

INSTITUTO DE SERVIÇOS EDUCACIONAIS VALE DO PARANAPANEMA LTDA
FACULDADES INTEGRADAS DE TAGUAÍ
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PULVERIZADORES AGRÍCOLAS:
INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E DA VELOCIDADE DE TRABALHO EM 1ª E 2ª
MARCHA SIMPLES, MEDIANTE CONDIÇÕES REAIS DE CAMPO**

BRUNO HENRIQUE NASCIMENTO DE JESUS

TAGUAÍ- SP

2025

BRUNO HENRIQUE NASCIMENTO DE JESUS

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PULVERIZADORES AGRÍCOLAS:
INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E DA VELOCIDADE DE TRABALHO EM 1ª E 2ª
MARÇA SIMPLES, MEDIANTE CONDIÇÕES REAIS DE CAMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Engenharia Agrônômica das Faculdades Integradas de Taguaí como requisito para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto

Professor Responsável pela disciplina: Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto

TAGUAÍ- SP

2025

Nome do autor: Bruno Henrique Nascimento de Jesus

Título: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PULVERIZADORES AGRÍCOLAS: INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E DA VELOCIDADE DE TRABALHO EM 1ª E 2ª MARCHA SIMPLES, MEDIANTE CONDIÇÕES REAIS DE CAMPO.

Profa. Dra Viviane Maria Codognoto

Presidente e Orientadora

Professora da Faculdades Integradas de Taguaí – FIT, Taguaí/SP

Prof. Dr. José Guilherme Lança Rodrigues

Membro titular

Professor da Faculdades Integradas de Taguaí – FIT, Taguaí/SP

Prof. Esp. Leandro Simi Pereira de Souza

Membro titular

Professor da Faculdades Integradas de Taguaí – FIT, Taguaí/SP

Data da Defesa, 15 de dezembro de 2025.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares, cuja presença, apoio e paciência foram fundamentais ao longo de toda a jornada, e a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste estudo, deixo meu profundo agradecimento. Cada gesto, cada palavra de incentivo e cada auxílio recebido foram essenciais para que eu chegasse até aqui!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, nosso Pai Criador, e à Nossa Senhora Aparecida, por nunca me abandonarem nos momentos de necessidade e por iluminarem todo o percurso deste projeto de pesquisa. Registro também toda a gratidão aos meus familiares que sempre estiveram do meu lado, oferecendo incentivo, apoio e força para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

À minha orientadora, Profa. Dra. Viviane Maria Codognoto, expresso meu sincero agradecimento por ter acreditado no potencial desta pesquisa e por me orientar com dedicação, mantendo-me focado e no caminho correto para a conclusão deste trabalho.

Agradeço também a todos os Professores que tive ao longo dos anos de graduação, em especial aos Professores Viviane, José Guilherme e Leandro pelo incentivo, atenção e comprometimento demonstrados durante toda a formação. Recebam meu muito obrigado!

Agradeço igualmente à Instituição de Ensino “FIT” e, por fim, a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a concretização deste trabalho.

AValiação DO DESEMPENHO DE PULVERIZADORES AGRÍCOLAS: INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E DA VELOCIDADE DE TRABALHO EM 1ª E 2ª MARCHA SIMPLES, MEDIANTE CONDIÇÕES REAIS DE CAMPO

BRUNO HENRIQUE NASCIMENTO DE JESUS

RESUMO

A etapa de pulverização de defensivos agrícolas tem eficácia ligada a fatores como velocidade de deslocamento do veículo pulverizador (marcha), bem como o tipo e pressão de trabalho do bico escolhido na operação. Este artigo pesquisou e avaliou, em condições de campo reais, o efeito da operação sob diferentes pressões, mediante a utilização de duas marchas principais: 1ª e 2ª simples atuando sobre o volume de calda aplicado (L/ha). Para isso, utilizou-se um modelo estatístico com interação entre os fatores, permitindo compreender como essas variáveis influenciam o desempenho operacional. Os resultados mostraram que o aumento da pressão promoveu acréscimo linear no volume aplicado em ambas as marchas. No entanto, a 1ª marcha simples apresentou volumes consistentemente maiores em todas as pressões avaliadas, além de responder de forma mais acentuada aos aumentos de pressão. Esses resultados constatarem que pressões mais altas aliadas a menores velocidades resultam em maior volume de calda aplicado, demonstrando que o efeito da pressão depende diretamente da velocidade de operação. Para tanto, uma calibração do pulverizador adequada e definição criteriosa dos parâmetros operacionais garantem maior eficácia e sucesso no processo de pulverização agrícola.

