



FENOTIPAGEM DE CAMPO DA CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO POR ARP

Palavras-Chave: [[Agricultura de Precisão]], [[Drones]], [[Visão Computacional]]

Autores:

Gabriel Alves De Siqueira Costa [FEAGRI/UNICAMP]

Prof. Dr. Lucas Rios Do Amaral (Orientador) [FEAGRI/UNICAMP]

Isabela Ordine Pires Da Silva Simões (Co-orientadora) [FEAGRI/UNICAMP]

INTRODUÇÃO:

Em programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar, cientistas desenvolvem e selecionam cultivares com características desejáveis por meio de avaliações visuais e coleta de dados biométricos das plantas (GOUY et al., 2013). No entanto, a capacidade de coletar grande volume de dados fenotípicos de maneira rápida e com qualidade em campos experimentais é restrita. A aquisição rápida, precisa e contínua desses dados é necessária a fim de se entender melhor as influências ambientais, de produção e genéticas ao longo do ciclo de desenvolvimento das novas cultivares (WALTER, A.; LIEBISCH, F.; HUND, A., 2015). Para tanto, são necessárias novas metodologias de avaliação. O sensoriamento remoto baseado em aeronaves remotamente pilotadas (ARP) tem alto potencial para auxiliar no processo de fenotipagem de campo (YANG et al., 2017), possibilitando a avaliação não destrutiva de áreas maiores em menor tempo.

A altura das plantas de cana-de-açúcar e de seus colmos é um dos parâmetros biométricos de interesse dos programas de melhoramento genético da cultura, pois se relacionam à produtividade da variedade estudada. Estimativas de alturas de planta, obtidas a partir de imagens coletadas utilizando ARP, têm sido utilizadas com sucesso para auxiliar nas estimativas de biomassa, produtividade e caracterização da taxa de crescimento das plantas (BENDIG et al. 2014). Deste modo, nosso objetivo foi avaliar diferentes percentis de plano de corte das nuvens de pontos gerada por imagem de ARP para a estimativa de altura de plantas e de colmos de cana-de-açúcar no processo de fenotipagem de campo. Para tanto, testamos duas formas de obtenção do modelo digital de elevação, uma por meio da segmentação da nuvem de pontos e outra por meio da interpolação de pontos georreferenciados.

METODOLOGIA:

Imagens capturadas por câmera embarcada em ARP foram coletadas em três momentos ao longo do desenvolvimento da cana (dias 16/12/20, 20/01/21 e 23/03/21). Na primeira e segunda avaliações utilizamos a câmera RGB Canon G9x de 20,2 megapixels acoplada no drone Q-45 (G-Drones), na terceira utilizamos a câmera RGB integrada do drone modelo Phantom 4 (DJI) de 21,2 megapixels. A ARP se deslocou a 40m de altitude e a uma velocidade média de 3

m/s, coletando imagens com sobreposição lateral e longitudinal de 80%, o que resultou em um GSD (distância de amostra do solo) de 1,2 cm nas duas primeiras coletas, ou seja, cada pixel da imagem representa aproximadamente 1,2 centímetros do terreno real; já na terceira coleta gerou um GSD de 1,1 cm.

Quarenta e sete pontos georreferenciados foram demarcados por meio de levantamento topográfico, utilizando estação total, sendo sete deles pontos de controle piqueteados e sinalizados e o restante pontos visados, coletados tanto no exterior quanto no interior do campo experimental.

As imagens, juntamente aos pontos de controle, ^{a)} foram processados no software Metashape (Agisoft) para obtenção das nuvens de pontos e modelos 3D por meio do método *structure from motion* (sfm) disponível no software. No software Cloud Compare foram gerados arquivos em formato shapefile, com a delimitação das parcelas experimentais. As parcelas foram vetorizadas manualmente (Figura 1), a fim de minimizar a interferência das plantas das parcelas vizinhas no resultado, decorrentes do crescimento das plantas ao longo do período de avaliações.

Com o objetivo de se obter os modelos digitais de terreno (MDT) e de superfície (MDS), a nuvem de pontos obtida com o software Metashape foi processada utilizando-se o software LAStools (RapidLasso) que segmenta as nuvens por meio do reconhecimento dos pontos mais baixos (solo) e parte aérea (vegetação) (função *Lasground_new*) (CARRILHO, A. C., 2016). Como segunda opção para teste, o MDT também foi obtido com interpolação dos 47 pontos coletados por topografia pela ponderação do inverso da distância ao quadrado (IDW – GRAU et al., 2021).

