
INFLUÊNCIA DA ALTURA DE VOO E SOBREPOSIÇÃO HORIZONTAL E VERTICAL NA QUALIDADE DE IMAGENS GERADAS POR DRONE DE IMAGEM

Dr. Leandro de Oliveira
leandro.oliveira362@etec.sp.gov.br
Etec Professora Carmelina Barbosa
Mateus de Oliveira Ferreira Lima
mo.lima@unesp.br
Unesp Dracena
Bruna Helloá Batista Olivier
bruna.olivier@etec.sp.gov.br
Etec Professora Carmelina Barbosa
Ana Júlia Pinheiro de Moraes
ana.moraes@etec.sp.gov.br
Etec Professora Carmelina Barbosa
Kaiqui Aquino Jesus dos Anjos
kaiqui.anjos@etec.sp.gov.br
Etec Professora Carmelina Barbosa

Resumo: A distância de amostragem do solo (GSD) é um conceito de suma importância na agricultura de precisão, sobretudo quando diz respeito ao sensoriamento remoto e fotogrametria por vants. Ao mapear uma área com um drone, cada pixel em uma imagem capturada representa um quadrado da área real no solo. O número de fotos, tempo de voo e gasto de bateria são variáveis importantes também, pois podem ser distintos, dependendo da altura de voo e sobreposição frontal e lateral pode influenciar no rendimento e custo operacional da área mapeada, juntamente com o GSD. Assim, objetivo do estudo é comparar diferentes alturas de voos e sobreposição no intuito de definir interpretar e visualizar melhor o alvo, no caso o cultivo de mandioca. As variáveis analisadas foram o GSD, número de fotos, tempo de voo e número de bateria de cada ortomosaico. Para avaliar a altura de voo o delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos (70/40, 80/40, 80/60 e 80/70) sendo sobreposição frontal e lateral. E 3 reptições (80, 100 e 120 metros). O drone utilizado foi o drone Mavic Air 2S a qual foi acoplado num dispositivo android, utilizando o aplicativo drone Harmony. Após, o mapeamento todas as imagens coletadas foi processada no software Agisoft Metashape para formar o ortomosaico. O GSD, número de fotos, tempo de voo e número de bateria foi coletado após o processamento de cada ortomosaico. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística com critério de 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do software SAS. Foram verificadas as premissas de homogeneidade de variância e normalidade de resíduos, bem como a presença de outliers. Após as análises de diagnóstico, o efeito das doses dos tratamentos foi avaliado por meio de regressões lineares polinomiais. Dependendo de como os resultados se apresentaram em função das doses, se fizesse sentido, modelos de regressões não lineares puderam ser utilizados (i.e. broken line e exponencial). Os resultados mostraram que a altura de voo, influenciou no GSD do ortomosaico, no entanto se atentar no rendimento operacional. A sobreposição frontal e lateral não foi significativa comparado a altura de voo. Conclui-se que se deve adequar a altura de voo de acordo com o objeto a ser analisado e o rendimento operacional.

Palavras-chave: drones de imagem; GSD; rendimento operacional.

1. Introdução

Os drones são equipamentos não tripulados, utilizados hoje em vários setores, inclusive está sendo muito utilizado em mapeamentos agrícolas, com boa precisão. O geoprocessamento

é ligado a espacialização de informações e dados da superfície terrestre, que compreende diversas tecnologias que são associadas para a coleta de dados, assim como ao processamento e ao tratamento da informação espacial, análise e oferta de informações por meio de referências geográficas (SOUZA, 2017). As imagens em GSD menciona à distância no solo representada por cada pixel, quanto menor o GSD, maior a resolução espacial da imagem, indicando mais detalhes nas imagens. Com o uso de drones é possível localizar e identificar vários alvos na agricultura. Podemos analisar e mensurar a altura de voo e sobreposição, tornando a visualização mais efetiva, no intuito de gerar mapas mais precisos. O número de fotos, tempo de voo e gasto de bateria pode também ser influenciado pela altura de voos e sobreposição das fotos. Segundo Xavier (2013), o constante desenvolvimento tecnológico na agricultura de precisão tem possibilitado eficientes alternativas tanto na forma de coletar quando na espacialização de informações obtida por meio do geoprocessamento. Salienta-se o mesmo autor a integração e a variedade de dados terrestres e orbitais têm permitido a geração de mapas cada vez mais precisos tanto em escalas quanto em detalhamentos, permitindo bem como proporcionar o imageamento de uma mesma área em um intervalo de tempo menor. Assim, o objetivo do trabalho quando aplicável encontrar a melhor relação da altura e sobreposição de voo, e o que influencia em um menor GSD da imagem, número de fotos, tempo de voo e número de baterias.

