



TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NA AGRICULTURA: EFICIÊNCIA E SUSTENTABILIDADE NO USO DE DEFENSIVOS

Arthur Senger Piovesan¹, Matheus Tansini Silva², Marco Antonio Cassol Zancanaro³, Ana Paula Morais Mourão Simonetti⁴

RESUMO

A tecnologia de aplicação na agricultura reúne técnicas que visam otimizar a deposição de defensivos, fertilizantes e bioestimulantes nas plantas, aumentando a eficiência, reduzindo desperdícios e minimizando impactos ambientais. Para uma aplicação eficaz, é necessário alinhar fatores como escolha do equipamento, calibração, condições climáticas e técnica de aplicação. O uso de tecnologias modernas, como sensores e drones, tem potencializado a precisão das pulverizações. A adição de adjuvantes às caldas de pulverização também se mostra fundamental, promovendo melhorias no espalhamento, aderência e absorção dos produtos, além de reduzir perdas. Tipos variados de adjuvantes, como surfactantes, espalhantes, molhantes e emulsificantes, atuam de formas distintas para garantir maior eficácia no tratamento fitossanitário. Conclui-se que a escolha adequada de bicos de pulverização, adjuvantes e equipamentos, aliada ao correto manejo das condições de aplicação, é fundamental para garantir a eficiência dos tratamentos fitossanitários. Dessa forma, fica evidente a importância da adoção de boas práticas e do uso de novas tecnologias para minimizar perdas e maximizar a produtividade agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: adjuvante, deriva, eficiência de aplicação, condicionador de calda, controle de pH.

1. DESENVOLVIMENTO

A tecnologia de aplicação na agricultura é um conjunto de técnicas e ferramentas que visam otimizar a deposição de defensivos, fertilizantes e bioestimulantes nas plantas, garantindo maior eficiência, menor desperdício e redução dos impactos ambientais. O uso correto de bicos de pulverização, volume de calda, pressão, velocidade do equipamento e condições climáticas são fatores essenciais para assegurar a máxima eficácia dos produtos aplicados. Com o avanço da tecnologia, sensores, drones e pulverizadores automatizados têm sido cada vez mais utilizados para aprimorar a precisão e sustentabilidade das aplicações no campo (Chaim, 2009).

A tecnologia de aplicação na agricultura desempenha um papel fundamental na otimização do uso de defensivos, fertilizantes e bioestimulantes, garantindo maior eficiência, economia e sustentabilidade. No entanto, para alcançar uma boa deposição dos produtos, não basta apenas investir em equipamentos de alta tecnologia. Muitos conhecimentos adquiridos nessa área ainda não estão sendo amplamente aplicados no setor produtivo, tornando essencial a divulgação dos fundamentos básicos para que as aplicações sejam realizadas de forma correta e eficiente (Contiero, Biffe e Catapan, 2018).

A aplicação eficiente de produtos químicos exige um alinhamento entre diversos fatores, como a escolha do equipamento adequado, a calibração correta, as condições climáticas e a técnica de aplicação. Dessa forma, é possível garantir que o controle do alvo biológico, seja uma praga, um fitopatógeno ou uma planta daninha ocorra com eficácia, segurança e redução de desperdícios (Embrapa, 2006). Além disso, o uso de adjuvantes é uma prática altamente recomendável, pois essas substâncias adicionadas à calda ou à formulação herbicida podem melhorar a eficiência do tratamento, alterando determinadas propriedades da solução para facilitar a aplicação e minimizar possíveis problemas (Vargas e Roman, 2006). Os adjuvantes atuam de maneiras distintas, promovendo melhorias no espalhamento, molhamento, aderência das gotas ao alvo, redução de espuma e penetração dos produtos (Costa *et al.*, 2005). Dessa forma, eles ajudam a minimizar os efeitos ambientais adversos que poderiam comprometer a eficácia do tratamento fitossanitário (Carbonari *et al.*, 2005).

