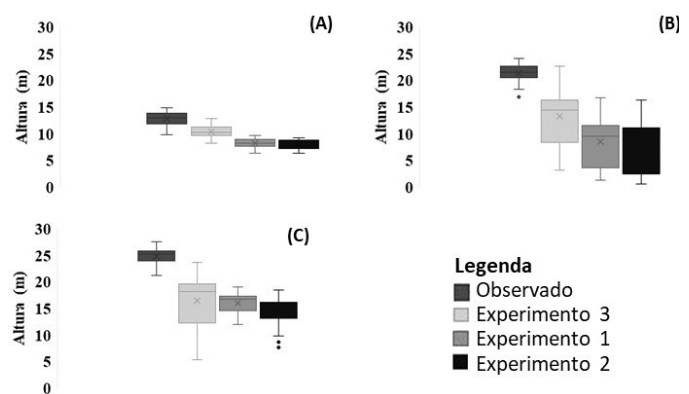


Figura 2. Boxplot para as alturas de 8 (A), 12 (B) e 15 anos (C).

Palavras-chave: Drone. Altura de árvores individuais. Modelos digitais de elevação.