ISSN: 2674-9270
Volume. 8, n. 1, jan./jun. 2026

ARTIGO

Recital
Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

Alturas de voos de drones e a eficiência de aplicação em plantas daninhas de pastagens

Mohamed Silva Sousa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais
E-mail: mohamedferraz2018@gmail.com

Eveline Mendes da Silva
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
E-mail: silvameveline@gmail.com

Ariane Miranda de Oliveira
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
E-mail: mirandadeoliveira.ariane@gmail.com

Fernando José Santana Gomes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais
E-mail: fjsg@aluno.ifnmg.edu.br

Edimilson Alves Barbosa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais
E-mail: edimilson.barbosa@ifnmg.edu.br

DOI: *https://doi.org/10.46636/recital.v8i1.758*

Recebido: *08 Set. 2025*

Aceito: *12 Mar. 2026*

Como citar este artigo: SOUSA, Mohamed Silva; SILVA, Eveline Mendes da; OLIVEIRA, Ariane Miranda de; GOMES, Fernando José Santana; BARBOSA, Edimilson Alves. Alturas de voos de drones e a eficiência de aplicação em plantas daninhas de pastagens. **Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 8, n. 1, p. 46–56, 2026. DOI: 10.46636/recital.v8i1.758. Disponível em: https://recital.almenara.ifnmg.edu.br/recital/article/view/758.

Está obra está licenciada sobre uma Creative Commons Attribution 4.0 International License. Nenhuma parte desta revista poderá ser reproduzida ou transmitida, para propósitos comerciais, sem permissão por escrito. Para outros propósitos, a reprodução deve ser devidamente referenciada. Os conceitos emitidos em artigos assinados são de responsabilidade exclusiva de seus autores.

Alturas de voos de drones e a eficiência de aplicação em plantas daninhas de pastagens

RESUMO

Este estudo avaliou a eficiência da pulverização agrícola realizada com drones em plantas daninhas presentes em áreas de pastagem de *Urochloa eminii*, através de cinco alturas de voo: 4, 6, 8, 10 e 12 m. O experimento foi conduzido no município de Almenara-MG, na região do Baixo Vale do Jequitinhonha, nordeste de Minas Gerais. O herbicida foi simulado pelo uso de uma calda de pulverização preparada, utilizando-se água com óleo mineral, na proporção de 500 mL de óleo para cada 10 L de água. Para a coleta dos dados, foram distribuídos na área 20 cartões hidrossensíveis por parcela, posicionados a 70 cm de altura do solo para simular o dossel do alvo (plantas daninhas). Em laboratório, com o auxílio do software Gotas, foram identificados: a densidade de gotas (gotas cm^{-2}), amplitude relativa (adimensional), o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) (µm) e a cobertura (%). Os resultados indicaram que a altura de voo de 4 m proporcionou, para as condições locais deste trabalho, a melhor qualidade de aplicação em pastagem de *Urochloa eminii*. A segunda melhor altura de voo foi 6 m, pois obteve a mesma classificação dos parâmetros avaliados em 4 m, com exceção apenas de densidade de gotas. Já as alturas de voos de 8, 10 e 12 m demonstraram menor eficiência na aplicação para quase todos os parâmetros utilizados, exceto para o DMV, que não se diferiu entre as alturas de voo avaliadas.

Palavras-chave: Vants. Cobertura de pulverização. Agricultura de precisão. Deriva.

Drone flight altitudes and application efficiency in pasture weeds

ABSTRACT

This study evaluated the efficiency of agricultural spraying performed with drones on weeds present in *Urochloa eminii* pasture areas, using five flight heights: 4, 6, 8, 10, and 12 m. The experiment was conducted in the municipality of Almenara-MG, in the Lower Jequitinhonha Valley region, Northeast of Minas Gerais. The herbicide was simulated using a spray solution prepared with water and mineral oil, in a ratio of 500 mL of oil to every 10 L of water. For data collection, 20 water-sensitive cards were distributed across the area per plot, positioned 70 cm above the ground to simulate the target canopy (weeds). In the laboratory, using the Gotas software, the following were identified: droplet density (droplets cm^{-2}), relative amplitude (dimensionless), volumetric median diameter (VMD) (µm), and coverage (%). The results indicated that a flight height of 4 m provided, under the local conditions of this study, the best application quality in *Urochloa eminii* pasture. The second best flight height was 6 m, as it obtained the same rating for the parameters evaluated at 4 m, with the exception only of droplet density. Flight heights of 8, 10, and 12 m showed lower application efficiency for almost all parameters used, except for DMV (Deep Velocity Measurement), which did not differ between the flight heights evaluated.