Existem diversos tipos de adjuvantes, cada um com uma função específica. Os surfactantes aumentam a retenção da aspersão, facilitando a molhabilidade das superfícies vegetais. Os espalhantes reduzem a tensão superficial das gotículas, diminuindo o ângulo de contato da calda com a superfície foliar. Os molhantes retardam a evaporação da água, permitindo maior tempo de contato da gota com a planta e melhor absorção do produto aplicado. Os aderentes aumentam a fixação dos líquidos ou sólidos na superfície da planta, reduzindo perdas por escorrimento ou lavagem. Os emulsificantes facilitam a mistura homogênea entre líquidos não miscíveis, como óleo e água. Os dispersantes evitam a aglomeração das partículas na calda, garantindo estabilidade das suspensões por um período adequado. Já os detergentes removem impurezas, como poeira e resíduos da superfície foliar, favorecendo o contato da gota com o alvo e melhorando a absorção do produto (Vargas e Roman, 2006).

Nesse contexto, este levantamento bibliográfico tem como objetivo apresentar maneiras eficazes de minimizar as perdas na aplicação de defensivos agrícolas.



2. METODOLOGIA

O resumo expandido foi elaborado por meio de levantamento bibliográfico de artigos científicos, documentos e livros, entre os meses de março e abril de 2025. Foram utilizadas bases de dados como o Google Acadêmico, Google e o SciELO, com publicações datadas entre 2004 e 2018. O parâmetro avaliado no estudo foi a minimização de perdas com a utilização de tecnologias de aplicação na pulverização de defensivos agrícolas. Para a pesquisa, foram utilizadas as palavras-chave: adjuvante, deriva, tecnologias de aplicação, condicionador de calda, controle de pH.

Com isso o estudo buscou analisar a aplicação dessas tecnologias na diminuição das perdas nas aplicações.

3. DISCUSSÃO

A qualidade da água utilizada na preparação da calda, especialmente em relação ao pH, é crucial para a eficácia dos defensivos agrícolas. A faixa de pH ideal varia conforme o princípio ativo do produto, e um pH inadequado pode comprometer a eficiência no controle de pragas e doenças (Girardeli, 2020). Além disso, a adição de adjuvantes pode alterar as propriedades físico-químicas das caldas, influenciando a qualidade da aplicação (Cunha *et al.*, 2003). A pressão de aplicação dos defensivos também é um fator determinante na eficiência da pulverização, pois pressões inadequadas podem resultar em deriva ou deposição insuficiente do produto no alvo, comprometendo o controle de pragas e doenças (Piesanti, 2017).

O uso dos adjuvantes em aplicações agrícolas tem como objetivo principal otimizar o desempenho de defensivos, minimizando problemas típicos das pulverizações, como a dificuldade de molhamento das folhas, a evaporação das gotas, a fotodegradação dos produtos e outros desafios que podem comprometer a eficácia do tratamento (Raetano e Chechetto, 2019). Diversos estudos evidenciam a importância desses produtos, mas também mostram como a interação entre o tipo de adjuvante e a ponta de pulverização pode afetar os resultados.

Em um estudo realizado por Cunha e Peres (2010), a adição de adjuvantes resultou em uma maior densidade de gotas nos terços médio e superior do dossel das plantas. No entanto, a eficácia da pulverização foi influenciada pela ponta utilizada no processo, evidenciando a complexidade da interação entre esses dois fatores. Outro estudo realizado por Cunha, Coelho e Araújo (2010) concluiu que os adjuvantes testados não alteraram significativamente a deposição da calda, mas foram eficazes na redução da severidade da ferrugem, especialmente dependendo do tipo de ponta utilizada. Esses achados sugerem que a combinação de adjuvantes e pontas de pulverização deve ser cuidadosamente avaliada para otimizar os resultados, uma vez que essa interação pode impedir conclusões definitivas sobre a eficácia de qualquer um dos elementos isoladamente.

Adicionalmente, o estudo de Juliatti *et al.* (2008) demonstrou que a adição de dois óleos minerais ao fungicida piraclostrobina + epoxiconazol aumentou a produtividade e a massa de grãos, o que foi atribuído ao melhor controle da ferrugem asiática. Esse aumento no desempenho do fungicida foi observado apenas com a utilização de adjuvantes, com destaque para a utilização de ponta de jato plano padrão.

Com relação à deposição das gotas, alguns estudos apontaram variações conforme o horário de aplicação. Por exemplo, o uso de adjuvante favoreceu a deposição de gotas grossas pela manhã e de gotas finas à tarde. Contudo, em outros horários, o uso do adjuvante pode até diminuir a deposição de gotas finas e médias, especialmente pela manhã. De forma geral, os resultados podem variar dependendo das condições de aplicação e do tipo de gota utilizada (Oliveira, Ferreira e Roman, 2008).

