

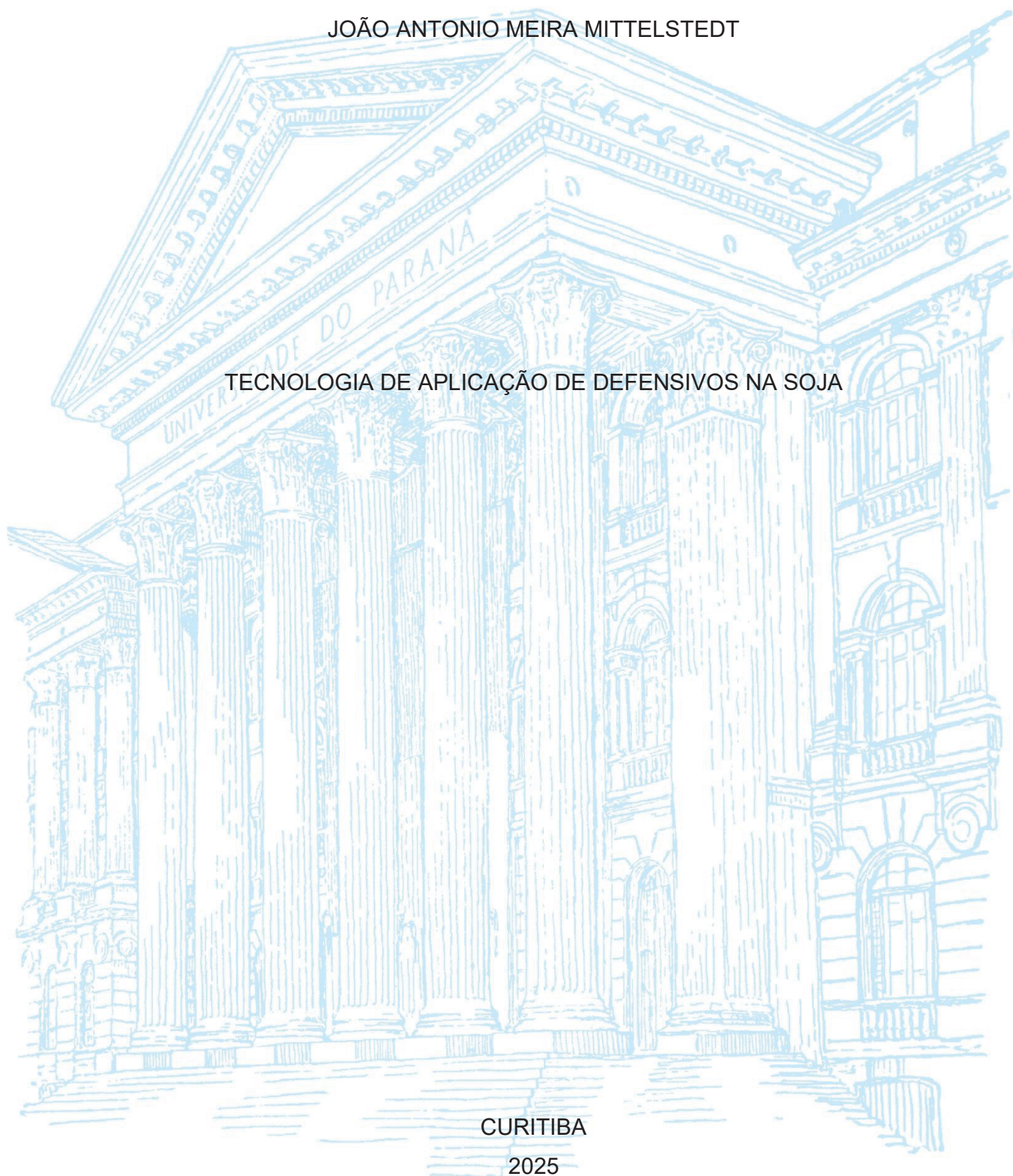
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JOÃO ANTONIO MEIRA MITTELSTEDT

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS NA SOJA

CURITIBA

2025



JOÃO ANTONIO MEIRA MITTELSTEDT

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS NA SOJA

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Prof. Dr. Samir Paulo Jasper

CURITIBA

2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela minha vida com muita saúde e por estar me auxiliando a vencer todos os obstáculos que tive ao longo da pós-graduação.