Palavras-chave: Defensivos Agrícolas; Desempenho Operacional; Maior Volume; Velocidade de Operação; Calibração do Pulverizador.

EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF AGRICULTURAL SPRAYERS: INFLUENCE OF PRESSURE AND WORKING SPEED IN 1ST AND 2ND SIMPLE GEARS UNDER REAL FIELD CONDITIONS

BRUNO HENRIQUE NASCIMENTO DE JESUS

ABSTRACT

The efficiency of pesticide spraying is directly influenced by operational factors such as the sprayer's travel speed (gear selection), as well as the nozzle type and operating pressure. This study evaluated, under real field conditions, the effects of different pressures using two main gears—1st and 2nd simple—on the spray mixture volume applied (L/ha). A statistical model with interaction between factors was used to understand how these variables affect operational performance. Results showed that increasing pressure led to a linear rise in application volume for both gears. However, the 1st simple gear consistently produced higher volumes across all evaluated pressures and demonstrated a stronger response to pressure increases. These findings confirm that higher pressures combined with lower speeds result in greater spray volume, indicating that the effect of pressure is directly dependent on operating speed. Proper sprayer calibration and careful definition of operational parameters are therefore essential to ensure greater efficiency and success in agricultural spraying.

Keywords: Agricultural Pesticides; Operational Performance; Higher Volume; Operating Speed; Sprayer Calibration.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAL E MÉTODOS	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4. CONCLUSÃO.....	10
5. RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS	11
REFERÊNCIAS	11

1. INTRODUÇÃO

A eficácia da aplicação de defensivos agrícolas não depende apenas da formulação química, mas também da qualidade da pulverização, que envolve uniformidade, cobertura, deposição e minimização das perdas por deriva (SANTOS; PEREIRA, 2021).

Segundo Martins et al. (2020) a velocidade de deslocamento do trator (marcha adotada) e a pressão de trabalho dos bicos pulverizadores são os fatores preponderantes para o bom desempenho da operação de pulverização. A escolha correta da pressão é essencial para determinar o tamanho das gotas, uma vez que pressões mais altas tendem a produzir gotas menores, o que melhora a cobertura, mas também aumenta a possibilidade de deriva. A velocidade de deslocamento influencia a densidade da aplicação: velocidades elevadas podem levar a uma cobertura insuficiente, enquanto velocidades reduzidas podem causar sobreposição e desperdício de produtos.

O processo de calibração adequada do pulverizador é essencial e envolve etapas como definição do percurso experimental, cronometragem, medição da vazão individual dos bicos e cálculo do volume final aplicado (L/ha) (FERREIRA et al., 2021). Esse ajuste deve levar em conta características da cultura, densidade foliar, condições climáticas e o tipo de bico utilizado.

Mesmo com todo o conhecimento teórico consolidado, operações em campo real enfrentam desafios que afetam a aplicação de defensivos, como terreno irregular, turbulência do trator e variações na altura da barra. Pressões mais altas podem garantir a taxa de aplicação desejada, mas elevam o risco de deriva, especialmente quando não há tecnologias de controle eletrônico ou modulação por pulso. A pressão de trabalho e a velocidade do trator influenciam diretamente a eficiência da pulverização: gotas muito grossas reduzem cobertura e penetração, enquanto gotas finas podem evaporar ou ser levadas pelo vento (MELO; GONÇALVES, 2020).

