

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ARTUR RODRIGUES JUNQUEIRA

DEPOSIÇÃO DE CALDA APLICADA COM AERONAVE REMOTAMENTE
PILOTADA NA CULTURA DO CAFÉ

Uberlândia – MG

2023

ARTUR RODRIGUES JUNQUEIRA

**DEPOSIÇÃO DE CALDA APLICADA COM AERONAVE REMOTAMENTE
PILOTADA NA CULTURA DO CAFÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo A. R. da Cunha

Uberlândia – MG

2023

ARTUR RODRIGUES JUNQUEIRA

**DEPOSIÇÃO DE CALDA APLICADA COM AERONAVE REMOTAMENTE
PILOTADA NA CULTURA DO CAFÉ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 26 de janeiro de 2023.

Prof. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha
Orientador

Eng^a. Agrícola Luana de Lima Lopes
Membro da Banca

Eng^a. Agrônoma Silviane Gomes Rodrigues
Membro da Banca

AGRADECIMENTO

Venho por meio deste breve texto agradecer a todos que participaram efetivamente em minha vida pessoal e acadêmica, e que de alguma forma, me ajudaram chegar até este momento, o qual concede fim a um pedaço da jornada e início a mais uma longa estrada.

Quero agradecer de forma especial a minha mãe, Susana Maria, mulher forte e guerreira, que nunca abriu mão dos meus estudos e sempre me incentivou a prosseguir nesse caminho. Mulher que sozinha conduziu dois filhos à formatura.

Agradeço a Deus, por me guiar e iluminar em todos os momentos, e ao meu pai João Neto, que já partiu, mas sempre esteve comigo ao longo de toda minha vida.

Tenho que agradecer também a todos os outros envolvidos durante o meu processo de formação, aqueles que sempre me apoiaram e me ajudaram seja em qual foi a situação, sou grato a todos que de alguma forma me ajudaram.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	MATERIAL E MÉTODOS	9
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4	CONCLUSÕES.....	15
	REFERÊNCIAS.....	16

RESUMO

JUNQUEIRA, Artur Rodrigues. **Deposição de calda aplicada com aeronave remotamente pilotada na cultura do café.** 2023. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023.

A cafeicultura é uma importante atividade agrícola e econômica no Brasil. Um dos grandes desafios enfrentados pelos produtores é a suscetibilidade das plantas a várias pragas e doenças, fazendo necessário com frequência o controle fitossanitário por meio da aplicação de defensivos agrícolas. No entanto, essa operação muitas vezes é complexa, pois algumas áreas estão em terrenos declivosos e irregulares, fato que dificulta os tratamentos mecanizados na cultura. Sendo assim, uma opção para os produtores é a utilização de aeronaves remotamente pilotadas. O presente trabalho teve como objetivo analisar a deposição de calda pulverizada nas folhas do cafeeiro utilizando uma aeronave remotamente pilotada (drone), empregando duas alturas de voo (2 e 3 m) e três pontas de pulverização (jato plano XR 11001, jato plano com indução de ar Airmix 11001 e jato cônico vazio COAP 9001). O trabalho foi conduzido em lavoura de café arábica cultivar Catuaí IAC 99 com 11 anos de idade. A aeronave utilizada foi um octocóptero DJI AGRAS MG-1P. Foram realizados quatro tratamentos: ponta XR 11001, COAP 9001 e Airmix 11001, todas voando a 3 m de altura, e ponta Airmix 11001 a 2 m de altura. A calda foi composta pelo traçador Azul Brilhante à concentração de 50000 mg L^{-1} . Foram coletadas folhas das metades superior e inferior da copa das plantas, das quais foi extraído e quantificado o traçador por espectrofotometria e determinada a área foliar por meio de um medidor de área foliar. A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que as pontas de jato plano proporcionaram as maiores deposições, tanto na parte superior quanto na parte inferior das plantas. A ponta de jato plano com tecnologia de indução de ar mostrou-se a adequada. Sua utilização obteve resultados positivos a 2 e 3 m de altura de voo, sem diferença entre elas.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café. O produto segue compondo um importante papel na economia brasileira, figurando em 4º lugar no ranking de Valor Bruto de Produções (VBP) de produtos das lavouras, índice que mede as divisas promovidas pela agropecuária nacional (EMBRAPA, 2005). Ainda, de acordo com o levantamento da Conab, a área destinada à cafeicultura nacional em 2022 é de 2,24 milhões de hectares, sendo 1,84 milhão para lavouras em produção e 402 mil hectares de área em formação, o que representa leve aumento de área total cultivada em comparação à safra passada (CONAB, 2022).