Agradeço aos meus pais Artur e Lucimara, a minha irmã Mariane, a minha namorada Stella, por me apoiarem, me ajudaram com todos os conselhos e incentivos em todos os momentos difíceis, sem eles nada seria possível.

Ao professor Samir por ser meu orientador auxiliando em todo o trabalho de desenvolvimento de curso.

A UFPR por todos os ensinamentos repassados ao longo desse tempo de pós-graduação.

Agradeço a todos que me ajudaram de forma direta ou indireta na minha realização desse sonho de concluir a pós-graduação.

RESUMO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais relevantes do agronegócio brasileiro, tanto pelo seu valor econômico quanto pela ampla área cultivada em diferentes regiões do país. A elevada demanda por produtividade tem intensificado os desafios no manejo fitossanitário da cultura, exigindo estratégias eficazes, integradas e ambientalmente sustentáveis. O uso eficiente de defensivos agrícolas torna-se fundamental para assegurar o controle de pragas, doenças e plantas daninhas que afetam a lavoura. Esta revisão bibliográfica tem como objetivo analisar os principais aspectos relacionados à tecnologia de aplicação de defensivos na cultura da soja. Os fatores para a eficácia da aplicação são: a escolha correta dos equipamentos, das pontas de pulverização, o volume de calda, a capacitação dos operadores, além das condições climáticas (temperatura, vento, umidade relativa do ar), a qualidade da água e o uso de tecnologias, como drones, agricultura de precisão e sensores. Diante disso, conclui-se que a tecnologia de aplicação é indispensável para a sustentabilidade e o sucesso produtivo na cultura da soja.

Palavras-chave: *Glycine max*. Manejo fitossanitário. Pulverização agrícola. Defensivos. Agricultura.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is one of the most economically significant crops in Brazilian agribusiness, both due to its high market value and its extensive cultivation across diverse regions of the country. The growing demand for productivity has intensified challenges in crop phytosanitary management, requiring effective, integrated, and environmentally sustainable strategies. The efficient use of agricultural pesticides is critical to controlling pests, diseases, and weeds that threaten soybean yields. This literature review aims to analyze key aspects of pesticide application technology in soybean cultivation. Factors influencing application efficacy include: proper selection of equipment and spray nozzles, spray volume, operator training, climatic conditions (temperature, wind, relative humidity), water quality, and the adoption of advanced technologies such as drones, precision agriculture, and sensor systems. The study concludes that application technology is indispensable for ensuring both sustainability and productive success in soybean farming.

Keywords: *Glycine max*. Phytosanitary management. Agricultural spraying. Defensive. Agriculture.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 METODOLOGIA	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1 CULTURA DA SOJA	18
3.1.1 Defensivos agrícolas na cultura da soja	19
3.2 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO	21
3.2.1 Componentes da tecnologia de aplicação.....	22
3.2.2 Fatores que interferem na tecnologia de aplicação	22
3.2.3 Agricultura de precisão.....	24
4 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS.....	27

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais relevantes para a agricultura brasileira, com grande impacto econômico tanto no mercado interno quanto nas exportações. Seu destaque se deve à ampla área cultivada, aos altos volumes de produção e ao papel essencial que desempenha no agronegócio. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), a safra 2024/25 alcançou um marco histórico, com aumento de 14% na produção em relação aos anos anteriores, somando 168 mil toneladas em uma área de mais de 47 milhões de hectares e produtividade média de 3.536 kg ha⁻¹.

Apesar desse crescimento, a cultura da soja ainda enfrenta importantes desafios fitossanitários, como o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Os defensivos agrícolas são ferramentas essenciais nesse processo, mas seu uso inadequado pode trazer sérios impactos ambientais e sociais (TUDI *et al.*, 2021). Por isso, a tecnologia de aplicação desses produtos tem se tornado cada vez mais estratégica. Ela busca garantir que o defensivo atinja o alvo de forma eficiente, combinando o uso de produtos eficazes com técnicas apropriadas de aplicação (CUNHA; SILVA, 2013).

