

TECNOLOGIAS APLICADAS AO MANUSEIO SEGURO DE AGROTOXICOS

Aline da Silva Oliveira

Ana Beatriz Ferreira Anastácio

Jessica Da Paixão Oliveira

Julyah Vitória de Carvalho Clarindo

Raquel Moreira Santos

Resumo: A intensificação da produção agrícola, especialmente após a Revolução Verde, ampliou significativamente o uso de agrotóxicos, contribuindo para o aumento da produtividade, mas também para riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar as tecnologias aplicadas ao manuseio seguro de agrotóxicos, destacando sua importância na redução de riscos ocupacionais e ambientais. A metodologia utilizada baseou-se em revisão bibliográfica de caráter qualitativo, com consulta a órgãos oficiais e literatura especializada. Os resultados evidenciam que o uso de tecnologias como sistemas automatizados de irrigação, pulverizadores de precisão, drones agrícolas e equipamentos de proteção individual mais avançados contribui significativamente para a diminuição da exposição dos trabalhadores. Conclui-se que a adoção dessas tecnologias, aliada à capacitação contínua dos trabalhadores, é essencial para garantir práticas agrícolas mais seguras, eficientes e sustentáveis.

Palavras-Chave: Agrotóxicos. Segurança do trabalho. Tecnologia agrícola. Sustentabilidade.

Abstract: *The intensification of agricultural production, especially after the Green Revolution, significantly increased the use of pesticides, contributing to higher productivity but also to risks to human health and the environment. In this context, this study aims to analyze technologies applied to the safe handling of pesticides, highlighting their importance in reducing occupational and environmental risks. The methodology was based on a qualitative bibliographic review using official sources and specialized literature. The results show that the use of technologies such as automated irrigation systems, precision sprayers, agricultural drones, and advanced personal protective equipment significantly reduces worker exposure. It is concluded that adopting these technologies, combined with continuous training, is essential to ensure safer, more efficient, and sustainable agricultural practices.*

Keywords: *Pesticides. Occupational safety. Agricultural technology. Sustainability.*

1 INTRODUÇÃO

A intensificação da produção agrícola ao longo do século XX, especialmente após a Revolução Verde, transformou profundamente as práticas no campo. Esse movimento histórico, marcado pela adoção de sementes melhoradas, fertilizantes sintéticos, mecanização e, principalmente, pelo uso crescente de agrotóxicos, permitiu grande expansão da produtividade mundial (BRASIL ESCOLA, 2025). No entanto, junto ao avanço tecnológico, também cresceram os desafios relacionados à saúde dos trabalhadores rurais e à preservação ambiental, mostrando a necessidade de práticas seguras no uso dessas substâncias químicas (EMBRAPA, 2022; ANVISA, 2022). Essa preocupação torna-se ainda mais relevante diante do cenário brasileiro, considerado pelo Tribunal Superior do Trabalho (TST) como o maior consumidor de agrotóxicos do planeta, com aproximadamente 720 mil toneladas anuais destinadas ao uso agrícola — realidade que expõe milhares de trabalhadores a riscos constantes (TST, 2023).

O manuseio seguro de agrotóxicos refere-se ao conjunto de procedimentos e cuidados adotados desde o armazenamento, transporte, preparo da calda e aplicação, até o descarte correto das embalagens, higienização dos equipamentos e proteção individual do trabalhador (OMS/FAO, 2021; ANVISA, 2022). Esses cuidados buscam reduzir riscos de intoxicação, contaminação ambiental e prejuízos à produção. Segundo o TST (2023), a exposição direta pode gerar intoxicações agudas e crônicas, afetando sistemas como o respiratório, nervoso, reprodutivo e endócrino, e ocorrer tanto durante a aplicação quanto no preparo e descarte dos produtos. Esse quadro evidencia a importância do uso correto de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), do cumprimento das normas regulamentadoras e da capacitação dos aplicadores (RODRIGUES; ALMEIDA, 2019). No entanto, fatores como longas jornadas, calor intenso e condições precárias de trabalho podem dificultar o uso adequado dos EPIs, reforçando a necessidade de soluções que reduzam a exposição direta do trabalhador (TST, 2023).