Embora exista sólida base teórica para pulverização agrícola, operações em campo real enfrentam desafios adicionais, como irregularidades do terreno, turbulência gerada pelo trator e variações na altura da barra, que afetam deposição, uniformidade e perdas por deriva (OLIVEIRA et al., 2022). Oscilações da barra, influenciadas pela velocidade de deslocamento e pelo relevo, comprometem a distribuição da calda (FERREIRA; SANTOS, 2021), enquanto simulações mostram que diferentes velocidades alteram o perfil do ar e o potencial de deriva (KIM et al., 2023).

Ensaio de campo indicam que velocidades entre 2 e 12 km/h impactam na cobertura e deriva em culturas como café e hortaliças, evidenciando que velocidades elevadas podem

reduzir a eficiência da aplicação (MACHADO et al., 2022). Condições ambientais adversas, como vento e umidade variável, intensificam o risco de deriva (COSTA; ANDRADE, 2021).

Assim, testes em campo são fundamentais para validar modelos teóricos, ajustar procedimentos operacionais e orientar treinamentos, aproximando teoria e prática, reduzindo perdas, aumentando a eficiência e minimizando a deterioração do meio ambiente. Nosso estudo tem como objetivo investigar o efeito combinado da pressão de trabalho e da velocidade do trator, mediante o volume de calda aplicado (L/ha) em condições reais de campo, comparando duas velocidades de operação: 1ª e 2ª marchas simples. Busca-se, assim, propor práticas operacionais de pulverização agrícola mais eficientes, otimizadas e ambientalmente sustentáveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas as dependências da Fazenda Experimental “Luiz Lourenço Lança”, Campus “II” da (FIT) Faculdades Integradas de Taguaí- SP. Durante o experimento foi utilizado um trator da marca “Massey Ferguson” modelo “4410”, assim como um pulverizador de barras “Incomagri- Attack” engatado ao veículo de pulverização. O equipamento em questão, foi equipado com 24 bicos ao todo, da marca “Jacto”, modelo JSF 11003, tipo Leque, com espaçamento de 50 cm entre eles.

Para estabelecer a distância necessária para o deslocamento de 50 metros no ensaio, o conjunto trator- pulverizador foi posicionado alguns metros antes da linha inicial marcada no terreno. Esse procedimento permitiu registrar apenas o tempo gasto dentro do trecho útil, assegurando que o equipamento atingisse previamente uma velocidade estável e um deslocamento uniforme durante a coleta dos dados.

A estabilidade da pressão durante a coleta foi garantida mediante o ajuste do regulador de pressão do pulverizador antes do início das medições, mantendo-se a rotação constante da tomada de potência do trator. A pressão de trabalho foi monitorada continuamente por meio do manômetro, assegurando que não ocorressem variações significativas durante todo o período de coleta das amostras.

A pesquisa analisou a vazão dos bicos sob duas condições distintas de velocidade do trator, sendo elas;

- **1ª marcha simples:** velocidade média de aproximadamente 10,19 km/h, com 17,65 segundos para completar o percurso de 50 metros.

- **2ª marcha simples:** velocidade média próxima de 15,15 km/h, demandando 11,88 segundos para percorrer a mesma distância.

As pressões de operação adotadas no pulverizador foram de 1, 2, 3 e 4 BAR. Para cada nível de pressão, foram efetuadas quatro medições, utilizando um copo calibrador da marca “Multitec”, na intenção de determinar a vazão. Em cada repetição, quatro bicos eram escolhidos aleatoriamente, garantindo maior representatividade e confiabilidade dos resultados obtidos. O tempo empregado nas coletas em cada bico de pulverização foi:

MARCHA	TEMPO
1ª SIMPLES	17,65s
2ª SIMPLES	11,88s

Realizou-se uma análise estatística dentro do ambiente R (R Core Team, 2024). Avaliou-se principalmente o efeito da pressão (BAR) do bico e da marcha do trator, sobre o volume de calda aplicado (L/ha), adequando um modelo de regressão linear com interação mediante a aplicação da função $\text{lm}()$, onde $\text{volume} = \beta_0 + \beta_1(\text{Pressão}) + \beta_2(\text{Marcha}) + \beta_3(\text{Pressão} \times \text{Marcha}) + \varepsilon$. O tipo de delineamento experimental do estudo teve dois fatores principais envolvidos:

Marcha: classificada como variável categórica em dois níveis;

Pressão: entendida como variável contínua em quatro níveis.