Antigamente as aplicações eram feitas de forma manual, com equipamentos simples e de pouco controle, o que resultava em baixa eficácia e alto risco ambiental. Com a mecanização, surgiram os pulverizadores acoplados a tratores e os autôpropelidos, que trouxeram maior precisão por meio de recursos como GPS e controle de taxa variável. Em grandes áreas, a pulverização aérea também passou a ser amplamente utilizada, oferecendo agilidade, mas exigindo cuidados técnicos rigorosos (ANTUNIASSI; BOLLER, 2011).

Uma pulverização eficiente depende de diversos fatores: o tipo de pulverizador, a escolha correta do produto, a capacitação do operador, as condições climáticas (como temperatura, umidade e vento), a qualidade da água, e o pH da calda. Além disso, é essencial considerar a formulação do defensivo, a dose adequada e o tamanho das gotas para garantir boa cobertura e reduzir a deriva (SANTOS, 2005).

Diante da importância estratégica da soja para o país e dos desafios envolvidos em sua produção, esta revisão bibliográfica tem como objetivo apresentar

os principais entraves fitossanitários, discutir o papel dos defensivos agrícolas e destacar os avanços nas tecnologias de aplicação que vêm auxiliando o manejo agrícola na cultura da soja.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo consistiu em uma revisão abrangente da literatura e na análise de dados, com o objetivo de entender como a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas na cultura da soja. A pesquisa incluiu artigos científicos, dissertações, teses e publicações técnicas selecionadas a partir de buscas realizadas nas bases de dados Scopus, Scielo, Portal Periódico da CAPES e Google Acadêmico, priorizando estudos que abordassem diretamente o uso de tecnologias de aplicação.

As publicações utilizadas foram em sua grande maioria dos anos de 2020 – 2025, porém a citações mais antigas (2000 – 2010) que são consideradas clássicas e ainda de relevância para o tema.

Além das bases acadêmicas, foram consultados relatórios e dados de organizações oficiais, como a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CULTURA DA SOJA

No cenário agrícola do Brasil, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) assume um papel importante, destacando-se tanto em âmbito nacional quanto no mercado internacional, impulsionada por sua grande área cultivada, produção e volume de exportações. Devido sua capacidade de adaptação, a cultura é cultivada em quase todas as regiões do país, sendo primordialmente destinada à produção de óleo vegetal e farelo para a alimentação animal, além de atender a diversas demandas industriais e alimentícias (EMBRAPA, 2020).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2025), a produção dessa commodity na safra 24/25 aumentou cerca de 14% quando comparada a anos anteriores, alcançando a produção histórica de 168 mil toneladas de soja. Sua área cultivada foi de 47.612,7 mil hectares, com uma produtividade média de 3.536 kg ha⁻¹. Essa expansão impacta diretamente na balança comercial, uma vez que o complexo da soja (abrangendo grãos, farelo e óleo) responde por mais de 15% do total das exportações do país (VIEIRA FILHO, 2024).

O aumento da produtividade da soja no Brasil é resultado de uma combinação de fatores, como a adoção de práticas de manejo corretas, a utilização de sementes geneticamente modificadas, a correção do solo, o sistema de rotação de culturas e o uso de tecnologias avançadas na aplicação de insumos (JUHÁSZ *et al.*, 2013). A expansão da fronteira agrícola para regiões como o MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) também desempenhou um papel significativo nesse crescimento, viabilizando o aproveitamento de áreas antes inexploradas por meio da correção da acidez do solo e do manejo do cerrado (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Apesar dos avanços tecnológicos, a produção de soja ainda enfrenta desafios fitossanitários. Entre as principais ameaças, destacam-se pragas como o percevejo-marrom (*Euschistus heros*), a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*) e doenças como a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), uma das mais graves na cultura (JUHÁSZ *et al.*, 2013), podendo causar perdas superiores a 80% se não controlada (CUNHA *et al.*, 2014).