Historicamente, o uso de agrotóxicos em lavouras brasileiras tem sido intensivo, e uma das grandes limitações é justamente a ineficiência na aplicação, que leva a desperdícios, deriva e baixa deposição sobre os alvos desejados (EMBRAPA,

2022; SILVA; MENDES, 2021). A pulverização convencional, realizada com bicos hidráulicos, frequentemente gera gotas maiores (acima de 200 micrômetros), que não aderem bem à planta ou se dispersam, provocando perda de produto para solos adjacentes ou para o ar, aumentando riscos ambientais e para a saúde humana (EMBRAPA, 2022). Além disso, há riscos no manuseio: muitos aplicadores não possuem capacitação formal, o que agrava erros no transporte, armazenamento, aplicação e descarte dos produtos (MAPA, 2022; SENAR, 2021; SINDIVEG, 2021). Para reduzir esses problemas, o Brasil desenvolveu políticas e programas voltados ao treinamento e registro de aplicadores, visando garantir segurança sanitária, ambiental e ocupacional (MAPA, 2022; ANVISA, 2022).

Para avançar na segurança do manuseio de agrotóxicos, propõe-se a ampliação e modernização das tecnologias utilizadas no processo de aplicação, armazenamento e controle desses produtos. A primeira iniciativa envolve a adoção de sistemas digitais de monitoramento, capazes de registrar automaticamente condições climáticas, dosagens e operações realizadas, reduzindo falhas humanas e garantindo maior rastreabilidade (SILVA; MENDES, 2021). Além disso, torna-se fundamental incentivar o uso de pulverizadores de precisão e drones, tecnologias que minimizam a exposição direta do trabalhador e aumentam a eficiência da aplicação, evitando desperdícios e deriva (EMBRAPA, 2022; CROPLIFE BRASIL, 2022).

Outra transformação necessária diz respeito ao aprimoramento dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). A incorporação de materiais mais resistentes, leves e com barreira química avançada pode elevar significativamente o nível de proteção e conforto, favorecendo a adesão dos trabalhadores ao uso correto (RODRIGUES; ALMEIDA, 2019). Complementarmente, a capacitação contínua por meio de plataformas digitais e treinamentos interativos deve ser fortalecida, assegurando que os trabalhadores compreendam plenamente os riscos e as práticas seguras no manuseio dos produtos (ANVISA, 2022; OMS/FAO, 2021).

No Brasil, diversas iniciativas tecnológicas foram implantadas para tornar o manuseio de agrotóxicos mais seguro, eficiente e ambientalmente sustentável, especialmente por meio da Embrapa, em conjunto com entidades como o MAPA, o SENAR, a CropLife Brasil e o Sindiveg (EMBRAPA, 2022; MAPA, 2022; SENAR, 2021; SINDIVEG, 2021; CROPLIFE BRASIL, 2022). A Embrapa Meio Ambiente, em

Jaguariúna (SP), desenvolve desde os anos 1980 tecnologias de pulverização eletrostática, que eletrificam as gotas para melhorar a aderência às plantas e reduzir perdas. Em 2018, lançou novos acessórios para pulverizadores costais e tratorizados, permitindo aplicações mais eficientes em diferentes tipos de culturas, podendo reduzir em mais de 90% a quantidade de agrotóxico necessária (EMBRAPA, 2022).

O Ministério da Agricultura criou o programa Aplicador Legal, que capacita e registra aplicadores em temas como transporte, armazenamento, uso de EPIs e tecnologia de aplicação, com apoio do SENAR, Sindiveg e CropLife Brasil, oferecendo cursos gratuitos e buscando registrar até 2 milhões de aplicadores até 2026 (MAPA, 2022; SENAR, 2021; SINDIVEG, 2021; CROPLIFE BRASIL, 2022). Além disso, o Sindiveg e o SENAR disponibilizam treinamentos e manuais com orientações práticas sobre uso seguro de defensivos, inspeção de equipamentos, manutenção dos pulverizadores e descarte correto das embalagens (SINDIVEG, 2021; SENAR, 2021).