2. Materiais e Métodos

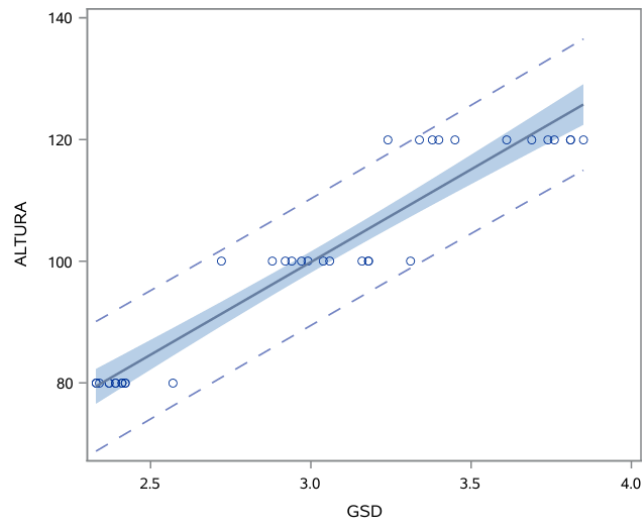
O estudo foi realizado em uma área de mandioca de 0,5 ha no município de Tupi Paulista-SP as condições climáticas eram de temperatura atmosférica de 30 graus °C, umidade relativa do ar 60% e velocidade do vento 7 m/s no período de 13:34 horas à 15:14 horas. A área está localizada nas coordenadas -21.426039, -51.604677 e possui altitude de aproximadamente de 358 m. Para avaliar a altura de voo o delineamento experimental foi inteiramente casualizado (80, 100 e 120 metros) sendo as repetições. A sobreposição frontal e lateral foi de (70/40, 80/40, 80/60 e 80/70) que foram os tratamentos para obtermos o GSD do experimento. O drone utilizado foi o drone da marca DJI Mavic Air 2S a qual acoplado num dispositivo android, utilizando o aplicativo Drone Harmony para o mapeamento à campo com velocidade de 8m/s. Posteriormente, todas as imagens coletadas foram processadas no software Agisoft Metashape para formar o ortomosaico. O GSD, número de fotos, tempo de voo e número de baterias foram mensurados após o processamento de cada ortomosaico. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística com critério de 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do software SAS. Foram verificadas as premissas de homogeneidade de variância e normalidade de resíduos, bem como a presença de outliers. Após as análises de diagnóstico, o efeito das doses dos tratamentos foi avaliado por meio de regressões lineares polinomiais. Dependendo de como os resultados se apresentaram em função das doses, se fizesse sentido, modelos de regressões não lineares puderam ser utilizados (i.e. broken line e exponencial).

3. Resultados e Discussão

A análise estatística evidenciou que a altura de voo exerceu efeito altamente significativo sobre o GSD ($P < 0,0001$; R^2 ajustado $\approx 0,91$), demonstrando que a resolução espacial das imagens diminui conforme a altitude aumenta. Salienta-se que o GSD aumentou conforme a altura de voo, confirmando a perda de resolução em maiores altitudes (Figura 1). Esse resultado confirma a expectativa de que voos em menores alturas proporcionam maior detalhamento do mosaico, mas por outro lado menos rendimento operacional. De acordo com Mendonça e De

Barros (2025) e Droneng (2017), quanto maior a altura de voo, menor é o custo operacional para obtenção de ortomosaico, no entanto menor é a resolução do mapa, o que culmina em dificuldades na identificação das linhas de plantio para a cultura da cana-de-açúcar. Para Schadeck et al. (2019) que compararam alturas de 80 e 120 mt não foi observada diferença do índice MPRI que avalia a saúde e o vigor das plantas através de imagens de drones. De acordo com Droneng (2017) voos com drone de imagem com altura de 100, 125 e 150 metros, obteve GSD de 2,44; 3,05 e 3,66 respectivamente. De forma empírica, GSDs de até 4cm/pixel gera ortomosaicos com resolução de imagens.