As lagartas, como *Anticarsia gemmatalis* e *Chrysodeixis includens*, também vêm ganhando relevância econômica, especialmente em sistemas com menor uso de inseticidas e em áreas que abrigam plantas hospedeiras alternativas. Segundo Curioletti (2021), o manejo dessas pragas exige ações integradas que incluem o monitoramento constante, a utilização de produtos seletivos e a aplicação eficaz desses insumos.

A infestação de plantas daninhas resistentes, com destaque para espécies como *Conyza* spp. e *Amaranthus* spp., tem exigido uma revisão nas práticas de manejo, incluindo a rotação de mecanismos de ação de herbicidas e o uso de tecnologias de aplicação. O uso intensivo de herbicidas como o glifosato contribuiu para a seleção de populações resistentes, o que torna ainda mais crucial a aplicação correta dos defensivos, tanto sob a perspectiva técnica quanto ambiental (AZEVEDO *et al.*, 2006).

O manejo inadequado dessas adversidades pode levar ao desenvolvimento de resistência aos defensivos, além de acarretar prejuízos econômicos em campo (HOFFMANN-CAMPO, 2019).

3.1.1 Defensivos agrícolas na cultura da soja

Para assegurar a produção de soja é crucial integrar práticas agrícolas corretas e tecnologias de aplicação apropriadas, assegurando um controle fitossanitário eficaz, minimizando perdas e danos ao meio ambiente (ANTUNIASSI; BOLLER, 2011).

A adoção de tecnologias inovadoras e boas práticas de gestão surge como uma opção estratégica para aumentar a produção sem precisar abrir novas áreas de cultivo. Entre essas tecnologias, os defensivos agrícolas têm um papel importante no controle de pragas, patógenos e plantas daninhas, mas o uso incorreto pode causar problemas ambientais e socioeconômicos (TUDI *et al.*, 2021).

Os defensivos agrícolas usados na produção de soja no Brasil incluem inseticidas, fungicidas e herbicidas. Escolher e aplicar esses produtos corretamente é essencial para um manejo fitossanitário eficaz e para evitar que os organismos-alvo desenvolvam resistência (JUHÁSZ *et al.*, 2013).

Os fungicidas são muito importantes para controlar doenças nas folhas, como a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), o oídio (*Erysiphe diffusa*) e o mofo

branco (*Sclerotinia sclerotiorum*). O controle eficaz dessas doenças depende da escolha certa dos fungicidas, do momento correto de aplicação e da tecnologia usada. A ferrugem asiática é uma das doenças que mais causa perdas na produção da soja. O controle químico é o principal método, sendo recomendado o uso preventivo de fungicidas sistêmicos, como os triazóis e estrobilurinas, junto com fungicidas multissítios, como o mancozebe, para diminuir o risco de resistência (DUTRA *et al.*, 2024). A aplicação deve ser feita no início da floração da planta ou quando surgirem os primeiros sinais da doença (LOURENÇO JUNIOR *et al.*, 2009).

Apesar de ser visto como secundário, o oídio tem ganhado espaço em muitas áreas de produção de soja. A doença se desenvolve melhor em temperaturas amenas e alta umidade no ar. Para controlá-lo, aplicam-se fungicidas específicos, como difenoconazol e tebuconazol, de forma preventiva ou ao notar os primeiros sinais (MARTINS *et al.*, 2023). O mofo branco é difícil de combater, pois o fungo *Sclerotinia sclerotiorum* cria estruturas resistentes que permanecem anos no solo. O manejo envolve práticas como rotação de culturas e espaçamento ideal entre plantas, além de fungicidas no início da floração, como procimidona e fluazinam, eficazes contra a doença (CARDOSO *et al.*, 2016).

Para controlar as diversas pragas da soja, como a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*), a falsa-medideira (*Chrysodeixis includens*) e o percevejo-marrom (*Euschistus heros*), usam-se inseticidas. O manejo dessas pragas deve incluir monitoramento constante da lavoura e aplicação de inseticidas seletivos, respeitando os níveis de controle. Alternar inseticidas com diferentes ações é crucial para evitar resistência nas pragas (BERNARDI *et al.*, 2021).