Keywords: Vants. Agricultural Spraying. Precision Agriculture. Drift.

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna enfrenta o desafio de atender à crescente demanda por alimentos, conciliando produtividade, sustentabilidade e o uso eficiente dos recursos. Nesse contexto, a Agricultura de Precisão (AP) tem se consolidado como um conjunto de práticas que possibilitam o manejo mais racional das atividades agrícolas, considerando a variabilidade espacial e temporal das culturas (Boursianis et al., 2022). Entre as inovações que impulsionam esse avanço, destacam-se os veículos aéreos não tripulados (VANT), ou drones, que ampliam as possibilidades de monitoramento, mapeamento e aplicação localizada de insumos (Guebsi *et al.*, 2024).

Os drones permitem a pulverização agrícola localizada e precisa de defensivos e fertilizantes, reduzindo em até 30% o uso de insumos, minimizando impactos ambientais e aumentando a segurança dos trabalhadores (Boursianis *et al.*, 2022). Complementarmente, os dados coletados por estes equipamentos podem favorecer o manejo integrado de irrigação, fertilização e conservação do solo, promovendo o uso racional de recursos naturais (Mogili; Deepak, 2018).

A pulverização é uma etapa fundamental para o controle fitossanitário de pragas, doenças e plantas daninhas, contribuindo para alcançar maiores níveis de produtividade. As plantas daninhas competem intensamente com espécies forrageiras como *Urochloa eminii*, reduzindo a produtividade, a qualidade da forragem e a capacidade de suporte da pastagem. Entretanto, métodos tradicionais de controle apresentam limitações, como a deriva de produtos, que está relacionada com a perda ocasionada pela ação das condições climáticas e a aplicação desigual, resultando em desperdício e em riscos ambientais (Xue *et al.*, 2021). Freitas *et al.* (2020) destacam que a eficiência da pulverização está diretamente relacionada à altura de aplicação, fator que influencia a cobertura, a uniformidade e a dispersão do produto. Nesse contexto, os drones representam uma alternativa tecnológica capaz de otimizar a aplicação, devido à característica de controle preciso e automatizado da altura de voo e à geração de um fluxo de ar descendente (*downwash*). Este último, ao promover a penetração das gotas no dossel, compensa a maior distância do alvo em comparação com as barras terrestres, garantindo uma aplicação mais homogênea e direcionada (Li *et al.*, 2025; Zhan *et al.*, 2022).

Deste modo, a aplicação aérea por drone tem se mostrado uma alternativa promissora para o manejo químico de plantas daninhas, principalmente por permitir tratamentos localizados, rápido deslocamento sobre grandes áreas e adequação da altura de voo ao dossel da vegetação, fatores determinantes para garantir boa cobertura e reduzir a deriva (Ranabhat; Price, 2025).

