

AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS PARA ESTIMATIVA DA ALTURA DE PLANTAS DE TRIGO UTILIZANDO AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA

SAMUEL KUHL¹, ERIVELTO MERCANTE², ISAQUE S. MENDES³, DIANDRA GANASCINI⁴, ANTONIO M. M. HACHISUCA⁵

¹ Acadêmico de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE, Rua Ciências Sociais, 860, Bairro Universitário, Cascavel – PR

² Engenheiro Agrícola, Mestre e Doutor em Engenharia Agrícola, Professor Doutor Associado/CCET/PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel - PR;

³ Engenheiro Ambiental, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutorando -Programa de pós-graduação Engenharia Agrícola-PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel - PR;

⁴ Engenheira Agrícola, Mestre em Engenharia Agrícola, Doutoranda - PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel - PR;

⁵ Cientista da computação, Mestre em Ciências da Computação, Doutorando- PGEAGRI, UNIOESTE, Professor Assistente/CECE/PGEAGRI, UNIOESTE, Cascavel - PR.

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 – Congresso On-line

RESUMO: O objetivo do trabalho foi a comparação entre duas metodologias de estimativa de altura de plantas de trigo, em lavoura comercial, por meio da técnica de estrutura do movimento (SfM) aplicada a imagens obtidas com RPA em duas datas distintas. Assumindo que as imagens conseguem retratar com fidelidade o comportamento da superfície analisada através do modelo digital de superfície (MDS), o primeiro método denominado voo único interpola o nível do solo através de pontos de solo visível, gerando um modelo digital de elevação (MDE) para cada voo. Já a segunda, denominada voo duplo, consiste na obtenção do MDE quando a área está sem obstáculos, ou seja, no pós-colheita, de forma a se obter o nível do solo com maior precisão. O modelo com melhor desempenho foi obtido no estágio de maturidade completa do grão, apresentando o coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,0608 e erro médio absoluto (MAE) de 4,22 centímetros em relação a medida real, de forma a não representar com precisão a variação real da altura das plantas. O comparativo mostra que ambas as metodologias não conseguem estimar a altura correta das plantas, devido alta densidade foliar da cultura do trigo, que limita o uso desta técnica.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, imageamento aéreo, sensoriamento remoto.

EVALUATION OF METHODOLOGIES FOR ESTIMATING THE HEIGHT OF WHEAT PLANTS USING REMOTELY PILOTED AIRCRAFT

ABSTRACT: The objective of the work was to compare two methodologies for estimating the height of wheat plants, in commercial fields, using the structure from motion (SfM) technique applied to images recorded with RPA in two different dates. Assuming that the images are able to accurately portray the behavior of the analyzed surface using the digital surface model (DSM), the first method called single interpolation or ground level flight through displayed ground points, generating a digital elevation model (DEM) for each flight. The second, called double flight, consists of obtaining the DEM when the area is clear of obstacles, that is, in the post-harvest period, to obtain the ground level with greater precision. The model with the best performance was obtained at the stage of complete maturity of the grain, with a coefficient of determination (R^2) equal to 0.0608 and mean absolute error (MAE)

of 4.22 centimeters in relation to the real measurement, so not represent with accurately the actual variation in plant height. The comparison shows that both methodologies are unable to estimate the correct height of the plants, due to the high leaf density of the wheat crop, which limits the use of this technique.

KEYWORDS: precision agriculture, aerial imaging, remote sensing.

INTRODUÇÃO: O desenvolvimento da computação, engenharia e da tecnologia de materiais permite melhorias de ferramentas e processos destinados ao uso na agricultura de precisão, como é o exemplo do sensoriamento remoto, que consiste na obtenção de informações sem contato com o alvo estudado. Inicialmente era um processo dispendioso aplicado através do uso de sensores a bordo de balões de ar quente ou de aviões e, atualmente, estando disponível a sua aplicação com o uso de, por exemplo, satélites, veículos terrestres e aeronaves remotamente pilotadas (RPA's). O uso de RPA's na agricultura está sendo aprimorado, de forma a desenvolver-se metodologias precisas e baratas para monitoramento da lavoura em pequenos espaços de tempo. Há estudos que demonstram que essa tecnologia pode estimar características de plantas como, por exemplo, altura, biomassa e quantidade de nitrogênio. O acompanhamento da variação da altura da planta é importante devido sua grande relação com a biomassa e produtividade da parte aérea (FREEMAN et al., 2007), caracterização da taxa de crescimento e saúde das culturas (HOLMAN et al., 2016), identificação do tipo de cultura (WU et al., 2017) e detecção de plantas daninhas (PIRON; VAN DER HEIJDEN; DESTAIN, 2011). O objetivo do trabalho foi comparar a precisão de duas metodologias de estimativa da altura das plantas de trigo por meio de imagens de RPA.