No entanto, toda essa produção está ameaçada por fatores como pragas e doenças. Nesse contexto, a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários assume um papel muito importante, devido à necessidade de controle desses fatores bióticos. Entre os principais componentes da tecnologia de aplicação estão os bicos (pontas) de pulverização, que são responsáveis por quebrar o líquido em gotas, distribuir as gotas e controlar o fluxo (NEGRISOLI, 2018).

A uniformidade da cobertura e a penetração no dossel estão intimamente relacionadas à qualidade da pulverização e são um dos principais fatores que interferem no controle eficaz dos problemas de pragas. Existe um modelo para cada situação específica no campo dependendo do destino da aplicação e da necessidade de cobertura na área, levando também em consideração o tamanho e a densidade das gotas bem como a classe e o modo de atuação do produto fitossanitário, perdas por deriva e volume de calda utilizado (BOLLER; RAETANO, 2011).

A taxa de aplicação ou volume de calda é outro fator referente à tecnologia de aplicação ainda muito discutido, e depende do produto fitossanitário a ser utilizado e do alvo biológico da aplicação. Representa a quantidade em volume que será pulverizada por unidade de área.

Nesse contexto, o setor agropecuário está em constante evolução e, atualmente, na era da agricultura 4.0, tem-se desenvolvido uma maior automatização de ferramentas e o uso de tecnologias digitais para aumentar a produtividade (SILVA NETO et al., 2021). Essas ferramentas e tecnologias incluem o uso de aeronaves de controle remoto (RPA) para pulverização de produtos fitossanitários (MARTIN et al., 2019).

Ferramentas importantes na pulverização e no monitoramento das lavouras, as RPAs garantem rapidez e precisão nas operações agrícolas. Para se ter uma ideia, um

equipamento como esse pode chegar a fazer 12 hectares em uma hora de operação, produção semelhante à de um pulverizador tratorizado de arrasto com tanque de 600 litros. Há também uma grande economia de água para a cobertura da área.

Uma das principais características desse tipo de aplicação é o uso da taxa de aplicação reduzida, o que aumenta a autonomia e a capacidade operacional do equipamento, sendo assim, a tecnologia de aplicação usada no campo precisa ser melhorada. Lan e Chen (2018), discutem a necessidade de mais pesquisas sobre proteção de plantas com RPA, principalmente devido ao declínio nas taxas de aplicação, incluindo outras questões. As dificuldades estão principalmente relacionadas à boa cobertura de alvos. Além disso, o orifício do bico é reduzido para obter uma taxa de aplicação menor, ao mesmo tempo em que incrementa a cobertura, aumentando assim o risco de deriva, reduzindo o tamanho das gotas produzidas. Em geral, gota menores são biologicamente mais ativas, mas pouco seguras na questão ambiental.

Sendo assim, faz-se necessários estudos que aliem novas tecnologias de aplicação e uma deposição de calda com qualidade na cultura do café, a fim de fornecer dados e auxiliar na utilização de RPAs, comprovando sua eficácia e praticidade. Ainda faltam estudos sobre as melhores condições operacionais nas pulverizações em lavouras de café.