Os herbicidas são muito usados na soja para controlar plantas daninhas que competem por recursos e reduzem a produtividade. O glifosato é o mais utilizado, especialmente no plantio direto e em cultivares tolerantes ao herbicida. Porém, o uso intenso do glifosato tem causado o surgimento de plantas daninhas resistentes, como *Conyza* spp. e *Amaranthus* spp., exigindo manejo como alternância de herbicidas com diferentes ações e uso de pré-emergentes. A dessecação pré-plantio é comum no plantio direto, eliminando a vegetação antes da semeadura. Além do glifosato, outros herbicidas, como 2,4-D, diclosulam e flumioxazina, são usados juntos ou em aplicações sequenciais para aumentar o controle (PROCÓPIO *et al.*, 2007).

3.2 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO

A tecnologia utilizada na aplicação de defensivos fitossanitários refere-se ao conjunto de conhecimentos científicos que permite a aplicação adequada de produtos biologicamente ativos no alvo, de maneira eficiente, econômica e segura (MATUO, 1990).

Ela é uma importante ferramenta para maximizar a produção agrícola e tem como objetivo principal o controle eficiente de insetos-praga, patógenos e plantas daninhas. Para o êxito de um programa de manejo fitossanitário na agricultura, é imprescindível combinar produtos de eficácia comprovada com tecnologias de aplicação adequadas. Uma aplicação ideal deve assegurar o controle do alvo com a menor dose eficiente, garantindo a correta distribuição do produto enquanto minimiza impactos ambientais (CUNHA; SILVA, 2013).

Entre as principais vantagens associadas ao uso de tecnologias na produção de soja está o aumento da produtividade, à adoção de ferramentas de agricultura de precisão e geotecnologias, como o uso de drones (VANTs), sensores remotos e sistemas de informação geográfica (SIG). Esses recursos permitem o monitoramento detalhado das lavouras, possibilitando intervenções localizadas e racionais no uso de insumos, como fertilizantes e defensivos agrícolas. Isso aumenta a eficiência das práticas agrícolas e minimiza os impactos ambientais (CARVALHO e LAGO, 2021).

Apesar dessas vantagens, o uso intensivo de tecnologias na agricultura da soja também apresenta importantes limitações. Outro desafio importante é a desigualdade no acesso às tecnologias. A desigualdade no acesso a essas tecnologias, muitos agricultores familiares ainda enfrentam dificuldades para adotar ferramentas de agricultura de precisão ou mesmo biotecnologia, seja por limitações financeiras ou por falta de capacitação técnica. Essa exclusão tecnológica aprofunda as desigualdades no meio rural, favorecendo grandes produtores e marginalizando os pequenos, que representam uma parcela expressiva da agricultura brasileira com a agricultura familiar (CARVALHO e LAGO, 2021).

Para resolver esses problemas, é indispensável usar tecnologias de aplicação que assegurem a eficácia dos produtos, diminuam as perdas causadas pela deriva e ajudem a proteger o aplicador e o ambiente. A aplicação inadequada de defensivos pode prejudicar a eficácia dos produtos, aumentar os custos e favorecer o

aparecimento de organismos resistentes (CONTIERO *et al.*, 2018). Adotar boas práticas agrícolas, juntamente com equipamentos calibrados e conhecimento técnico, é fundamental para o sucesso do controle de pragas (BUENO *et al.*, 2023).

3.2.1 Componentes da tecnologia de aplicação

Inicialmente, as aplicações eram feitas manualmente, com ferramentas simples e sem um padrão, o que resultava em baixa eficiência e alto risco de poluição ambiental. Com o progresso da mecanização agrícola, surgiram os pulverizadores acoplados a tratores e, depois, os autopropelidos, que permitiram mais exatidão e uniformidade nas aplicações (ANTUNIASSI; BOLLER, 2011).