MATERIAL E MÉTODOS: A coleta dos dados foi realizada em 33 pontos amostrais, em lavoura comercial (25° 06' 33" S, 53° 49 ' 56" W e altitude média de 662 m) com área de aproximadamente 20 ha, situada no município de Céu Azul, no Paraná. A semeadura foi realizada no dia 28 de abril de 2019, e a cultivar de trigo utilizada no experimento foi a TBIO Toruk com ciclo de 145 dias. A medição da altura real da planta foi obtida por uma trena métrica, consistindo na média de 5 plantas aleatórias em um raio de até três metros de cada ponto amostral. As coletas foram realizadas em dois estágios fenológicos, enchimento de grãos aos 94 dias após semeadura (DAS) e no período de maturação aos 128 DAS. A aquisição das fotografias aéreas da área foi realizada com o conjunto drone de rotor comercial DJI® Phantom 4 Pro e seu sensor original CMOS 1". O planejamento de voo foi realizado pelo aplicativo de um smartphone Android, DroneDeploy®. O processamento das imagens consiste na aplicação da técnica SfM para união das fotos, de modo a gerar uma nuvem de pontos 3D da qual o programa extrai a imagem ortorretificada (ortomosaico), MDS e MDE. O *software* utilizado neste processo foi o OpenDroneMap versão web 1.1.0, que apresenta código aberto e acesso livre. A obtenção da altura por meio do sensoriamento remoto se dá a partir da diferença entre o MDS e o MDE, porém podemos obter o MDE de duas formas. O voo único, primeiro modelo de obtenção do MDE, se dá pela estimativa de altitude abaixo de cada planta por meio da interpolação da altitude de áreas de solo visíveis nas imagens, processo limitado a partir do momento que o dossel da cultura possui máximo desenvolvimento, já que são poucas áreas de solo que podem ser vistas. Para este método admite-se que em cada voo haverá um MDE específico. Já segunda forma de aquisição do MDE se dá pelo imageamento da área alvo isenta de obstáculos na superfície. Este método tem como premissa a exatidão na cota do terreno, visto que ela não é encontrada por interpolação. Para isso foi realizado um voo alguns dias após a colheita do trigo, que serviu de base para comparação com os MDS de cada voo com cultura. Assim, neste trabalho foi

denominada voo duplo. Foi realizada análise de variância da regressão linear simples, por meio de ANOVA a 5% de significância. Foram testadas a média, valor máximo e percentis 90 e 99 na construção dos modelos. Os modelos foram submetidos a análise de indicadores estatísticos de precisão e exatidão, sendo eles o coeficiente de determinação [R²], coeficiente de correlação de Pearson [r], coeficiente de concordância [d] proposto por Willmott (1982), coeficiente de desempenho [c] proposto por Camargo e Sentelhas (1997), erro absoluto médio [MAE], raiz do erro médio [RMSE] e erro sistemático [ES].

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os modelos derivados de voos com culturas apresentam valores semelhantes já que as plantas estavam em fase reprodutiva, de modo a não haver uma variação significativa em sua altura. Porém o MDE proveniente da coleta pós colheita apresenta um padrão de altitudes diferente dos demais, sendo mais fiel a altitude encontrada nos GCP's. A Tabela 1 apresenta alguns parâmetros do conjunto de dados extraído, sendo que para ambos os voos duplos foi adotado o valor máximo e para voos únicos foi adotado o percentil 90 e 99, para 31/07/19 e 03/09/19, respectivamente.

TABELA 1. Parâmetros dos dados de altura

Dia 31/07/19				
	Média (m)	Desvio padrão (m)	CV (%)	Mediana (m)
Real	0,642	0,040	6,307	0,630
Voo único	0,138	0,041	29,539	0,141
Voo duplo	0,485	4,453	918,860	0,534
Dia 03/09/19				
	Média (m)	Desvio padrão (m)	CV (%)	Mediana (m)
Real	0,671	0,029	4,288	0,670
Voo único	0,147	0,036	24,423	0,136
Voo duplo	0,501	4,227	843,301	0,534

Nota: CV= coeficiente de variação.

Pode-se observar a baixa exatidão e precisão do voo duplo, que apresentou elevado CV e elevado desvio padrão em ambos os dias. Já o voo único apresentou valores com menores variações, apesar de subestimar o valor de altura das plantas. O próximo passo foi a construção dos diagramas de dispersão com os dados derivados de cada métrica (média, valor máximo e percentis 90 e 99), para elaboração dos modelos, sendo escolhido o que apresentou melhor R² para cada data e metodologia, como apresentado na Figura 1.