Desta forma, o objetivo desse trabalho foi analisar a deposição de calda na cultura do café promovida por uma aeronave remotamente pilotada, empregando trêstipos de pontas de pulverização e duas alturas de voo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na fazenda experimental do Campus Glória, pertencente a Universidade Federal de Uberlândia, com coordenadas geográficas 18°57'45.0"S de latitude e 48°12'18.8"W de longitude, e altitude aproximada de 863 m. O clima da região foi classificado como Aw, pelo Sistema de Köppen (KÖPPEN, 1948), podendo ser definido como tropical úmido com inverno seco. O solo apresenta uma topografia levemente ondulada.

Os estudos de deposição de calda foram feitos em uma área de café com plantas da cultivar Catuaí, com espaçamento entre linhas de 3,5 m e 0,6 m entre plantas, altura média de 2,1 m e projeção da copa com diâmetro de 1,7 m.

Foram demarcadas 4 parcelas experimentais, constituídas de 50 m de comprimento e 20 m de largura, com parcela útil de 40 m de comprimento e 16 m de largura, sendo o restante considerado bordadura.

O experimento constou de 4 tratamentos (Tabela 1) e 5 repetições, cujo delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Foi avaliada a deposição de calda nas folhas do dossel do café, considerando parte inferior e superior da planta de forma separada.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos empregados

Tratamento	Ponta	Altura de voo (m)
1	Teejet XR 11001 (jato plano)	3
2	Kgf COAP 9001 (jato cônico vazio)	3
3	Agrotop Airmix 11001 (jato plano com indução de ar)	3
4	Agrotop Airmix 11001 (jato plano com indução de ar)	2

Foi utilizado uma aeronave remotamente pilotada DJI AGRAS MG-1P (dji.com/br/mg-1p), com depósito de calda de 10 L, 4 bicos de pulverização e 8 motores (130 rpm/volts) (Figura 1). A altura dos bicos de pulverização foi de 2,0 e 3,0 m. A taxa de aplicação e a velocidade de deslocamento foram de 10 L ha⁻¹ e 13,5 km h⁻¹ respectivamente, e a faixa de aplicação utilizada foi de 4 m, para todos os tratamentos.

Foram empregadas pontas de pulverização de jato plano XR 11001 (Teejet, EUA), com espectro de gotas finas a muito finas dependendo da pressão de trabalho (essas são as pontas que vêm originalmente de fábrica com o equipamento); pontas de jato cônico vazio Kgf COAP 9001 (KGF, Brasil), com espectro de gotas muito finas, e pontas de jato plano com indução de ar AirMix 11001 (Agrotop, Alemanha), com espectro de gotas de média a fina, dependendo da pressão (Figura 2). Todos os espectros de gotas informados pelos fabricantes.

Figura 1: Aeronave remotamente pilotada DJI AGRAS MG-1P.



Fonte: autor próprio, Artur Rodrigues Junqueira (2022)

Figura 2: Pontas de pulverização utilizadas. Em ordem (esquerda para direita): TeejetXR 11001, Agrotop Airmix 11001 e Kgf COAP 9001.



Fonte: autor próprio, Artur Rodrigues Junqueira (2022)

Durante as aplicações, foram monitoradas as condições de temperatura, umidade

relativa do ar e velocidade do vento, utilizando um termo-higro-anemômetro digital (modelo 4000, Kestrel, EUA). A temperatura variou de 29 a 30°C, a umidade de 49 a 52% e a velocidade do vento de 2,6 a 4,8 km h⁻¹.

Para o preparo da calda de pulverização, adicionou-se em água um traçador composto do corante alimentício Azul Brilhante, catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C Blue n.1, na concentração de 50000 mg L⁻¹ para ser detectado por absorvância em espectrofotometria.

Após a aplicação, foram marcadas 10 plantas ao acaso em cada repetição e, em cada planta, foi coletada uma folha na parte superior e uma folha na parte inferior. As folhas foram, então, colocadas em sacos plásticos e acondicionadas em recipientes providos de isolamento térmico e luminoso para o transporte até o Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Uberlândia (Uberlândia, Minas Gerais, Brasil), local onde foram realizadas as análises.