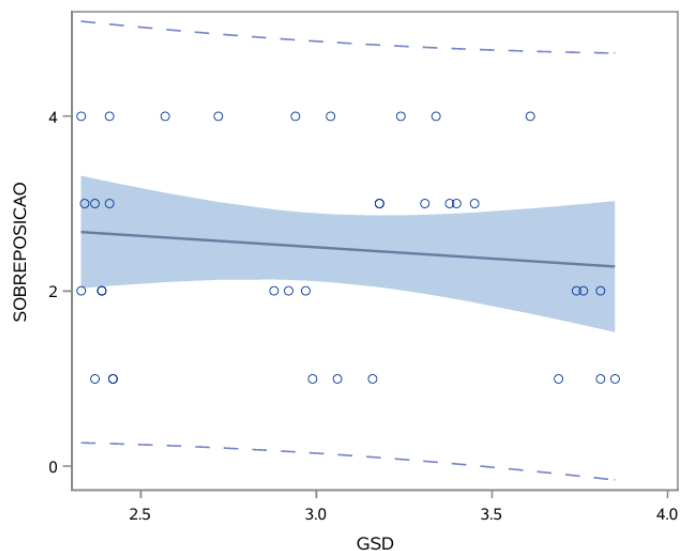
Figura 1 - Relação entre Altura de Voo e GSD



Fonte: Próprio autor (2025, p. 4)

Por outro lado, a sobreposição não apresentou diferenças estatísticas entre as alturas ($p > 0,05$), com médias próximas de 78% em todos os tratamentos. Esse achado indica que a variação da altura de voo, dentro dos níveis testados (80, 100 e 120m), não influenciou de forma significativa o percentual de sobreposição utilizado nos planos de voo (Figura 2). .

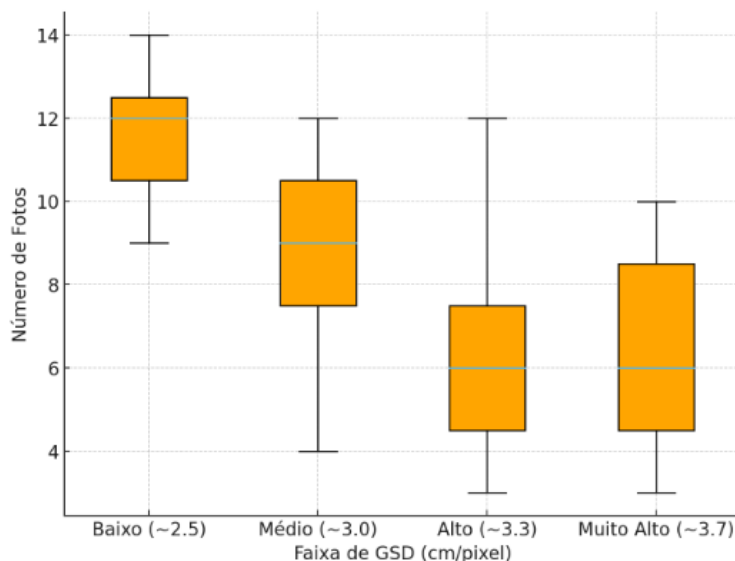
Figura 2 – Efeito do GSD sobre a Sobreposição das Imagens



.Fonte: Próprio Autor (2025, p. 2).

A sobreposição apresentou pouca variação em função do GSD. O número de fotos, por sua vez, apresentou relação significativa com o GSD ($P = 0,0053$ no modelo linear; $p = 0,0014$ no modelo quadrático), reforçando que voos em menores alturas exigem maior quantidade de imagens para compor o ortomosaico. Foram observadas médias de 12,4 fotos aos 80 m, 8,2 fotos aos 100 m e 6,9 fotos aos 120 m, fazendo a média total em cada altura e com todas as sobreposições (Figura 3). Esse resultado tem implicações práticas, visto que influencia diretamente o tempo de processamento e o armazenamento dos dados.

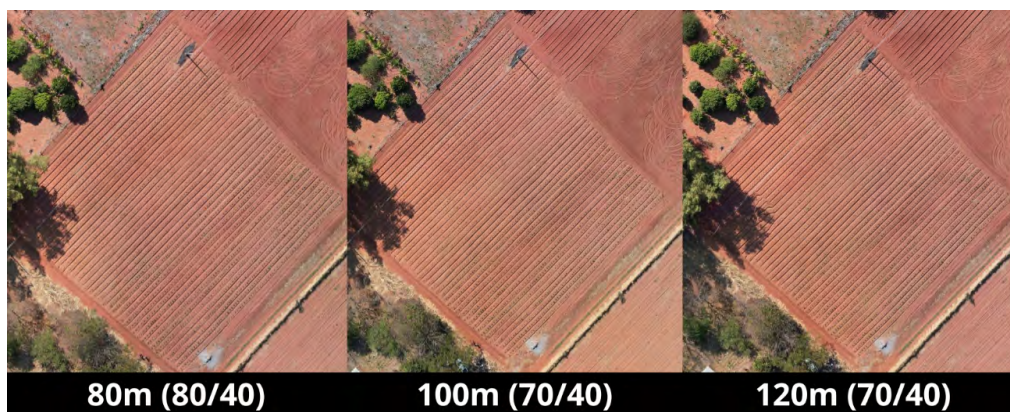
Figura 3- Número de Fotos em Função da Faixa de GSD (cm/pixel)



