



ANÁLISE COMPARATIVA DE ALTURA DAS PLANTAS DE MILHO OBTIDAS POR TIE POINTS E DENSE CLOUD DE IMAGENS AÉREAS

Gabriel A. J. FERRAZ¹; José L. de A. R. PEREIRA²; Marcelo A. J. FERRAZ³; Fernando da S. BARBOSA⁴.

RESUMO

Este estudo avaliou a precisão de dois fluxos de trabalho no processamento de imagens aéreas de milho capturadas por VANT para estimar a altura das plantas a partir de modelos digitais de elevação (DEM). Foram comparados dois métodos: um utilizando Tie points, que geram uma nuvem de pontos esparsos, e outro que inclui a Dense cloud, resultando em uma nuvem de pontos mais densa e detalhada. Os resultados mostraram que o DEM gerado com Dense cloud apresentou maior precisão e menor variabilidade dos dados, refletindo-se em estimativas de altura mais próximas das medições manuais. Este estudo destaca a importância de escolher fluxos de trabalho adequados para garantir a qualidade dos modelos fotogramétricos, reforçando o papel das técnicas de sensoriamento remoto na agricultura de precisão.

Palavras-chave: *Zea mays*; Sensoriamento remoto; Fotogrametria; Agricultura de precisão.

1. INTRODUÇÃO

O uso veículo aéreo não tripulado (VANT) tornou-se uma prática comum na agricultura devido à sua flexibilidade e alta resolução espaço-temporal. A estimativa da altura das plantas é um parâmetro agrônomico essencial em ensaios de competição de cultivares, pois está diretamente ligada ao desenvolvimento e adaptação ao ambiente (Gao; Yang; Wei; Liu, 2022).

A avaliação de altura das plantas geralmente é realizada manualmente no campo e a agricultura de precisão fornece ferramentas para subsidiar a estimativa dessa variável por meio do processamento digital de imagens aéreas por meio de software fotogramétrico (Martello, 2017). Existem particularidades no fluxo de trabalho para o processamento das imagens, uma vez que fatores como o plano de voo, condições ambientais e processamento, influenciam na sua qualidade (Ampatzidis et al., 2020).

As imagens obtidas de VANT devem ser submetidas a etapas de fotogrametria, permitindo a extração de informações sobre as características fenotípicas das plantas. A definição dos parâmetros durante o fluxo de trabalho resulta em produtos fotogramétricos de alta qualidade e precisão. O modelo digital de elevação (DEM) pode ser construído a partir de diferentes pré-processamentos, como o Tie points (TIE) e Dense cloud (DC). Dessa forma, objetivou-se comparar informações de alturas das plantas de milho extraídas do DEM construído a partir do Tie points e do Dense cloud.

¹Bolsista PIBIC/CNPq, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: ferrazgf18@gmail.com.

²Coorientador, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: joseluiz.pereira@ifsuldeminas.edu.br.

³Orientador, IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes. E-mail: fernando.barbosa@ifsuldeminas.edu.br.

⁴Discente do doutorado, UFLA – *Campus* Lavras. E-mail: harasmjf@gmail.com.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental está localizada em Inconfidentes-MG, na Fazenda-Escola do IFUSLDEMINAS Campus Inconfidentes, situada a 914 m de altitude (22°18'37" S, 46°19'55" W). A área foi dividida em 20 parcelas, sob sistema de plantio convencional, espaçamento de 0,8 m entre linhas, população final de 75.000 plantas há⁻¹, semeadura realizada no dia 01 de novembro de 2023 e utilizado 4 híbridos.