Os pulverizadores acoplados a tratores são muito usados em áreas de tamanho médio e consistem em um tanque ligado a um trator, com barras de pulverização que podem ter diferentes larguras. Já os pulverizadores autopropelidos são equipamentos independentes, com maior capacidade de trabalho e tecnologia avançada, como sistemas de controle de taxa variável e GPS, que permitem aplicações mais precisas e eficazes (ANTUNIASSI; BOLLER, 2011).

Além dos equipamentos terrestres, o uso de aviões agrícolas também é comum em grandes áreas de cultivo de soja. A pulverização aérea permite cobrir grandes áreas em menos tempo, sendo muito útil em regiões com tempo limitado para aplicação devido às condições climáticas. No entanto, essa forma de aplicação exige cuidados especiais para reduzir a deriva e garantir a segurança das aplicações (ANTUNIASSI; BOLLER, 2011).

3.2.2 Fatores que interferem na tecnologia de aplicação

Para boa pulverização é necessário verificar alguns fatores, como uso de pulverizador ideal, produto adequado, operador treinado, boa qualidade de água, condições de tempo favoráveis (temperatura, umidade relativa do ar, vento) e pH correto. Uma boa aplicação depende do tipo e aspecto da formulação utilizada, sua dose efetiva, para atingir o alvo é necessário se atentar ao tamanho e deposição da gota, além do risco de deriva do local (SANTOS, 2005).

As pontas de pulverização são responsáveis pela formação das gotas e espalham o produto no alvo. Existem vários tipos, cada um ideal para um propósito específico. Por exemplo, os bicos de jato plano são bons para aplicações em faixas, enquanto bicos de jato cônico são ótimos para aplicações que precisam penetrar mais na folhagem das plantas (CUNHA; SILVA, 2013).

Escolher as pontas certas é crucial para aproveitar ao máximo a aplicação e reduzir os riscos de deriva. As pontas de pulverização produzem gotas de tamanhos variados entre si que são quantificados de acordo com o diâmetro mediano volumétrico (DMV), amplitude relativa, entre outros (MOTA *et al.*, 2011). Justiniano (2014) classificou o DMV de acordo com tamanho de gotas e seu uso (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação do diâmetro mediano volumétrico (DMV).

DMV (microns)	Cobertura	Classificação	Uso recomendado
<51 - 100	Excelente	Neblina	Áreas fechadas
101 - 200	Boa	Fina	Inseticidas/Fungicidas
201 - 300	Média	Média	Maioria das aplicações
>300	Ruim	Grossa	Herbicidas
>400	Ruim	Muito grossa	Herbicidas

Fonte: Justiano, 2014.

O volume de calda aplicado e a pressão de trabalho também afetam diretamente a qualidade da aplicação. Pouco volume pode deixar áreas descobertas, enquanto muito volume pode escorrer e desperdiçar produto. A pressão por sua vez, afeta o tamanho das gotas e a uniformidade da aplicação. Ajustar esses parâmetros conforme as recomendações técnicas e as características do defensivo é essencial (MATUO, 1990).

A cobertura do alvo pode ser definida como a relação da quantidade de gotas dentro de uma determinada área, e isso pode variar de acordo como o modo de ação do produto aplicado e seu alvo de controle (RAMOS; PIO, 2003). Adegas (2009) classificou as densidades ideais de gotas cm^{-2} de acordo com o defensivo aplicado (Tabela 2).

Tabela 2. Densidade de gotas para tipos de produtos aplicados.

Produtos	Gotas cm⁻²
Herbicidas (Pré-emergentes)	20 – 30
Herbicidas (Pós-emergentes)	30 – 40
Fungicidas (Sistêmicos)	30 – 40
Fungicidas (Contato)	>70
Inseticidas	20 – 30

Fonte: Adegas, 2009.

As condições ambientais durante a aplicação, como temperatura, umidade do ar e velocidade do vento, influenciam muito a eficácia da aplicação de defensivos. Temperaturas altas e baixa umidade podem aumentar a evaporação das gotas, diminuindo a eficácia do produto. Além disso, ventos fortes podem causar deriva, levando o produto para fora da área correta e aumentando os riscos de poluição (CHECHETTO *et al.*, 2013).