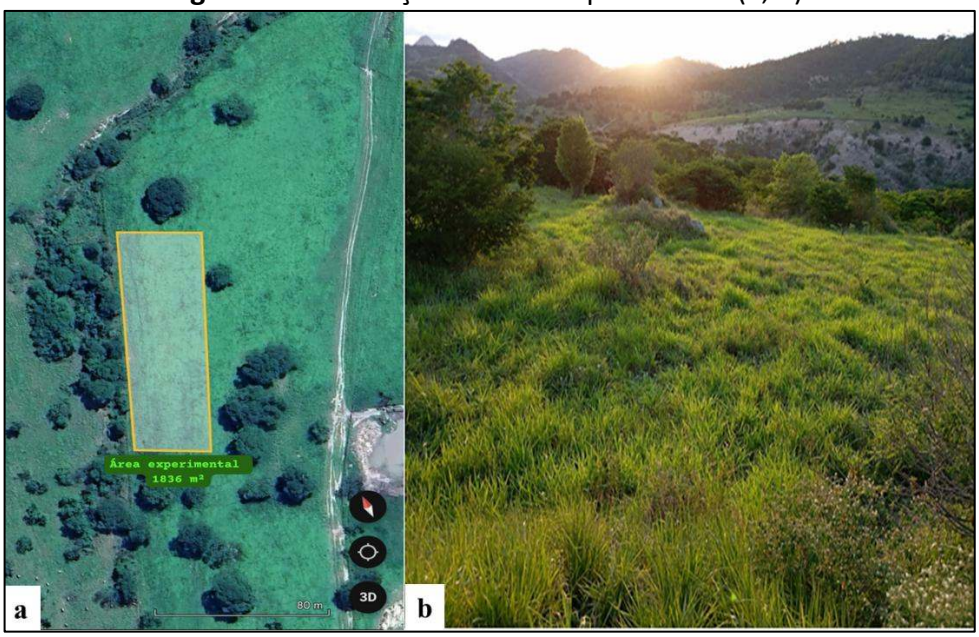
Entre as principais vantagens da pulverização com drones, destacam-se a redução significativa no uso de água, com volumes de calda variando entre 10 e 15 L, sendo até dez vezes inferiores aos utilizados em pulverizadores terrestres; menor desgaste de equipamentos; redução de custos e menor demanda de mão de obra (Patil *et al.*, 2024; Che Ruzlan *et al.*, 2025). Além disso, evitam o amassamento da cultura e a compactação do solo causados por maquinários pesados e possibilitam o acesso a áreas de difícil alcance (Ranabhat; Price, 2025). Diante dessa perspectiva, o presente estudo teve como objetivo avaliar o impacto de diferentes alturas de voo na eficiência da pulverização agrícola com drones, em plantas daninhas presentes em áreas de pastagem de *Urochloa eminii,* no Baixo Jequitinhonha.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em uma área de pastagem de *Urochloa eminii* (Mez) Davidse, localizada no município de Almenara-MG, na região do Baixo Vale do Jequitinhonha, nordeste de Minas Gerais. As coordenadas geográficas do local são 16°18’09”S e 40°38’31”W (Figuras 1a e 1b).

Figura 1 - Localização da área experimental (a, b).



Fonte: Acervo da pesquisa (2024).

EQUIPAMENTO UTILIZADO

Para a aplicação dos defensivos, foi utilizada a aeronave agrícola DJI AGRAS T20P (Figuras 2a e 2b). Este modelo é equipado com um sistema de pulverização dupla atomizada, radar de matriz faseada ativa e sensores de visão binocular (onidirecionais 360 graus) para navegação e detecção de obstáculos.

A aeronave apresenta capacidade de carga de 20 kg para pulverização e utiliza bombas com acionamento magnético, um *design* que previne o contato do produto químico com o motor, aumentando a durabilidade e reduzindo a corrosão. Os atomizadores centrífugos garantem a produção de gotas uniformes, enquanto uma válvula centrífuga exclusiva minimiza vazamentos e o uso excessivo de calda.

Durante a aplicação, foram coletados dados referentes aos parâmetros operacionais (velocidade real de voo, vazão de calda, altura, condições climáticas), através do registro automático, pelos sensores embarcados do drone para garantir a conformidade e a consistência dos tratamentos.

Figura 2 - Imagem ilustrativa do drone Agras T20P (a, b).



Fonte: Acervo da pesquisa (2024).

DESENHO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (correspondentes às alturas de voo: 4 m, 6 m, 8 m, 10 m e 12 m) e quatro repetições. A área de aplicação da calda para cada tratamento experimental foi padronizada em 20 m de comprimento x 8 m de largura. A distância entre as estacas de coleta (pontos de amostragem) foi mantida em 4 m. A velocidade de voo foi padronizada em 4,0 m s^{-1} para todos os tratamentos.