O estudo das tecnologias aplicadas ao manuseio seguro de agrotóxicos é essencial, pois essas ferramentas representam a principal forma de reduzir os riscos associados ao uso desses produtos, tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente (EMBRAPA, 2022; ANVISA, 2022; OMS/FAO, 2021). Embora os agrotóxicos desempenhem um papel importante na produtividade agrícola, seu uso inadequado ainda é responsável por grande parte das intoxicações ocupacionais, contaminações de solo e água e danos à biodiversidade (TST, 2023).

Diante desse cenário, compreender e dominar as tecnologias modernas — como equipamentos de proteção individual avançados, pulverizadores inteligentes, drones agrícolas, sensores de precisão e sistemas de descontaminação — torna-se fundamental para transformar a realidade do campo. Esses recursos não apenas aumentam a segurança do trabalhador rural, como também garantem maior eficiência e redução de desperdícios, contribuindo para uma agricultura mais sustentável, consciente e competitiva (SILVA; MENDES, 2021; EMBRAPA, 2022; CROPLIFE BRASIL, 2022).

Além disso, o estudo desse tema fortalece a capacitação de profissionais da área, promove responsabilidade socioambiental, atende às normas legais vigentes e prepara o setor agrícola para os desafios tecnológicos do futuro (MAPA, 2022; SENAR, 2021; SINDIVEG, 2021). Portanto, investigar essas tecnologias é

indispensável para assegurar práticas agrícolas seguras, eficientes e alinhadas às necessidades da sociedade e do meio ambiente.

2 OBJETIVO

Demonstrar as tecnologias aplicadas ao manuseio seguro dos agrotóxicos, demonstrando através de um estudo de caso as práticas já realizadas

3 DESENVOLVIMENTO

Além das tecnologias já apresentadas, destaca-se a crescente utilização de sistemas de agricultura de precisão no manejo de agrotóxicos. Esses sistemas utilizam sensores, georreferenciamento e softwares de monitoramento para analisar as condições do solo, do clima e a real necessidade de aplicação, permitindo intervenções mais assertivas e reduzindo o uso excessivo de insumos químicos. Segundo a Embrapa (2022), a aplicação localizada de defensivos agrícolas pode reduzir significativamente desperdícios e minimizar impactos ambientais, contribuindo para a sustentabilidade da produção agrícola.

Outro avanço relevante é o uso de drones agrícolas, que possibilitam a pulverização em áreas de difícil acesso, diminuindo o contato direto do trabalhador com os produtos químicos. Essa tecnologia proporciona maior uniformidade na aplicação, além de reduzir riscos ocupacionais, especialmente em terrenos extensos ou com relevo irregular. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2022), a adoção de tecnologias que reduzem a exposição humana aos agrotóxicos é fundamental para a prevenção de intoxicações e doenças ocupacionais.

Adicionalmente, o uso de softwares de monitoramento e controle remoto permite o acompanhamento em tempo real das operações agrícolas, registrando dados como volume aplicado, tempo de exposição e condições climáticas durante a aplicação. Essas informações contribuem para a rastreabilidade do processo produtivo, facilitando auditorias e garantindo maior conformidade com as normas de segurança do trabalho e com a legislação ambiental (SILVA; MENDES, 2021).

Outro aspecto importante refere-se à logística reversa das embalagens de agrotóxicos, prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Esse sistema determina que as embalagens vazias sejam devolvidas aos pontos de coleta

autorizados, evitando o descarte inadequado no meio ambiente. Conforme estabelece a legislação brasileira, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é essencial para reduzir impactos ambientais e promover práticas mais sustentáveis (BRASIL, 2010).

Dessa forma, observa-se que a integração entre tecnologia, capacitação profissional e cumprimento das normas legais é essencial para garantir um manejo mais seguro e eficiente dos agrotóxicos, reduzindo impactos negativos à saúde humana e ao meio ambiente.