A velocidade do pulverizador também afeta a qualidade da aplicação. Velocidades altas podem prejudicar a deposição e a penetração da calda nas folhas, diminuindo a eficácia dos defensivos, principalmente quando aplicados em fases mais avançadas da cultura (CURIOLETTI, 2021).

A qualidade da água usada para diluir os defensivos também é um ponto importante, parâmetros como pH, a dureza (presença de cálcio e magnésio), a turbidez e a presença de resíduos orgânicos afetam a estabilidade das caldas e o desempenho dos ingredientes ativos (AZEVEDO *et al.*, 2006).

3.2.3 Agricultura de precisão

A agricultura de precisão tem promovido avanços na aplicação de defensivos, especialmente na cultura da soja. Sistemas de navegação por satélite, como o piloto automático e o assistente de direção, permitem que os pulverizadores sigam caminhos exatos, diminuindo sobreposições e falhas na aplicação. Essa tecnologia melhora a eficiência e a qualidade da aplicação, além de resultar em aplicações mais uniformes e eficazes (MACHADO, 2023).

A integração de sensores e sistemas de controle eletrônico nos pulverizadores possibilita ajustes automáticos durante a operação, adaptando a aplicação às condições específicas de cada área da lavoura. O que resulta em uma aplicação mais precisa dos defensivos, reduzindo desperdícios e impactos ambientais (BAIO; ANTUNIASSI, 2019).

O uso de mapas detalhados e informações georreferenciadas também aprimora as aplicações, viabilizando o desenvolvimento de planos direcionados para cada setor da lavoura, levando em conta fatores como pragas, doenças, topografia do terreno, solo e rendimento prévio (SCHUTZ, 2023).

4 CONCLUSÃO

A cultura da soja no Brasil é de suma importância econômica e de grande extensão territorial, exige sistemas de manejo fitossanitário cada vez mais eficientes, integrados e sustentáveis. A tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas assume um papel estratégico e fundamental para garantir que os produtos utilizados atinjam seu alvo de forma eficiente, segura e com o menor impacto ambiental possível.

A boa aplicação de defensivos na soja depende de uma série de fatores técnicos, como a velocidade de deslocamento do pulverizador, as condições climáticas no momento da aplicação, o volume de calda, o espectro de gotas, a escolha das pontas de pulverização, qualidade da água utilizada, etc.

A tecnologia de aplicação não deve ser usada como uma etapa isolada, mas como parte integrante de um sistema de manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas. Isso, aliado a práticas agronômicas sustentáveis representa compromisso com a produção responsável de alimentos.

REFERÊNCIAS

- ADEGAS, F. S. **Aspectos fundamentais sobre a tecnologia de aplicação de agrotóxicos**. Londrina: Embrapa, 2009. v. 2, n. 1, p. 1-124.
- ANTUNIASI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Jaboticabal: FUNEP, 2011. p. 27–49.
- AZEVEDO, F. R. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 47 p.
- BAIO, F. H. R.; ANTUNIASI, U. R. Avanços e inovação na tecnologia de aplicação: agricultura de precisão, controladores eletrônicos e as novas soluções na eletrônica embarcada para pulverizadores. In: ANTUNIASI, U. R.; BOLLER, W. (org.). **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 2. ed. Passo Fundo, RS: Aldeia Norte, 2019. p. 149–168.
- BERNARDI, O. et al. Importância do manejo da resistência de insetos na cultura da soja. **PET Agronomia**, Universidade Federal de Santa Maria, 2021. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2021/06/29/importancia-do-manejo-da-resistencia-de-insetos-na-cultura-da-soja>. Acesso em: 7 maio 2025.
- BUENO, A. F. et al. **Manejo integrado de pragas da soja: MIP – Soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1162267>. Acesso em: 3 maio 2025.
- CARDOSO, S. S. et al. Eficiência de fungicidas no controle do mofo branco na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 1, p. 1–7, 2016. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/8869>. Acesso em: 10 maio 2025.
- CARVALHO, A. C.; LAGO, A. A. Análise do uso de inovações tecnológicas pela agricultura familiar: uma revisão sistemática da literatura. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, n. 1, p. 1–20, 2021.
- CHECHETTO, R. G. et al. Influência de pontas de concentração e adjuvantes sem potencial de redução de deriva em túnel de vento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 1, p. 37–46, 2013.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Boletim da safra de grãos: 8º levantamento – safra 2024/25**. Brasília, DF, maio 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/8o-levantamento-safra-2024-25/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 16 maio 2025.
- CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. **Tecnologia de aplicação**. Maringá: EDUEM, 2018. p. 401–449.