Fonte: Próprio autor (2025)

Como podemos observar as imagens de voo (Figura 4) com drone em distintas alturas, destacando as melhores sobreposições (80 m: 80/40; 100 e 120 m: 70/40). De forma geral, embora não tenham sido detectadas diferenças estatísticas na sobreposição em função da altura, recomenda-se do ponto de vista prático a utilização de 70/40 de sobreposição em voos a 100 e 120 m, assegurando a qualidade do mosaico. Para voos a 80 m, uma sobreposição de 80/40 pode ser aceitável, dado o maior detalhamento do GSD nessa condição.

Figura 4- Imagens obtidas por drone em diferentes alturas de voo (80, 100 e 120 m) e sobreposição



Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

Verifica-se, na Tabela 1, que o GSD aumenta conforme a altura de voo se eleva, o mesmo ocorrendo com o número de fotos capturadas. Já para o tempo de voo (contabilizado a partir da primeira até a última foto registrada em cada missão) observa-se comportamento o oposto, com redução da duração total à medida que a altura de voo aumenta.

Tabela 1. Efeitos da altura de voo(m)/sobreposição frontal e lateral sobre o GSD (cm/pix), número de fotos e tempo de voo (minutos).

Altura (m)	Sobreposição (%)	Média de N° de Fotos	Média de Bateria/Voo (%)	Média de Tempo de voo (min)	Média GSD ORTO (cm/pix)
80	80/40	11,67	9,67	2	2,37
100	70/40	12,33	8,33	4	2,92
120	70/40	3,67	8,67	1	3,4

Tabela de dados de voo com drone em distintas alturas, destacando as melhores sobreposições (80 m: 80/40; 100 e 120 m: 70/40) Fonte: Elaborada pelos autores (2025)

4. Considerações Finais

Os resultados mostraram que o aumento da altura de voo elevou o GSD, reduzindo a resolução das imagens. A sobreposição não apresentou variação significativa entre as alturas, enquanto o número de fotos diminuiu à medida que a altura aumentou. A variável bateria não sofreu influência relevante do GSD. Conclui-se que a escolha da altura de voo deve equilibrar a qualidade das imagens e a eficiência operacional no mapeamento com drones.

5. Referências

- DRONENG. Variação de GSD. Blog Droneng, Presidente Prudente, 2017. Disponível em: <https://blog.droneng.com.br/variacao-de-gsd/>. Acesso em: 14 out. 2025.
- FERREIRA NETO, A. R.; ROSA, M. C.; NUÑEZ, D. N. C. Uso de inteligência artificial na detecção de plantas daninhas. *Brazilian Journal of Science*, v. 3, n. 1, p. 14–27, 2024.
- MENDONÇA, F. N.; BARROS, Z. X. de; BARROS, B. S. X. de. Fotogrametria com veículos aéreos não tripulados: detecção de linhas de plantio em lavouras de cana-de-açúcar. *Revista DELOS*, v. 18, n. 67, p. 1–15, 2025.
- SANTOS, L. F.; GROHMANN, C. H. Processamento fotogramétrico digital por Structure from Motion de imagens obtidas em voos de diferentes alturas sobre o solo. *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. São José dos Campos: INPE, 2019. ISBN 978-85-17-00097-3.
- SOUZA, J. L. de. Geotecnologia como ferramenta de apoio a leis ambientais: sensoriamento remoto e SIG. *Revista Olhar: Revista Científica da ESAMC*, v. 2, n. 1, 2017.
- SCHADECK, A.; ROSA, H. A.; BORTOLINI, J. Influência da altura de voo no índice MPRI obtido com veículo aéreo não tripulado (VANT). *Revista Cultivando o Saber*, v. 12, n. 4, p. 454–464, out./dez. 2019.
- XAVIER, R. A utilização do VANT em levantamentos ambientais. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Análise Ambiental) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.