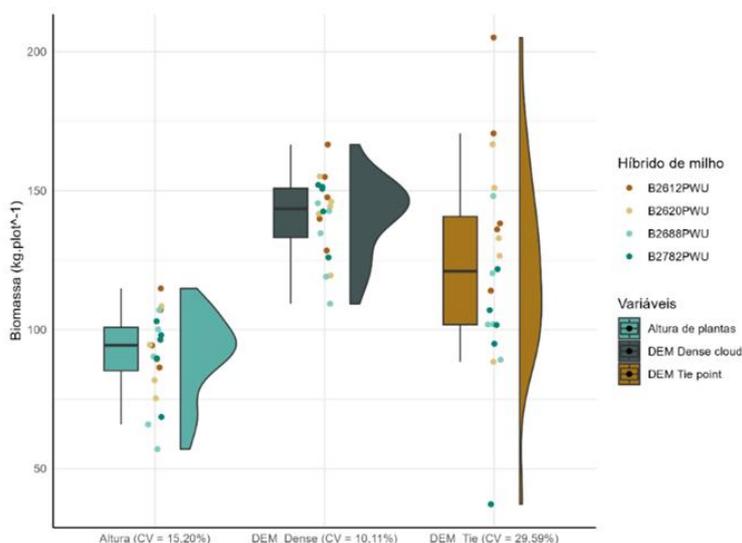
A altura das plantas foi medida manualmente usando uma trena topográfica, desde a superfície do solo até a inserção da folha bandeira de dez plantas selecionadas aleatoriamente. Da mesma forma, o levantamento das imagens aéreas foi realizado no mesmo dia que a avaliação manual, no estágio fenológico V9. Em cada parcela foi realizado uma média aritmética das alturas de plantas. Além disso, cinco pontos de controle no solo (GCP) foram distribuídos uniformemente dentro para obter referências geográficas precisas (Borges et al., 2022). Para a aquisição das imagens foi utilizado um VANT DJI Phantom 4 Pro V2 e seguindo critérios de voo como altura de 60 m.

Para o processamento das imagens e criação do DEM, foram definidos dois fluxos de trabalho. Fluxo de trabalho 1 (FT1): inicia-se com o alinhamento das imagens e nuvem de pontos esparsos (Tie points), marcação e otimização dos pontos de controle, realinhamento, construção do modelo 3D e DEM; Fluxo de trabalho 2 (FT2): alinhamento das imagens (Tie points), marcação e otimização dos pontos de controle, realinhamento, geração da nuvem densificada de pontos (Dense cloud), construção do modelo 3D e DEM.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise descritiva apresenta o comportamento dos dados, contribui para compreensão da distribuição, variabilidade, padrões e medidas de dispersão (Pimentel-Gomes, 2022) (Figura 1).

Figura 1 – análise descritiva das variáveis analisadas.