Para avaliar a qualidade das estimativas de altura das plantas e colmos obtidas por meio do modelo 3D construído a partir dos dados coletados com ARP, foram realizadas cinco medições manuais de altura de planta e cinco de colmo em cada uma das oitenta parcelas experimentais avaliadas. No software R foram avaliados diferentes planos de corte, definidos por porcentagens que delimitam a porcentagem de pontos relativos à vegetação que devem ser considerados para avaliação da altura das plantas (WU et al, 2017). Os valores de altura obtidos com planos traçados de 10% a 90% dos pontos mais altos da nuvem de pontos foram comparados às alturas de planta e de colmos obtidas em campo, em intervalos de 10% até o 80%, e de 5% a partir de 80% (Figura 2).

Com as correlações entre os dados obtidos por processamento de imagem e os dados obtidos em campo, foi avaliado o melhor percentil para o plano de corte dos pontos de altura e o melhor modo de obtenção do MDT para estimar altura de planta e de colmo.

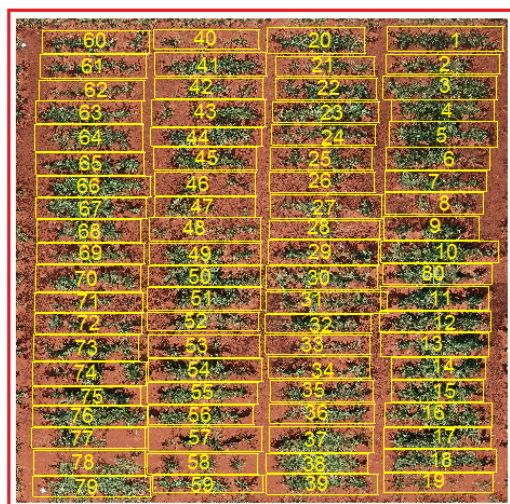


Figura 1. Parcelas vetorizadas em imagem do campo experimental de fenotipagem de novas variedades de cana de açúcar.