Em laboratório, adicionou-se 100 mL de água destilada a cada saco plástico. Estes foram fechados e agitados por 30 min em agitador pendular TE-240 (Tecnal, Brasil) a 250 rpm para a extração do traçador presente nas amostras. Em seguida, o líquido foi retirado e transferido para copos plásticos, os quais foram separados de acordo com seus tratamentos e números de repetições para posterior leitura de absorvância no espectrofotômetro. A área das folhas foi medida com um medidor de área foliar LI 3100C (Licor, USA).

Através de curva de calibração, originada por meio de soluções-padrão do traçador, os dados de absorvância, obtidos no espectrofotômetro, foram transformados em concentração ($\mu\text{g L}^{-1}$). De posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, determinou-se a massa de corante retida nas folhas coletadas nas parcelas. O depósito total foi dividido pela área de cada amostra, para obter-se a quantidade em μg de traçador por cm^2 de área foliar. Visando compreender também a uniformidade de distribuição da calda ao longo do dossel, analisou-se também uma variável composta pelo quociente do depósito na parte superior pelo depósito na parte inferior.

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e as comparações entre tratamentos, quando pertinente, foram feitas pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando-se a deposição de calda nas folhas superiores do cafeeiro (Tabela 2), nota-se que houve diferença entre os tratamentos. Na altura de 3 m, as pontas de jato plano com e sem indução de ar se destacaram promovendo maior deposição, embora a ponta de jato cônico vazio não tenha se diferenciado da ponta de jato plano. A maior deposição foi obtida com a ponta de indução de ar. Em relação à altura de voo não houve diferença de deposição de calda.

Provavelmente, a menor deposição de calda com a ponta de jato cônico vazio possa ter ocorrido em função da pressão de trabalho. Embora a RPA não tenha manômetro, a vazão por ponta aproximada empregando-se duas pontas, 10 L ha^{-1} , $13,5 \text{ km h}^{-1}$ e 4 m de faixa é de $0,45 \text{ L min}^{-1}$, o que corresponde a uma pressão de 400 kPa (4 bar). De acordo com o fabricante deste modelo de ponta, sua operação inicia-se a partir de 200 kPa, contudo essa é uma pressão relativamente baixa para esse tipo de ponta.

Pontas de jato cônico vazio trabalham em geral a pressões de 200 a 1000 kPa e produzem gotas finas (CHRISTOFOLETTI, 1991), sendo comumente recomendadas para as aplicações de inseticidas e fungicidas em culturas com grande enfolhamento, onde se requer boa penetração no dossel (CUNHA et al., 2006; WILKINSON, 1999). No entanto, vários autores começam a trabalhar com pontas de jato cônico vazio com pressões superiores a 400 kPa (CUNHA et al., 2007; BUENO et al., 2013).

Tabela 2. Deposição de calda nas folhas da metade superior do cafeeiro promovida pela aplicação do traçador em diferentes condições operacionais empregando aeronave remotamente pilotada.

Ponta de pulverização	Altura de voo (m)	Deposição de calda ($\mu\text{g cm}^{-2}$)
Jato cônico vazio	3	1,604 b
Jato plano	3	2,144 ab
Jato plano com indução de ar	3	2,808 a
Jato plano com indução de ar	2	3,260 a

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 0,05 de significância.

De acordo com Fritz et al. (2012), o tamanho das gotas é indiscutivelmente um fator decisivo na deposição destas, tanto dentro como fora do alvo. Em geral, gotas

menores são mais eficazes para o controle de pragas e doenças porque proveem uma melhor cobertura direcionada, mas são menos ambientalmente seguras porque são mais propensas à deriva. Gotas grossas são menos propensas à evaporação e deriva (exoderiva), sendo, no entanto, mais sujeitas a não se fixarem no alvo e escorrerem para o solo (endoderiva) (CUNHA et al., 2006; CZACZYK et al., 2012).

As pontas com indução de ar utilizam o princípio de Venturi para induzir ar ao líquido, e têm como característica a geração de gotas de maior diâmetro, com ar em seu interior, as quais normalmente apresentam menor risco de deriva (GULLER et al., 2007).