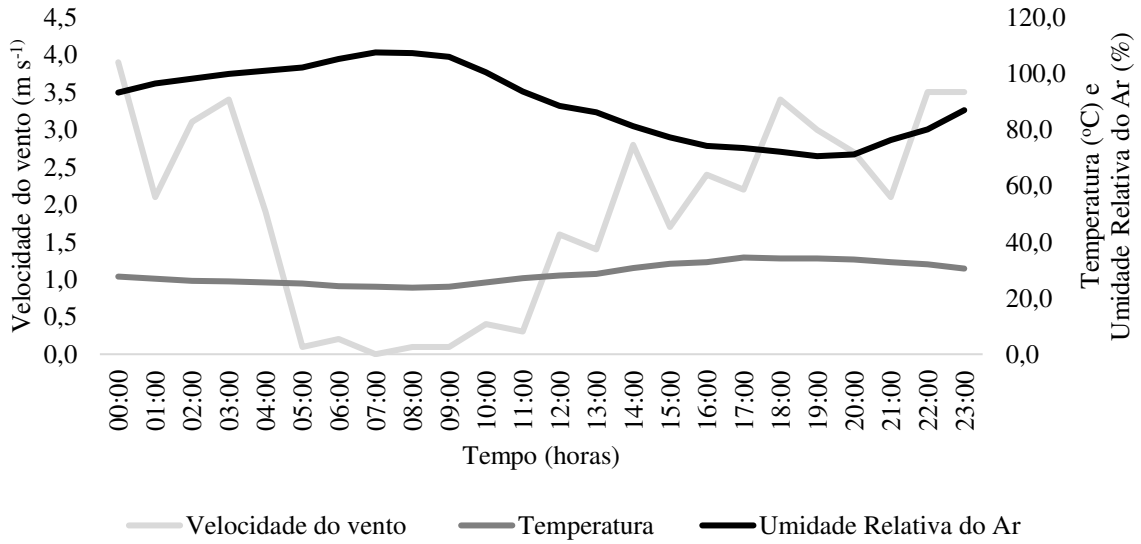
CONDIÇÕES AMBIENTAIS E DETALHAMENTOS DA APLICAÇÃO

Durante a realização do experimento, foi utilizado o *software* UAV Forecast para aferir as condições climáticas locais. Este *software* fornece previsões básicas em tempo real com até 24 horas de antecedência ou previsão para até **7** dias, permitindo observações avançadas de parâmetros meteorológicos.

A calda de pulverização foi preparada utilizando-se água com óleo mineral, na proporção de 500 mL de óleo para cada 10 L de água. O estudo foi conduzido em uma região onde a prática de pulverização aérea de herbicidas em áreas de pastagens é comumente empregada.

Para pulverizações aéreas com drones, recomenda-se que a velocidade do vento esteja preferencialmente entre 3 e 7 km·h^{-1}, com tolerância máxima de até 10 km·h^{-1}, a fim de minimizar o risco de deriva e garantir deposição uniforme (Cunha, 2008; Ranabhat; Price, 2025). No momento da aplicação, às 6 horas da manhã do dia 20/11/2024, as condições climáticas identificadas foram temperatura de 24,2 °C, velocidade do vento de 0,2 m s^{-1} e umidade relativa do ar de 81% (Figura 3).

Figura 3 - Condições climáticas (temperatura, velocidade do vento e umidade relativa do ar) ao longo do dia da aplicação da calda.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

VARIÁVEIS AVALIADAS

Para a coleta dos dados, foram distribuídos na área cartões hidrossensíveis, uniformemente, nas parcelas experimentais. Esses cartões são papéis com tecnologia para mostrar a deposição das gotas na aplicação dos defensivos agrícolas. As gotículas, ao caírem sobre o lado amarelo do papel, mostram manchas azuis decorrentes da reação com a água. Foram utilizados 20 cartões por parcela, posicionados a 70 cm de altura do solo para simular o dossel do alvo (plantas daninhas). Após a aplicação, os cartões foram coletados, acondicionados em sacos plásticos identificados e transportados ao laboratório para análise, evitando a contaminação cruzada e a degradação das amostras. Em laboratório, com o auxílio do *software* Gotas, foram identificados a densidade de gotas (gotas cm^{-2}), a amplitude relativa (adimensional), o diâmetro da mediana volumétrica (DMV) (µm) e a cobertura (%):