Ambas as variáveis utilizadas no experimento foram aplicadas na 1ª e 2ª marcha. A inclusão do termo de interação entre pressão e marcha permite identificar se o efeito da pressão sobre o volume de calda difere entre as duas marchas, possibilitando uma compreensão mais precisa de como esses fatores combinados influenciam a aplicação.

A significância dos coeficientes do modelo foi avaliada por meio de Análise de Variância (ANOVA). Para a verificação da interação entre os fatores, foi gerado um gráfico de efeitos preditos utilizando a função $\text{plot_model}()$ do pacote sjPlot (Lüdecke, 2024). O nível de significância adotado foi $\alpha = 0,05$.

A escolha do modelo de regressão linear com interação é adequada neste estudo, pois:

- Permite avaliar simultaneamente os efeitos individuais de pressão e marcha sobre o volume aplicado.
- Possibilita verificar se o efeito da pressão varia conforme a marcha selecionada, informação importante para ajustes operacionais em campo.

- Facilita a interpretação prática para recomendações de manejo, pois evidencia situações em que ajustes isolados podem não ser suficientes para otimizar a pulverização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho foi feito em consonância com os avanços técnicos da agronomia, ao demonstrar que a eficiência da pulverização depende da padronização de parâmetros operacionais, oferecendo subsídios práticos para melhorar o manejo de defensivos e reduzir impactos ambientais.

A análise estatística revelou que a pressão do bico ($F(1;28) = 843,03$; $P < 0.001$), a marcha ($F(1;28) = 475,61$; $P < 0,001$) e a interação desses dois fatores ($F(1;28) = 46,76$; $P < 0.001$) influenciaram significativamente a vazão observada. O modelo ajustado indicou um aumento linear do volume pulverizado com o incremento da pressão de bico (Estimativa = $20,00 \pm 0,79$; $t = 25,37$; $P < 0.001$), tanto na marcha 1 quanto na marcha 2 simples. Entretanto, a marcha 1 apresentou maiores volumes em todas as pressões avaliadas (Estimativa = $-8,12 \pm 3,05$; $t = -2,66$; $P = 0,01$), com acréscimos mais pronunciados à medida que a pressão do bico aumentou (Estimativa = $-7,62 \pm 1,11$; $t = -6,84$; $P < 0,001$). Os resultados confirmam a interação significativa entre pressão e velocidade, indicando que maiores pressões e menores velocidades resultam em maior volume pulverizado, e que o efeito da pressão é dependente da velocidade de aplicação (Figura 1).