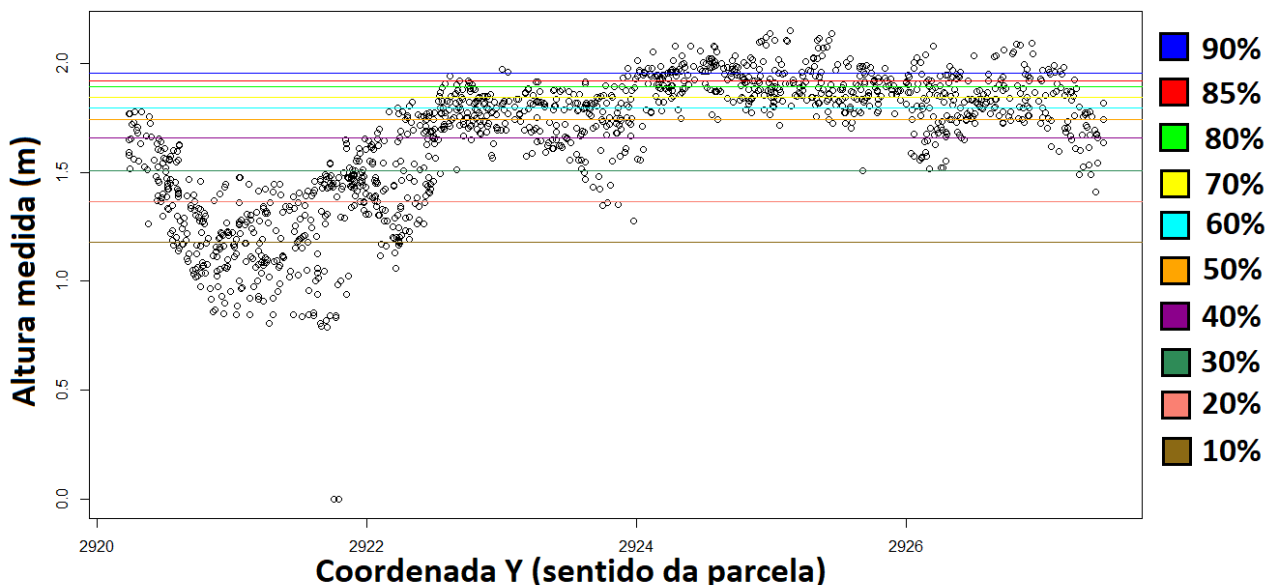


Figura 2. Exemplo de gráfico de altura de pontos relativos à vegetação das parcelas obtido com todos os planos de corte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Comparando os dois métodos usados para a obtenção do MDT, a partir da segmentação de nuvem e a partir do plano interpolado com os pontos de controle, verificamos que por meio da segmentação de nuvem foram obtidos valores de correlação maiores (Tabela 1), indicando que este método de modelagem do terreno traz melhores resultados na modelagem 3D do dossel. Isso provavelmente aconteceu porque o MDT é criado a partir de uma quantidade muito maior de pontos, o que resulta em melhor ajuste das variações do terreno em pequena escala. Devido ao tamanho pequeno da área experimental (0,67 ha), esperávamos que os 47 pontos georreferenciados seriam suficientes; contudo, como pequenas variações podem alterar substancialmente o resultado das estimativas de altura, esse método não se mostra adequado para essa finalidade.

Tabela 1. Correlações entre altura de planta e de colmo, em diferentes planos de cortes, estimados por imagem e medido em campo, de acordo com o método de obtenção do MDT

	Método	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	85%	90%
Altura de planta	Plano interpolado	0,12	0,28	0,44	0,50	0,54	0,58	0,60	0,60	0,61	0,46
	Segmentação de nuvem	0,16	0,34	0,51	0,58	0,63	0,68	0,71	0,71	0,70	0,67
Altura de Colmo	Plano interpolado	0,06	0,35	0,51	0,57	0,61	0,64	0,66	0,66	0,66	0,52
	Segmentação de nuvem	0,07	0,39	0,56	0,63	0,67	0,71	0,73	0,73	0,72	0,69

A correlação entre a altura estimada por imagem e as medidas de campo foram crescentes (Tabela 1). Para altura de plantas, a correlação atingiu seu auge entre 70 e 85%; já para altura de colmos, o ideal parece estar entre 60 e 80%. Esse menor limiar para corte do colmo já era esperado, mas o fato de ser muito semelhante à altura de planta foi, de certa forma, surpreendente, já que nas medidas de campo constatamos que o colmo representava, em média, 60% da altura total das plantas.

Destaca-se que os percentuais menores que 40% e maiores do que 85% apresentaram correlações significativamente inferiores do que o restante dos dados encontrados. No caso de pontos de corte muito baixos, a altura estimada na imagem acaba não representando a altura do dossel das plantas. Já no caso de percentis maiores que 85%, acreditamos que isso pode ser explicado pelos pontos que estão sendo considerados nestas porcentagens, que são os pontos extremos do dossel, como pontas de folhas mais eretas, mas que não representam a altura média do dossel como um todo.

Esperávamos que as estimativas de altura de colmos fossem inferiores à altura de plantas, pois a proporção colmo/folhas pode variar muito entre as variedades, sendo que a nuvem de pontos, teoricamente, pode ser mais adequada para avaliar a altura do topo do dossel. Contudo, encontramos resultados muito semelhantes, o que mostra ser possível estimar altura de colmos por imagem em 3D, o que é variável de mais interesse para os programas de melhoramento do que altura total de plantas, uma vez que tamanho de colmo tende a ter relação com produtividade de cana.