Dessa forma, de acordo com os dados obtidos, sugere-se que a ponta de jato cônico tenha promovido menor deposição também provavelmente em função do menor tamanho de gota produzida, fato que pode favorecer a deriva. Já as pontas de jato plano com indução de ar proporcionaram os melhores resultados, atrelados provavelmente aos maiores tamanhos de gotas estudados. Há que se salientar que em geral pontas de indução de ar produzem gotas grossas a ultra grossas, mas o modelo testado em específico produz gotas de médias a finas.

Em relação à deposição de calda no terço inferior das plantas (Tabela 3), também se verificou diferença entre os tratamentos, com comportamento semelhanteo ao das folhas superiores. Menores deposições promovidas pela ponta de jato cônico e maiores com pontas de jato plano, com destaque para a ponta com indução de ar. Também não houve diferença para as duas alturas de voo.

Tabela 3. Deposição de calda nas folhas da metade inferior do cafeeiro promovida pela aplicação do traçador em diferentes condições operacionais empregando aeronave remotamente pilotada.

Ponta de pulverização	Altura de voo (m)	Deposição de calda ($\mu\text{g cm}^{-2}$)
Jato cônico vazio	3	1,636 b
Jato plano	3	1,880 ab
Jato plano com indução de ar	3	2,642 a
Jato plano com indução de ar	2	2,740 a

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 0,05 de significância.

A perda de pulverização de culturas perenes pode ser causada por espaços vazios no dossel, espaços entre plantas ou perdas acima e abaixo do dossel. A recomendação

mais comum para reduzir a deriva é usar gotas maiores que não viajam tão longe e reduzir o número de pequenas gotas sujeitas à deriva. No entanto, esta indicação pode ser diretamente contrária à necessidade de aumentar a cobertura de pulverização e, portanto, o desempenho do produto (DERKSEN et al., 2007).

Pontas com indução de ar, como citado anteriormente, têm a característica de gerarem gotas maiores, mais pesadas, sendo menos arrastadas pelo vento. No entanto, mais estudos são necessários para se entender o processo de deposição destas gotas no alvo, que muitas vezes são mais sujeitas ao escorrimento (WENNEKER; ZANDE, 2008; CZACZYK et al., 2012; SOUZA et al., 2011).

A uniformidade de deposição de calda ao longo do dossel do cafeeiro foi analisada por meio do quociente entre os valores da deposição nas metades superior e inferior das plantas (Tabela 4). Nota-se que não houve diferença significativa, indicando semelhança entre os tratamentos. Valores próximos a 1 indicam uma deposição uniforme e valores positivos indicam maior deposição na parte superior das plantas.

A deposição na parte inferior das plantas foi ligeiramente menor que na parte superior. Isso ocorre em virtude da maior distância em relação ao ponto de lançamento das gotas. Em aplicações terrestres, em geral o ponto mais distante é o ponteiro das árvores, mas em aplicações aéreas o ponto de maior dificuldade de deposição em geral está no baixeiro da cultura.

Tabela 4. Cociente entre deposição de calda na parte superior e inferior do cafeeiro promovida pela aplicação do traçador em diferentes condições operacionais empregando aeronave remotamente pilotada.

Ponta de pulverização	Altura de voo (m)	Deposição de calda ($\mu\text{g cm}^{-2}$)
Jato cônico vazio	3	1,014 a
Jato plano com indução de ar	3	1,094 a
Jato plano	3	1,150 a
Jato plano com indução de ar	2	1,208 a

*Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo Teste de Tukey a 0,05 de significância

4. CONCLUSÕES

A ponta de jato plano com tecnologia de indução de ar mostrou-se indicada para aplicação com RPAs, levando-se em consideração a deposição de calda no dossel superior e inferior do cafeeiro. Sua utilização obteve resultados positivos a 2 e 3 m de altura de voo, sem diferença entre elas.