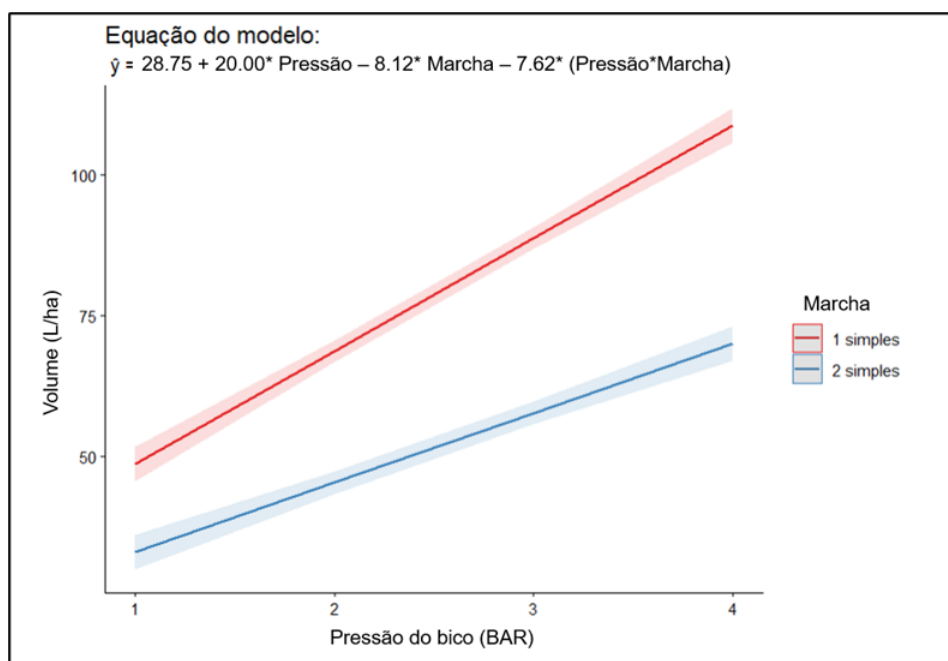


Figura 1. Relação entre o volume pulverizado (L/ha) e a pressão do bico (BAR) para diferentes marchas de operação (1ª e 2ª simples). A equação para estimação da vazão é apresentada na figura, onde $\text{Marcha} = 0$, se $\text{Marcha} = 1$ simples. $\text{Marcha} = 1$, se $\text{marcha} = 2$ simples.

A interação entre pressão de pulverização e velocidade de deslocamento emergiu como um fator determinante para o desempenho operacional, evidenciando que pressões mais elevadas devem ser combinadas cuidadosamente com velocidades reduzidas para assegurar a aplicação adequada do volume de calda, evitando tanto subaplicações quanto excessos. Esse resultado reforça a necessidade de calibrar o pulverizador de forma regular e de ajustar os parâmetros operacionais (pressão e velocidade) em função das características da cultura, da densidade foliar e das condições ambientais, fatores essenciais para minimizar desperdícios, reduzir impactos ambientais e aprimorar a eficácia do controle fitossanitário (MATTHEWS, 2000; CUNHA; et al., 2016; ANTUNIASSI; BOLLER, 2011).

Embora este estudo recomende a associação entre maior pressão e menor velocidade de deslocamento para otimizar a deposição, resultados divergentes são relatados na literatura. Lima (2024), faz uma análise de controladores de pressão (como válvulas), e atestam que diferentes mecanismos de controle de pressão geram espectros de gotas distintos para misturas com adjuvantes e que apenas o simples ajuste de pressão manual pode não garantir o espectro ideal de gotas o uso de controladores, podendo modificar o balanceamento entre volume, deriva e tamanho de gota.

Porém alguns resultados encontrados, corroboram os achados presentes neste trabalho. Wang et al. (2023) afirma em seu trabalho que pressões mais elevadas causam aumento linear da vazão, porém há sempre riscos de deriva, especialmente quando combinadas com velocidades elevadas, o que reforça a necessidade de ajustes simultâneos.

Um estudo de Costa et al. (2012), onde foram testados diferentes tipos de bico pulverizadores agrícolas, dentre eles: XR 11002, DG 11002, TT 11002, AI 11002 e TXVS-10, sob diversas pressões, que variavam entre 150–400 kPa, observou que alguns bicos são mais suscetíveis à deriva: por exemplo, o bico de jato cônico vazio (TXVS-10) apresentou maior deriva, enquanto o bico com indução de ar (AI 11002) teve menor suscetibilidade à deriva. A coleta de deriva foi feita usando fios de náilon posicionados a várias distâncias da barra (1 a 200 m) e cilindros de espuma na barra para medir depositados. Mediante este experimento, os autores concluíram, portanto, que a seleção do bico e a redução da pressão de pulverização são estratégias eficazes para reduzir a deriva.

Além disso, Zhou et al. (2024) realizaram simulações computacionais que evidenciam que fatores práticos, como irregularidades do terreno e turbulência induzida pelo trator, alteram o perfil de velocidade do ar ao longo da barra, resultando em flutuações na deposição, reforçando a importância de validar modelos teóricos com ensaios em campo real.

No aspecto metodológico, autores como Matthews (2000); Antuniassi e Boller (2011); Cunha et al. (2016), argumentam a favor de que, experimentos conduzidos em condições reais de campo são essenciais para a calibração adequada de pulverizadores, uma vez que variáveis práticas, como altura da barra, vibração do equipamento e irregularidades do terreno, não são plenamente reproduzidas em ambiente controlado. Essa discrepância pode gerar diferenças significativas entre o desempenho teórico e o desempenho efetivamente observado durante a operação.