I. Densidade de gotas: número de gotas interceptadas por unidade de área (gotas cm^{-2});

II. Amplitude relativa (AR): coeficiente que determina a homogeneidade de uma população de gotas, dado pela equação AR = (Dv0,9 – Dv0,1)/ Dv0,5, na qual Dv é o diâmetro volumétrico e Dv0,9; Dv0,5 e Dv0,1 representam gotas cujo volume são 90%, 50% e 10% menores que a população de gotas, respectivamente. AR é um valor adimensional e tende a zero, quando o espectro de gotas for homogêneo;

III. Diâmetro da mediana volumétrico (DMV): É o diâmetro (µm) que divide o líquido aplicado em duas partes iguais, cuja metade do líquido aplicado é constituída de gotas de diâmetro superior a ele, e a outra metade é formada por gotas com diâmetro inferior a ele (Baesso *et al.*, 2014);

IV. Cobertura: corresponde à parte da superfície do alvo (cartões hidrossensíveis) coberta pela calda pulverizada, sendo expressa em porcentagem (%).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e considerados normais. Posteriormente, realizou-se a análise de variância (ANOVA) e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância ($p<0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A densidade de gotas foi maior na altura de voo de 4, m apresentando média de 36,04 gotas para cada cm^{-2} do alvo. Isso mostra que os voos realizados a 4 m de altura proporcionam, em comparação aos demais tratamentos, maior distribuição da calda no alvo, tendo mais gotas por área (Tabela 1). De forma geral, a maioria dos herbicidas pós-emergentes recomenda a aplicação com densidade de 30 a 50 gotas cm^{-2} para se obter um efeito satisfatório. Esse intervalo de 20 gotas cm^{-2} justifica-se pela variação de cada aplicação que dependerá do alvo, do produto e das condições locais. Na região de estudo, as plantas daninhas mais comuns em áreas de pastagem são: *Sida acuta*, *Mimosa debilis*, *Senna obtusifolia*, *Setaria parviflora* e *Sida rhombifolia* (Lopes, 2021).

Produtos de contato, em geral, exigem maior densidade de gotas e maior cobertura (Silva, 2022). Todavia, Mathias e Rosa *et al.* (2025) destacam que a trajetória das gotas pode ser influenciada por diversos fatores externos, como vento, umidade, temperatura, empuxo gerado pela aeronave e a quantidade de área foliar presente nas plantas, interferindo especialmente nos terços médio e inferior das plantas. Assim, maiores alturas de voos proporcionam maior tempo de exposição das gotas às condições ambientais e tendem a desviar mais as gotas. Tais condições foram observadas por Liu *et al.* (2025), ao identificarem que o aumento da altura de voo resultou em uma redução na quantidade de gotas por centímetro quadrado em papel hidrossensível.

Tabela 1 - Densidade de gotas (gotas cm^{-2}), amplitude relativa, diâmetro da mediana volumétrica DMV (µm) e cobertura (%), em função de alturas de voos.

Altura de voo (m)	Densidade de gotas (gotas cm^{-2})	Amplitude Relativa (adimensional)	DMV (µm)	Cobertura (%)
4	36,04 a	0,52 b	250^{ns}	85,00 a
6	27,03 b	0,60 b	245^{ns}	82,00 a
8	24,45 b	0,85 a	237^{ns}	78,00 b
10	23,34 b	0,90 a	235^{ns}	75,00 b
12	22,56 b	1,00 a	233^{ns}	70,56 b
CV	8,10	9,20	25,70	22,00

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p<0,05$). Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

A amplitude relativa foi menor nas aplicações realizadas a 4 e 6 metros de altura, e apresentou maiores médias nas alturas de 8, 10 e 12 metros, não se diferindo entre essas três alturas de voo maiores (Tabela 1). Aplicações com amplitude relativa próxima a zero indica um espectro de gotas mais homogêneo (Moraes, 2022). Logo, nas aplicações de 4 e 6 metros há maior homogeneidade de uma população de gotas e, quando se trabalhou com as alturas maiores, obteve-se gotas mais desuniformes. Reis *et al.* (2010) destacam que a qualidade da pulverização está diretamente relacionada com os padrões de gotas e que a homogeneidade das gotas depositadas no alvo também é um fator extremamente importante.