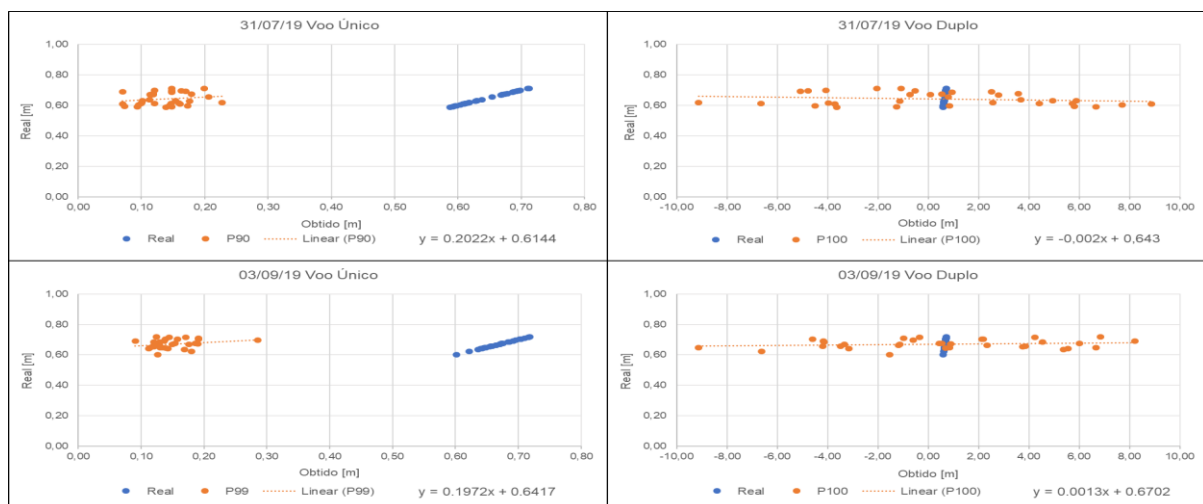


FIGURA 1. Modelos de regressão linear simples para cada caso.

O teste de relação linear feito pela ANOVA apresentou resultado desfavorável em todos os casos, ou seja, as variáveis não apresentaram relação linear significativa. A Tabela 2 traz o desempenho estatístico de cada modelo como reforço.

TABELA 2. Desempenho estatístico dos modelos

Data	Voo	R ²	r	d	c	ES(m)	MAE (m)	RMSE (m)
31/07/19	Único	0,0415	0,2037	0,2748	0,0560	0,5053	0,0259	0,0390
	Duplo	0,0470	-0,2167	0,3085	-0,0669	4,3963	0,0263	0,0389
03/09/19	Único	0,0608	0,2466	0,3112	0,0768	0,5242	0,0422	0,0274
	Duplo	0,0343	0,1852	0,2657	0,0492	4,1604	0,0403	0,0278

O modelo que melhor descreve os dados reais foi o voo único do dia 03/09/19 ($R^2=0,0608$), porém ele ainda é considerado um modelo com péssimo desempenho por apresentar $c < 0,40$ (CAMARGO; SENTELHAS, 1997). Seu desvio médio entre valores observados e valores reais gira em torno de 4,22 centímetros. Outro parâmetro que indica a tendência sistemática de subestimação da altura observada é o ES igual a 0,5242, ou seja, o dado observado está 52 centímetros, em média, abaixo do valor estimado.

CONCLUSÕES: A metodologia que obteve melhor desempenho estatístico foi a de voo único, porém ambas as metodologias de determinação da altura das plantas foram estatisticamente falhas, sendo seu uso não aplicável ao trigo em lavoura comercial devido à alta densidade foliar da cultura, que implica na baixa visualização da parte inferior ao dossel e consequente erro de determinação do MDE.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao apoio financeiro da Fundação Araucária e Parque Tecnológico da Itaipú- FPTI, Celtab- Centro Latino Americano de tecnologias abertas.

REFERÊNCIAS:

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

FREEMAN, K. W. et al. By-Plant Prediction of Corn Forage Biomass and Nitrogen Uptake at Various Growth Stages Using Remote Sensing and Plant Height. **Agronomy Journal**. v. 99, n. 2, p. 530-536. 2007.

HOLMAN, F. et al. High Throughput Field Phenotyping of Wheat Plant Height and Growth Rate in Field Plot Trials Using UAV Based Remote Sensing. **Remote Sensing**, v. 8, n. 12, p. 1031-1055, 2016.

PIRON, A.; VAN DER HEIJDEN, F.; DESTAIN, M. F. Weed detection in 3D images. **Precision Agriculture**, v. 12, n. 5, p. 607–622, 2011.

WILLMOTT, C. J. Some Comments on the Evaluation of Model Performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v. 63, n. 11, p. 1309-1313, 1982.

WU, M. et al. Evaluation of Orthomosaics and Digital Surface Models Derived from Aerial Imagery for Crop Type Mapping. **Remote Sensing**, v. 9, n. 3, p. 239-253, 2017.