Embora em algumas pesquisas, como a de Oliveira, Ferreira e Roman (2008), não tenha sido observada diferença no tamanho das gotas com o uso de adjuvantes, em outros estudos, como o de Cunha *et al.* (2003), foi possível notar uma melhora significativa na cobertura com a utilização de adjuvantes. No entanto, essa melhoria foi muito dependente do tipo de ponta empregada. Fietsam, Young e Steffen (2004) também concordaram com a ideia de que, embora os adjuvantes antideriva não promovam melhorias no controle da deriva, eles podem proporcionar outros benefícios, como a melhor retenção das gotas na superfície foliar, a redução de respingos causados pelo impacto das gotas no alvo e o aumento da absorção de herbicidas em algumas espécies de plantas daninhas.

Esses estudos ilustram a complexidade do uso de adjuvantes em pulverizações agrícolas, ressaltando a importância de considerar não apenas a escolha do adjuvante, mas também o tipo de ponta de pulverização e as condições ambientais para otimizar os resultados das aplicações.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a tecnologia de aplicação na agricultura é essencial para otimizar a deposição de defensivos, fertilizantes e bioestimulantes, reduzindo desperdícios e impactos ambientais.



A escolha adequada de bicos de pulverização, adjuvantes e equipamentos, aliada ao correto manejo das condições de aplicação, é fundamental para garantir a eficiência dos tratamentos fitossanitários. Dessa forma, fica evidente a importância da adoção de boas práticas e do uso de novas tecnologias para minimizar perdas e maximizar a produtividade agrícola.

6. REFERÊNCIAS

CARBONARI, C. A. MARTINS, D. et al. Efeito de surfactantes e pontas de pulverização na deposição de calda de pulverização em plantas de grama-seda. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 725-729, 2005.

CHAIM, A. **Manual de tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 73 p.

CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. **Tecnologia de aplicação**. Maringá: EDUEM, p. 401-449, 2018.

COSTA, N. V. MARTINS, D. RODELLA, R. A. COSTA, L. et al. PH foliar e deposição de gotas de pulverização em plantas daninhas aquáticas: *Brachiaria mutica*, *Brachiaria subquadrifida* e *Panicum repens*. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 295-304, 2005.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; COELHO, L.; ARAUJO, R. G. C. Spray nozzle and adjuvant effects on fungicidal control of soybean asian rust. **Interciência**, Caracas, v. 35, n. 10, p. 765-768, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 2, p. 221-230, 2017.

CUNHA, J. P. A. R.; TEIXEIRA, M. M.; COURRY, J. R.; FERREIRA, L. R. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

FIETSAM, J. F. W.; YOUNG, B. G.; STEFFEN, R. W. Differential response of herbicide drift reduction nozzles to drift control agents with glyphosate. **American Society of Agricultural Engineers**, v. 47, n. 5, p. 1405-1411, 2004.

GIRARDELI, A. L. O impacto do pH na aplicação de defensivos agrícolas. **Mais Soja**, 2020.

JULIATTI, F. C.; JULIATTI, B. C. M.; SAGATA, E.; LUCAS, B. V.; SILVA, F. O.; SANTOS, J. A. Efeito de adjuvantes oleosos (*Assist* e *Dash*) ao fungicida piraclostrobina + epoxiconazole no controle da ferrugem da soja. In:

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 30., 2008, Rio Verde. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 162-165. (Embrapa Soja. Documentos, 304, ISSN 1516-781X).

OLIVEIRA, J. R. G.; FERREIRA, M. C.; ROMÁN, R. A. A. Efeitos de diferentes equipamentos, volumes de calda e uso de adjuvante no espectro de gotas e na cobertura da cultura da soja. In: **Anais do IV Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação**. Ribeirão Preto: IV SINTAG, 2008. CD-Rom.

PIESANTI, G. H. L. M. **Pressão correta de aplicação de defensivos**. Agrônomo, 2017.

RAETANO, C. G.; CHECHETTO, R. G. Adjuvantes e formulações. In: _____. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo: Aldeia Norte; Botucatu (SP): FEPAF. Cap. 2, p. 29-47, 2019.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Conceitos e aplicações dos adjuvantes**. 2006.