A amplitude relativa é influenciada pelo tipo de ponta de pulverização, bem como pelos produtos utilizados e as condições climáticas no momento da aplicação (Vieira *et al.*, 2019). Neste trabalho, constatou-se que menores alturas de voos de 4 e 6 metros de altura proporcionaram menor amplitude relativa e, consequentemente, maior qualidade na aplicação da calda, indicando que alturas menores causam menor dispersão das gotas, proporcionando maiores precisões nas aplicações, fato também observado por Ranabhat e Price (2025).

As alturas de voo de 4 e 6 metros proporcionaram maiores coberturas do alvo com médias de 85 e 82%. Já nas alturas de voo de 8, 10 e 12 metros, foram identificadas menores coberturas e estas não se diferiram entre si (Tabela 1). Zhu *et al.* (2011) destacam que não existem valores pré-definidos que indiquem uma boa cobertura, mas se sabe que a maior cobertura dos alvos está diretamente relacionada com a qualidade da aplicação, sendo ainda mais importante para produtos de contato, que demandam uma maior área de contanto com o alvo para proporcionarem proteção de forma efetiva (Silva, 2022). Para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), não houve diferença entre os tratamentos testados (Tabela 1).

Condições desfavoráveis, como temperatura, velocidade do vento, umidade relativa do ar, radiação e umidade do solo, podem comprometer a aplicação, causando prejuízos econômicos ao produtor e impactos ambientais. Ventos fortes, por exemplo, podem provocar deriva de produtos para áreas não desejadas, enquanto altas temperaturas podem aumentar a evaporação, reduzindo o alcance das gotas ao alvo (Aljuhaishi *et al.*, 2025).

Além disso, deve-se levar em consideração o equilíbrio entre altura e velocidade de voo, que é fundamental para se obter aplicações satisfatórias, atingindo o alvo e evitando perdas com a deriva (Cunha, 2008; Lou *et al.*, 2018). Portanto, ajustar esses parâmetros é fundamental para maximizar a eficiência e a precisão da aplicação agrícola (Cunha *et al.*, 2024). Além de não apresentar diferença estatística entre as alturas testadas, os valores de DMV foram considerados altos, obtendo a menor média no tratamento de 12 metros de altura.

Estes resultados demonstram que o risco de deriva foi muito baixo em todos os tratamentos experimentais, sendo consistentes com a literatura, que indica que gotículas com diâmetros inferiores a 150 µm representam um risco significativamente maior de deriva (Chen *et al.*, 2024). Esse risco é acentuado em alturas de aplicação superiores a 10 m, onde esses diâmetros são mais sensíveis às condições atmosféricas, como a interferência da velocidade do vento (Chen *et al.*, 2020; Xue *et al.*, 2021).

A deriva da pulverização é definida como a quantidade de produto que sai da área pulverizada pela ação das correntes de ar durante o processo de aplicação (Otto *et al.*, 2015), sendo, portanto, extremamente indesejável nas aplicações de defensivos agrícolas. Segundo Lost Filho *et al.* (2020), dentre os fatores que influenciam a deriva, destacam-se as condições climáticas (temperatura, umidade, velocidade e direção do vento), o tamanho da gota e parâmetros da aplicação, como a altura da barra ou de voo, e a velocidade de deslocamento. A deriva é um fator crítico em aplicações aéreas, pois deslocamentos de gotas afetam áreas não-alvo, provocando danos à cultura vizinha e problemas ambientais (Pimentel; Burguess, 2012).

Alturas de aplicação elevadas aumentam o tempo de trânsito das gotículas entre o bico de pulverização e o alvo, resultando em uma exposição prolongada às condições ambientais adversas (Aljuhaishi *et al.*, 2025). Consequentemente, isso pode levar à redução da qualidade da aplicação, manifestada por uma maior amplitude relativa, menor DMV e redução na cobertura do alvo.