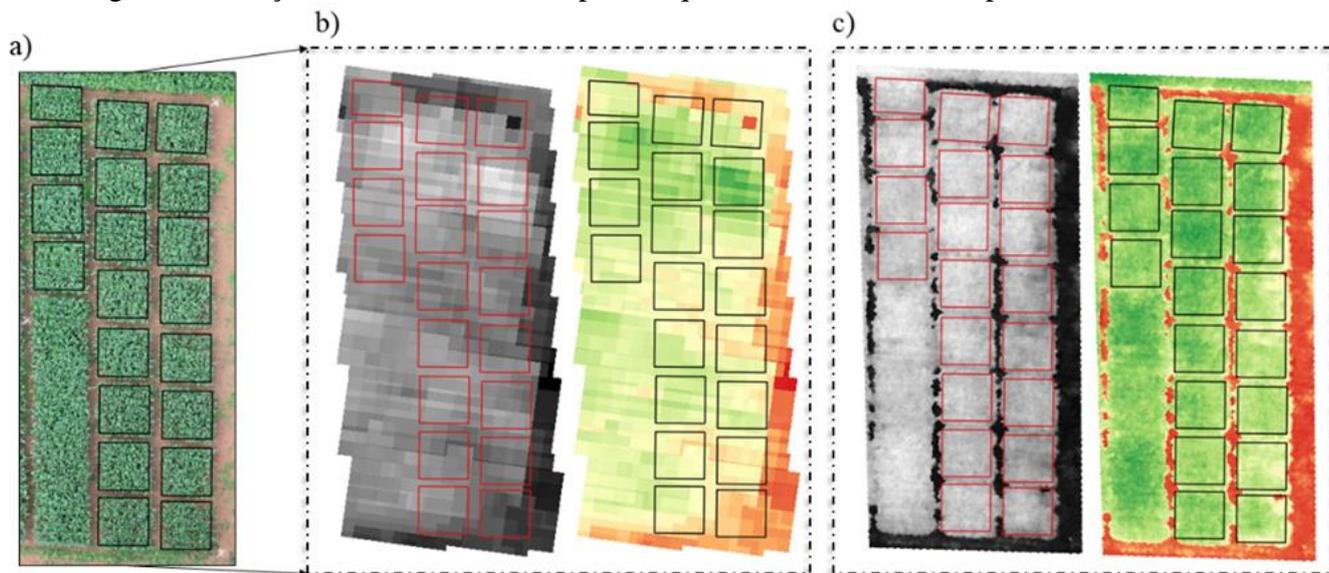


A variável DEM Dense cloud (DDc) apresentou média de 140,91 e mediana de 143,50, com um desvio padrão de 14,24, indicando variação moderada nos valores. O coeficiente de variação (CV) de 10,11% sugere que os dados são relativamente consistentes em torno da média. A distribuição é levemente assimétrica à esquerda, com uma assimetria de -0,62, e a curtose próxima de zero (0,09) indica uma distribuição semelhante à normal. A variável DEM Tie point (DTie) apresentou média de 122,67 e mediana de 121,05, com maior variabilidade, evidenciada pelo desvio padrão de 36,30 e um CV de 29,59%, sugerindo maior dispersão dos dados. A curtose de 1,19 sugere uma leve concentração de valores em torno da média, e a assimetria de 0,06 mostra que os dados são praticamente simétricos.

Em relação à variável altura manual (AM) apresentou média de 91,22 e mediana de 94,40, indicando uma leve assimetria à esquerda (-0,73). O desvio padrão de 15,20, reflete variação moderada, e CV de 16,66% mostra a proximidade com a variável DDc. A curtose foi de 0,08, próxima de uma distribuição normal. Valores de CV das variáveis DDc e altura são considerados médios enquanto a variável DTie apresentou CV alto. O CV é métrica estatística útil para aferir a precisão experimental, quanto maior o CV menor a precisão do experimento (Pimentel-Gomes, 2022)

Destaca-se que a maior variabilidade e dispersão observadas na variável DTie em comparação com DDc e AM, pode ser explicado pelo menor nível de detalhamento e resolução espacial do modelo digital de elevação gerado a partir do Tie point. Na Figura 2 está apresentado a relação entre o tamanho do pixel e a qualidade das informações sobre o dossel das plantas de milho.

Figura 2 – relação entre o tamanho do pixel e qualidade do dossel das plantas de milho.



5. CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou que a escolha do fluxo de trabalho no processamento de imagens aéreas tem impacto significativo na qualidade do Modelo Digital de Elevação (DEM) e, conseqüentemente, na estimativa da altura das plantas de milho. O fluxo que incluiu a geração da

nuvem de pontos densa (Dense cloud) resultou em modelos mais precisos, com menor variabilidade e maior correlação com as medidas reais de altura, em comparação com o fluxo que utilizou apenas os Tie points. Esses resultados evidenciam que a resolução espacial e o detalhamento do modelo são cruciais para a precisão das análises fenotípicas, reforçando a importância de um fluxo de trabalho otimizado no sensoriamento remoto agrícola para garantir a confiabilidade dos dados obtidos.

AGRADECIMENTOS

Ao IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes, aos professores, ao grupo GEAGRO e ao CNPq.

REFERÊNCIAS

AMPATZIDIS, Y; PARTEL, V; COSTA, L. Agrovie: Cloud-based application to process, analyze and visualize UAV-collected data for precision agriculture applications utilizing artificial intelligence. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 174, p. 105457, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105457>. Acesso em: 04 ago. 2024.

BORGES, L. C.; NASCIMENTO, A. dos R.; MORGADO, C. M. A. Agricultura de precisão: ferramenta de gestão na rentabilidade e produtividade de grãos. *Scientific Electronic Archives*, v. 15, n. 3, 28 fev. 2022. *Scientific Electronic Archives*. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.36560/15320221520>. Acesso em: 12 ago. 2024.

GAO, Min; YANG, Fengbao; WEI, Hong; LIU, Xiaoxia. Individual Maize Location and Height Estimation in Field from UAV-Borne LiDAR and RGB Images. *Remote Sensing*, [S.L.], v. 14, n. 10, p. 2292, 10 maio 2022. MDPI AG. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/rs14102292>. Acesso em: 02 set. 2024.

MARTELLO, M. Estimativa de altura e produtividade da cana-de-açúcar utilizando imagens obtidas por aeronave remotamente pilotada. 2017. 81 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia de Sistemas Agrícolas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002856104>. Acesso em: 08 set. 2024.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 15. ed. São Paulo, Fealq, 2022. p. 451.