A ponta de jato plano standard demonstrou resultados semelhantes às pontas de jato plano com indução de ar, porém, não se diferenciou da ponta de jato cônico vazio, que proporcionou as menores deposições, tanto na parte superior quanto na inferior, provavelmente em função da pressão empregada.

Estudos complementares quanto à eficácia biológica dos tratamentos são necessários, uma vez que os dados de deposição podem ser insuficientes para se inferir sobre a qualidade do tratamento fitossanitário.

REFERÊNCIAS

- BOLLER, W.; RAETANO, C.G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barras. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. Tecnologia de Aplicação para Culturas Anuais. 1 ed. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2011. p. 51-65.
- BUENO, M. R.; CUNHA, J.P.A.R. ; ROMAN, R. A. A. . Tamanho de gotas de pontas de pulverização em diferentes condições operacionais por meio da técnica de difração do raio laser. Engenharia Agrícola (Impresso), v. 33, p. 976-985, 2013.
- CHEN, P.; LAN, Y.; HUANG, X.; QI, H.; WANG, G.; WANG, J.; WANG, L.; XIAO, H. Droplet deposition and control of plant hoppers of different nozzles in two-stage rice with a quadrotor unmanned aerial vehicle. Agronomy, v. 10, n. 2, p. 303, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10020303>
- CHRISTOFOLETTI, J. C. Bicos de pulverização: seleção e uso. Diadema: Spraying Systems, 1991. 9 p.
- CONAB. Boletim da safra de café. 20 de setembro de 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafes/boletim-da-safra-de-caffe>. Acesso dia 07/12/2022
- CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M. M. ; FERNANDES, H. C. Avaliação do espectro de gotas de pontas de pulverização hidráulicas utilizando a técnica da difração do raio laser. Engenharia Agrícola, v. 27, p. 10-15, 2007.
- CUNHA, J. P. A. R. DA; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de 322 estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. Planta Daninha, v.21, p.325-332, 2006.
- DERKSEN, R. C.; ZHU, H.; FOX, R. D.; BRAZEE, R. D.; KRAUSE, C. R. Coverage and drift produced by air induction and conventional hydraulic nozzles used for orchards applications. Transaction of the ASABE, v. 50, n. 5, p.1493-1501, 2007.
- EMBRAPA. A importância do café nosso de todos os dias. EMBRAPA CAFÉ. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17987068/a-importancia-do-caffe-nosso-de-todos-os-dias#:~:text=Hoje%2C%20o%20caf%C3%A9%20continua%20sendo,um%20ter%C3%A7o%20da%20produ%C3%A7%C3%A3o%20mundial>. Acesso em: 06 de junho de 2005.
- KRUGER, G.; HENRY, R. Measurement and classification methods using the ASAE

S572.1 reference nozzles. *Journal of Plant Protection Research*, v. 52, n. 4, p. 447- 457, 2012.

GULLER, H.; ZHU, H.; OZKAN, H. E.; DERKSEN, R. C.; YU, Y.; KRAUSE, C. R. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-fan nozzles. *Transaction of ASABE*, v. 50, n. 3, p. 745- 754, 2007.

KÖPPEN, W. *Climatologia*. México: Ed. Fundo de Cultura Econômica, 1948. 478p.

MARTIN, D. E.; WOLDT, W. E.; LATHEEF, M. A. Effect of application height and ground speed on spray pattern and droplet spectra from remotely piloted aerial application systems. *Drones*, v. 3, n. 4, p. 83, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/drones3040083>

NEGRISOLI, M. M. Otimização da pulverização e controle de *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja. 103f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2018.

SILVA NETO, J. O.; SASAKI, R. S.; ALVARENGA, C. B. de. Remotely piloted aircraft (RPA) for pesticides application. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 12, p. e293101220573, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i12.20573.

WENNEKER, M.; van de ZANDE, J.C. Drift reduction in orchard spraying using a cross flow sprayer equipped with reflection shields (Wanner) and air injection nozzles. *CIGR eJournal*, v. x, p. 1-10, 2008.