Contudo, em áreas de pastagens com presença de árvores ou obstáculos, comuns no Vale do Jequitinhonha, a utilização de maiores alturas de voo pode ser necessária. Nestas condições, a atenção rigorosa ao monitoramento das condições climáticas ideais torna-se crucial para mitigar os riscos de deriva e a perda de eficácia da pulverização. Assim, a aplicação em alturas elevadas, em algumas situações, pode ser realizada com segurança, quando o operador mantém baixa velocidade, realiza planejamento de voo detalhado, faz o mapeamento da área, delimita zonas de aplicação e monitora as condições climáticas, sobretudo, a velocidade do vento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A altura de voo de 4 metros mostrou-se mais eficiente para pulverização agrícola por drone em pastagens de *Urochloa eminii* no vale de Jequitinhonha. No entanto, para pastagens com a presença de obstáculos, como árvores, recomenda-se a altura de até 6 m.

REFERÊNCIAS

ALJUHAISHI, S. A.; AL-TIMIMI, Y. K.; WAHAB, B. I. Weather hazard challenges for flying agricultural drones in Iraq. **Iraqi journal of agricultural sciences**, v.56, p. 258-267, 2025.

BAESSO, M. M; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A.; BAESSO, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, v.61, p. 780-785, 2014. https://doi.org/10.1590/0034-737x201461000003

BOURSIANIS, A. D.; PAPADOPOULOU, M. S.; DIAMANTOULAKIS, P.; LIOPA-TSAKALIDI, A.; BAROUCHAS, P.; SALAHAS, G.; KARAGIANNIDIS, G.; WAN, S.; GOUDOS, S. K. Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in smart farming: A comprehensive review. **Internet of Things**, v. 18, p. 100187, 2022.

CHEN, H.; WENG, H.; ZHU, H.; SHEN, S.; LI, W. Insights on droplet drift and effective utilization of pesticide in “Third Pole”: Qinghai-Tibet Plateau of China. **Heliyon**, v. 10, n. 9, 2024. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30935

CHEN, S.; LAN, Y.; ZHOU, Z.; OUYANG, F.; WANG, G.; HUANG, X.; DENG, X.; CHENG, S. Effect of Droplet Size Parameters on Droplet Deposition and Drift of Aerial Spraying by Using Plant Protection UAV. **Agronomy**, v.10, n. 2, p. 195, 2020. https://doi.org/10.3390/agronomy10020195

CHE RUZLAN, K. A.; BAKAR, S. A. B.; CHE MANAN, C. A. H. Weed control efficiency of unmanned aerial vehicle spray in replanting oil palm plantation areas. **Weed Science**, v.73, p. 37, 2025.

CUNHA, J. P. A. R. Simulação da deriva de agrotóxicos em diferentes condições de pulverização. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1616-1621, 2008.

CUNHA, J. P. A. R.; LOPES, L. L.; ALVARENGA, C. B. Chemical Control of Coffee Berry Borer Using Unmanned Aerial Vehicle under Different Operating Conditions. **AgriEngineering**, v. 6, n. 2, p. 1639–1648, 2024.

FREITAS, L. M.; ANDRADE, H. D.; SOUSA, M. E. T.; PAIVA, J. L. S.; FILHO, E. F. C. Análise e simulação de antena de microfita para controle e monitoramento de um drone em áreas agrícolas. **Revista eletrônica de engenharia elétrica e engenharia mecânica**, v. 2, n. 1, p. 75-81, 2020.

GUEBSI, R.; MAMI, S.; CHOKMANI, K. Drones in Precision Agriculture: A Comprehensive Review of Applications, Technologies, and Challenges. **Drones**, v. 8, n. 11, p. 686, 2024.