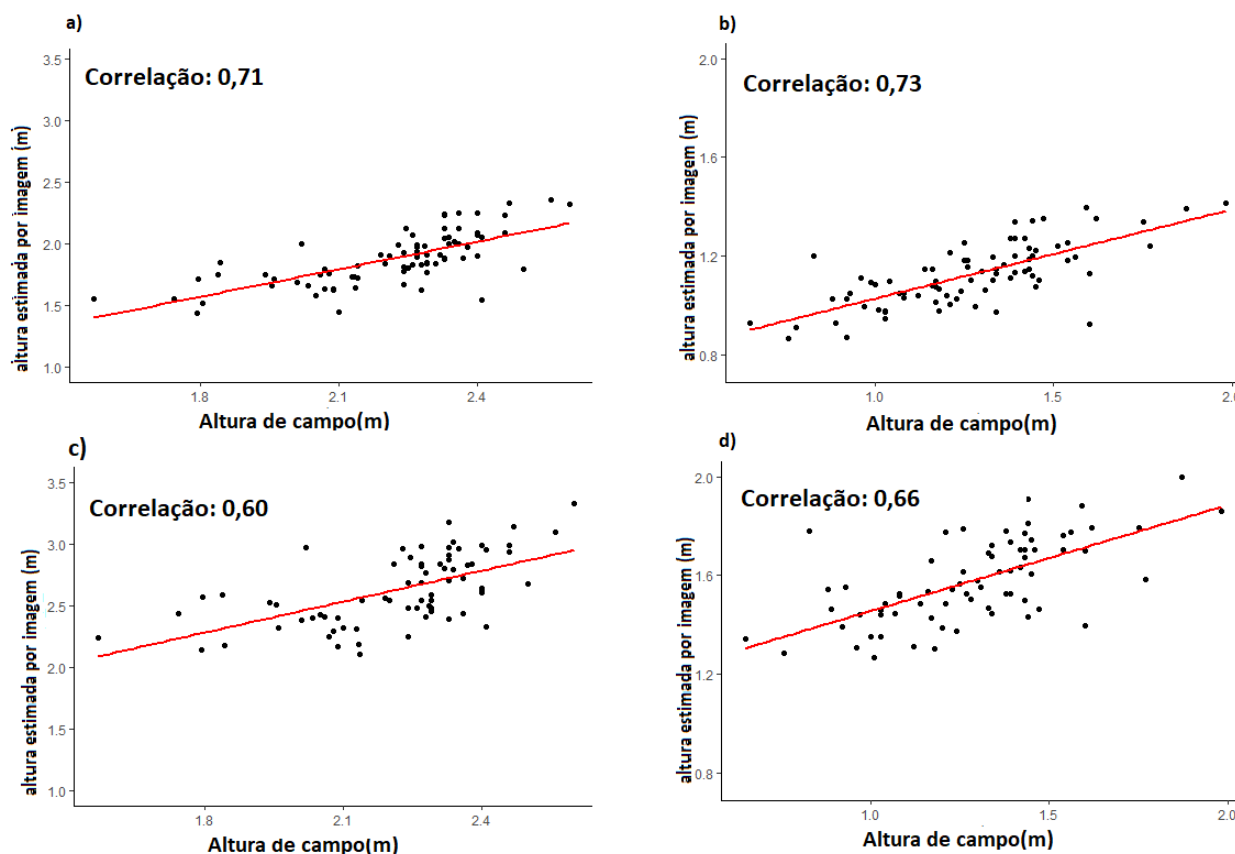


Figura 3. Gráficos de dispersão entre altura medida em campo e altura estimada com limiar de corte 80% por segmentação de nuvem para planta (a) e para colmo (b) e por meio de plano interpolado para planta (c) e colmo (d).

CONCLUSÕES:

As estimativas de altura de planta obtidas pela diferença entre o MDS e o MDT, gerados por segmentação da nuvem de pontos em solo e vegetação são mais indicadas do que a criação do MDT por interpolação de pontos georreferenciados no campo.

O método de segmentação da nuvem de pontos, além de ter sido o que apresentou melhores resultados, também apresenta execução mais simples e rápida do que por meio de plano interpolado, já que dispensa o levantamento de diversos pontos no campo com equipamento de altíssima exatidão.

O limiar de corte ideal para estimativa de altura de plantas de cana está entre 70% e 85% dos pontos mais altos.

As estimativas de altura de colmo também se mostraram viáveis para obtenção por meio de imagem coletada por ARP o que é bastante interessante para o melhoramento genético de cana-de-açúcar, já que esta é a parte da planta que está relacionada a produtividade.

BIBLIOGRAFIA:

- BENDIG, J.; BOLTEN, A.; BARETH, G. UAV-based Imaging for Multi-Temporal, very high Resolution Crop Surface Models to monitor Crop. **Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation**, v. 10, n. 6, p. 551–562, 2013.
- CARRILHO, A. C.; GALO, M. Aplicação de técnicas de processamento e análise de imagens para detecção de edificações e vegetação a partir de dados LiDAR. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) **PPGCC - Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas**, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente/SP, 2016
- GOUY, M. et al. Experimental assessment of the accuracy of genomic selection in sugarcane. **Theoretical and applied genetics**, v. 126, n. 10, p. 2575–2586, 2013.
- GRAU, J.; LIANG, K.; OGILVIE, J.; ARP, P.; LI, S.; ROBERTSON, B.; MENG, F. Using Unmanned Aerial Vehicle and LiDAR-Derived DEMs to Estimate Channels of Small Tributary Streams. **Remote Sensing**, v. 13, n. 17, p. 3380, 2021.
- WALTER, A.; LIEBISCH, F.; HUND, A. Plant phenotyping: from bean weighing to image analysis. **Plant Methods**, v. 11, n. 1, p. 1–11, 2015.
- 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. 1–14, 2017.
- YANG, G. et al. Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing for Field-Based Crop Phenotyping: Current Status and Perspectives. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 2017.