Os experimentos realizados em campo real se mostraram indispensáveis, pois permitiram capturar efeitos práticos, como irregularidades do terreno, turbulência gerada pelo trator e oscilações na altura da barra, que dificilmente são reproduzidos em ambiente laboratorial, mas que influenciam diretamente a uniformidade da aplicação e o risco de deriva (VILLALOBOS et al., 2020).

4. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que tanto a pressão de trabalho dos bicos quanto a velocidade de operação do trator influenciam de forma significativa o volume de calda aplicado. A interação entre esses fatores mostrou-se determinante para a otimização da pulverização em condições reais de campo. Observou-se que o aumento da pressão promove elevação linear no volume aplicado, porém a 1ª marcha simples apresentou maior capacidade de deposição, respondendo de maneira mais eficiente ao acréscimo de pressão quando comparada à 2ª marcha. Esses achados indicam que velocidades menores favorecem a deposição da calda sobre o alvo, enquanto velocidades mais altas reduzem a eficiência, possivelmente em razão do menor tempo de contato do jato com a planta e do maior risco de deriva.

Dessa forma, conclui-se que a associação entre pressões mais elevadas e o uso da 1ª marcha simples constitui a condição mais favorável para aumentar o volume de calda depositado e, conseqüentemente, melhorar a cobertura do alvo. Em contrapartida, a 2ª marcha simples, embora permita maior rendimento operacional, resulta em volumes inferiores, podendo comprometer a eficácia da aplicação. Recomenda-se, portanto, que a calibração de

pulverizadores considere simultaneamente pressão e velocidade, aliado às características da cultura, densidade foliar e condições ambientais, a fim de garantir aplicações mais precisas, seguras e sustentáveis.

5. RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

Resumidamente e com base nos resultados obtidos neste estudo, recomenda-se durante a operação de pulverização agrícola:

- Utilizar a combinação de pressões mais elevadas dos bicos pulverizadores em conjunto a 1ª marcha simples do trator, possibilitando uma melhor cobertura e maior volume de deposição da calda;
- Optar pela 2ª marcha simples apenas quando o aumento do rendimento operacional for prioritário, considerando a redução do volume aplicado;
- Sempre realizar a calibração do pulverizador considerando simultaneamente: pressão de trabalho e velocidade de deslocamento do trator;
- Ao realizar os ajustes operacionais, sempre levar em conta as características da cultura, densidade foliar e condições ambientais do local, a fim de garantir aplicações mais seguras, eficientes e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

- ANDE, F. **Diretrizes para aplicação de defensivos agrícolas: pressão, velocidade e ciclo de aplicação**. Manual técnico, Associação Nacional de Defesa Fitossanitária, 2004.
- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários**. 2. ed. Passo Fundo: Berthier, 2011.
- COSTA, A. G. F.; VELINI, E. D.; ROSSI, C. V. S.; CORRÊA, M. R.; NEGRISOLI, E.; FIORINI, M. V.; CORDEIRO, J. G. F.; SILVA, J. R. M. **Efeito de pontas e pressões de pulverização na deriva de glyphosate + 2,4-D em condições de campo**. Revista Brasileira de Herbicidas, v. 11, n. 1, p. 62–70, 2012.
- COSTA, A.; ANDRADE, M. **Fatores meteorológicos e deriva de pulverização: impactos da umidade e velocidade do vento**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 29, p. 101-112, 2021.
- CUNHA, J.; BAIO, F.; ANTUNIASSI, U. **Velocidade de aplicação e tamanho de gota: balanço entre cobertura e deriva**. Revista Cerrado Agrociências, v. 13, p. 29-39, 2022.

- CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURY, J. R. **Manejo e tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Lavras: UFLA, 2016.
- DORR, G. J.; WANG, S.; MAYO, L. C.; MCCUE, S. W.; FORSTER, W. A.; HANAN, J.; HE, X. **Impaction of spray droplets on leaves: influence of formulation and leaf character on shatter, bounce and adhesion**. arXiv, 2015.
- FERREIRA, M.; SANTOS, D.; LIMA, A. **Calibração de pulverizadores: Procedimentos práticos para garantir a aplicação correta**. Revista de Tecnologia Agrícola, v. 11, n. 3, p. 50-60, 2021.
- GIL, E.; VERMEER, A.; HILZ, E.; ORTEGA, M.; MENEGUINHO, F. **Spray drift and ground deposition from aerial applications on soybeans**. Engenharia Agrícola, v. 37, n. 3, p. 493-501, 2017.
- KIM, Y.; PARK, S.; LEE, H.; KIM, D. **Computational fluid dynamics simulation of spray drift under varying application speed and nozzle pressure**. Journal of Agricultural Engineering Research, v. 78, p. 112-122, 2023.
- LI, C.; HE, R.; HE, Z.; KUMAR, S. S.; FREDERICKS, S. A.; HOGAN, C. J. Jr.; HONG, J. **Spatially-resolved characterization of oil-in-water emulsion sprays**. arXiv, 2021.
- LIMA, M. F. **Efeito do mecanismo controlador da pressão de pulverização no espectro de gotas gerado por uma mistura de Glifosato com Dicamba e adjuvantes à base de polímero em circuitos com bomba de pistão e centrífuga**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu.
- LOPES, P.; ALMEIDA, T. **Efeitos da velocidade do trator na eficiência de aplicação de defensivos agrícolas**. Journal of Agricultural Engineering, v. 29, n. 2, p. 134-143, 2022.
- MACHADO, R.; COSTA, L.; PIRES, J. **Velocidade de pulverização e eficiência de deposição em cafeeiros: um estudo de campo**. Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido, v. 18, n. 1, p. 45-53, 2022.
- MÁKHENENKO, O. et al. **Spray drift reduction management in agriculture: A review**. Progress in Agricultural Engineering Sciences, 2024.
- MARTINS, L.; SILVA, J.; ALMEIDA, R. **Influência da pressão de pulverização sobre a distribuição de gotas e deriva**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, v. 18, n. 4, p. 456-465, 2020.
- MATTHEWS, G. A. **Pesticide Application Methods**. 3rd ed. Oxford: Blackwell Science, 2000.

- MELO, F.; GONÇALVES, R. **Influência da pressão e velocidade de pulverização na eficiência de aplicações agrícolas.** Revista de Tecnologia Agrícola, v.15, n.2, p. 78-88, 2020.
- OLIVEIRA, R.; SANTOS, L.; PEREIRA, M. **Efeitos de irregularidades do terreno e turbulência na eficiência de pulverização agrícola.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, v. 22, n. 3, p. 145-156, 2022.
- SANTOS, R.; LIMA, P.; OLIVEIRA, G. **Estratégias de redução de deriva por meio de modulação por pulso (PWM) em sistemas de pulverização.** Precisão Agrícola, v. 5, n. 2, p. 45-53, 2024.
- SANTOS, R.; PEREIRA, L. **Qualidade da pulverização agrícola: cobertura, uniformidade e perdas por deriva.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola, v.21, n.3, p. 145-155, 2021.
- SOUZA, F.; RODRIGUES, E. **Impactos ambientais da deriva de pesticidas: Uma revisão sobre práticas mitigadoras.** Revista Ambiental Agropecuária, v. 14, n. 1, p. 22-35, 2022.
- VILLALOBOS, F.; CÉSPEDES, C.; SÁNCHEZ, J.; SANDÍ, J. **Monitorando a oscilação vertical de barras de pulverização através de um sistema eletrônico.** Tecnología en Marcha, v. 33, n. 1, p. 80–87, 2020.
- WANG, G.; ZHANG, T.; SONG, C.; YU, X.; SHAN, C.; GU, H.; LAN, Y. **Evaluation of spray drift of plant protection drone nozzles based on wind tunnel test.** Agriculture, v. 13, n. 3, p. 628, 2023.
- ZHOU, H.; OU, M.; DONG, X.; ZHOU, W.; DAI, S.; JIA, W. **Spraying performance and deposition characteristics of an improved air-assisted nozzle with induction charging.** Frontiers in Plant Science, v. 15, 2024.