CUNHA, J. P. A. R.; JULIATTI, F. C.; REIS, E. F. dos. Tecnologia de aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática da soja: resultados de oito anos de estudos em Minas Gerais e Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 950–957, 2014.

CUNHA, J. P. A. R.; SILVA, R. A. M. Tamanho de gotas de pontas de pulverização em diferentes pressões de trabalho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 954, 2013.

CURIOLETTI, L. E. **Integração de inseticidas biológicos e químicos e tecnologia de aplicação no controle de lagartas da soja**. 2021. 84 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2021.

DUTRA, M. C. et al. Uso de fungicidas protetores na mitigação de ferrugem asiática na cultura da soja. **RAMVI – Revista de Agronomia e Medicina Veterinária IDEAU**, v. 11, n. 2, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ideau.com.br/index.php/ramvi/article/view/226>. Acesso em: 7 maio 2025.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2020**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. Cap. 12, p. 281–292.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **A importância da soja para o agronegócio brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. Ecologia química e manejo integrado de pragas: o caso da soja resistente a insetos. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 1–15, 2019.

JUHÁSZ, A. C. P. et al. **Desafios fitossanitários para a produção de soja**. 2013.

JUSTINIANO, W.; TSUMANUMA, G.; MONTEZUMA, M. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. **Informativo de Desenvolvimento Tecnológico**, São Paulo, v. 3, n. 9, 2014. 9 p.

LOURENÇO JR, V.; BALAN, M. G.; IGARASHI, S. Aplicação de fungicidas na soja baseada na detecção de uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 2, p. 159–164, 2014.

MACHADO, A. W. **Inovações tecnológicas na aplicação de defensivos**. Agrolink, 2023. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/tecnologia-de-aplicacao/aspectos-gerais/inovacoes-tecnologicas-na-aplicacao-de-defensivos_479380.html. Acesso em: 10 maio 2025.

MARTINS, M. C. et al. Eficiência de fungicidas no controle do oídio (*Erysiphe diffusa*) na cultura da soja. **Revista Sociedade e Ambiente**, v. 4, n. 3, 2023. Disponível em: <https://revistasociedadeeambiente.com/index.php/dt/article/view/113>. Acesso em: 6 maio 2025.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

MOTA, A. A. B. **Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicações com adjuvantes**. 2011. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

PROCÓPIO, S. O. et al. Manejo de herbicidas na cultura da soja *Roundup Ready®*. **Planta Daninha**, v. 24, n. 3, p. 705–716, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pd/a/T6GNxCZYMVGxGdwwmg3pdjC>. Acesso em: 12 maio 2025.

RAMOS, H. H.; PIO, L. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. Viçosa: UFV, 2003. p. 133-202.

SANTOS, J. M. F. Aspectos críticos na aplicação de defensivos agrícolas. In: **XIII Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico**. Anais... p. 108–128, 2005.

SCHUTZ, A. P. **O uso de drones para o manejo da cultura da soja**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Agronegócio) – Instituto Federal do Tocantins, Palmas. Disponível em: <https://portal.ifto.edu.br/palmas/campus-palmas/ensino/biblioteca/Acervo/trabalhos-academicos/agronegocio/2023/ana-paula-schutz.pdf>. Acesso em: 14 maio 2025.

TUDI, M. et al. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 3, p. 1112, jan. 2021.

VIEIRA FILHO, J. E. R. A produção de soja e sua importância na economia brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 33, 2024. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1962>. Acesso em: 14 maio 2025.