LI, H.; LI, Y.; ZEESHAN, M.; YANG, L.; GAO, Z.; YANG, Y.; ZHANG, G.; WANG, C.; HAN, X. The Influence of Unmanned Aerial Vehicle Wind Field on the Pesticide Droplet Deposition and Control Effect in Cotton Fields. **Agronomy,** v.15, n. 5, p.1221, 2025. https://doi.org/10.3390/agronomy15051221

LIU, Y., LIANG, X., WU, C., NA, AN, X., WU, M., ZHAO, Z., LI, Z., CHEN, Q. Optimization of spray operation parameters of unmanned aerial vehicle confers adequate levels of control of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). **Frontiers in Plant Science**, v. 16, p.1581367, 2025. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1581367

LOPES, A. L. F. **Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em pastagens do Baixo Vale do Jequitinhonha**. 2021. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Agronomia. Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, 2021.

LOST FILHO, F. H.; HELDENS, W. B.; KONG, Z.; ELVIRA S DE LANGE, E. S. Drones: Innovative technology for use in precision pest management. **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 1, p. 1–25, 2020.

LOU, Z.; XIN, F.; HAN, X.; LAN, Y.; DUAN, T.; FU, W. Effect of Unmanned Aerial Vehicle Flight Height on Droplet Distribution, Drift and Control of Cotton Aphids and Spider Mites. **Agronomy**, v.8, n. 9, p.187, 2018.

MATHIAS, F. P.; ROSA, H.A. Drone de pulverização na cultura do trigo: impacto da altura de voo e da taxa de aplicação na deposição de gotas. **Revista Cultivando o Saber**, v.18, p. 151-159, 2025.

MOGILI, U. R.; DEEPAK, B. B. V. L. Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture. **Procedia Computer Science**, v. 133, p. 502-509, 2018.

MORAES, H. M. F. **Aplicação de pesticidas com veículos aéreos não tripulados nas culturas de café, citros e feijão.** 2022. 87 f. Tese - Universidade Federal de Viçosa, UFV, 2022.

OTTO, S., LODDO, D., BALDOIN, C., ZANIN, G. Spray drift reduction techniques for vineyards in fragmented landscapes. **Journal of Environmental Management**, v. 162, p. 290-298, 2015.

PATIL, A. S.; MAILAPALLI, D. R.; SINGH, P. K. Drone Technology Reshaping Agriculture: A Meta-Review and Bibliometric Analysis on Fertilizer and Pesticide Deployment. **Journal of Biosystems Engineering**, v.49, p.382–398, 2024. https://doi.org/10.1007/s42853-024-00240-1

PIMENTEL, D.; BURGESS, M. Small amounts of pesticides reaching target insects. **Environment, Development and Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 1–2, 2012.

RANABHAT, S.; PRICE, R. Effects of Flight Heights and Nozzle Types on Spray Characteristics of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Sprayer in Common Field Crops. **AgriEngineering**, v.7, n. 2, p. 22, 2025. https://doi.org/10.3390/agriengineering7020022

REIS, E. F.; QUEIROZ, D. M.; CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, S. M. F. Qualidade da aplicação aérea líquida com uma aeronave agrícola experimental na cultura da soja (*Glycine max* L.). **Engenharia Agrícola**, Jaboticaba, v. 30, n. 5, p. 958-966, 2010.

SILVA, M. R. A. **Deposição de calda aplicada com aeronave remotamente pilotada nas culturas de milho e soja**. 2022. 50 f. Dissertação - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

VIEIRA, L. C.; JUNIOR, J. D. G.; RUAS, R. A. A.; FARIA, V. R.; FILHO, A. C. Interações entre adjuvante e pontas hidráulicas no controle da deriva de glifosato. **Energia na agricultura**, v. 34, n. 3, p. 331–340, 2019.

XUE, S., XI, X., LAN, Z., WEN, R., MA, X. Longitudinal drift behaviors and spatial transport efficiency for spraying pesticide droplets, **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 177, p. 121516, 2021. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2021.121516

ZHAN, Y.; CHEN, P.; XU, W.; CHEN, S.; HAN, Y.; LAN, Y.; WANG, G. Influence of the downwash airflow distribution characteristics of a plant protection UAV on spray deposit distribution. **Biosystems Engineering**, v.216, p. 32-45, 2022. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.01.016

ZHU, H.; SALYANI, M.; FOX, R. A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 76, Edição 1, p.38-43, 2011. https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.01.003.