Com o objetivo de verificar, na prática, a aplicação dessas tecnologias e sua contribuição para a segurança no trabalho rural, foi realizada uma visita técnica à propriedade Hortifruti Marianos, especializada no cultivo de morangos. A atividade ocorreu em 23 de março de 2026 e contou com a participação das acadêmicas Aline da Silva Oliveira, Ana Beatriz Ferreira Anastácio, Jessica da Paixão Oliveira, Julyah Vitória de Carvalho Clarindo e Raquel Moreira Santos. A visita teve como objetivo conhecer as tecnologias utilizadas no processo de aplicação de agrotóxicos e compreender de que forma a inovação tecnológica pode contribuir para a proteção dos trabalhadores rurais.

A visita foi conduzida pelo proprietário da propriedade, Roberto Mariano, que apresentou o funcionamento do sistema de pulverização automatizado utilizado na produção. Segundo ele, anteriormente a aplicação dos produtos era realizada manualmente, por meio de pulverizadores convencionais, exigindo a presença constante do trabalhador durante todo o processo.

Atualmente, a propriedade conta com um sistema tecnológico automatizado que permite o acionamento da pulverização à distância por meio de um aparelho celular. Utilizando essa tecnologia, o proprietário consegue iniciar o processo de aplicação dos defensivos agrícolas mesmo estando fora da propriedade, tornando a operação mais prática, eficiente e segura.

Essa inovação representa um importante avanço no manuseio seguro de agrotóxicos, pois reduz significativamente o contato direto do trabalhador com os produtos químicos, diminuindo os riscos de intoxicação e de exposição prolongada aos agentes presentes nos defensivos agrícolas. Além disso, o sistema proporciona

maior controle operacional, otimização do tempo e modernização das práticas agrícolas.

Os resultados observados durante a visita confirmam os benefícios apontados na literatura, demonstrando que a adoção de tecnologias no campo pode contribuir tanto para a melhoria da produtividade quanto para a promoção da saúde e segurança dos trabalhadores. Nesse sentido, a experiência permitiu relacionar os conceitos estudados teoricamente com a realidade das atividades agrícolas, evidenciando a importância da inovação tecnológica para o desenvolvimento sustentável do setor.

Para complementar as observações realizadas durante a visita técnica, as Figuras 1 a 4 apresentam imagens do sistema tecnológico utilizado na propriedade. As fotografias ilustram a implementação de recursos voltados à irrigação e à aplicação controlada de insumos, evidenciando a integração entre automação, redução da exposição do trabalhador e aumento da eficiência produtiva. Conforme destacado pela Embrapa (2022), a adoção de tecnologias no campo contribui diretamente para a otimização dos processos e para a minimização dos riscos ocupacionais e ambientais.

Assim, a análise das imagens permite compreender de forma mais concreta como os recursos tecnológicos descritos anteriormente são aplicados no cotidiano das atividades agrícolas, reforçando a importância da inovação para a segurança do trabalho rural e para a sustentabilidade da produção agrícola.

Figura 1 – Caixas d'água para diluição e dosagem de produtos para irrigação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 1 apresenta caixas d'água utilizadas para a diluição de produtos químicos e sua posterior aplicação no sistema de irrigação. Cada reservatório possui uma função específica, permitindo o preparo adequado das soluções e o controle da dosagem, contribuindo para maior eficiência e redução de desperdícios.

Figura 2 – Tubulações e válvulas para controle do gotejamento nas mudas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 2 evidencia o sistema de tubulações responsável pela distribuição dos produtos. As válvulas e registros permitem o controle preciso do fluxo, garantindo que apenas as mudas necessárias recebam o tratamento. Esse sistema reduz o contato direto do trabalhador com os produtos químicos e minimiza impactos nas plantas..

Figura 3 – Sistema automatizado de irrigação que reduz a exposição do agricultor aos agrotóxicos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O sistema automatizado apresentado permite o acionamento de bombas que distribuem a solução de forma controlada. Atualmente, o funcionamento é parcialmente automatizado, exigindo intervenção manual em situações específicas, como condições climáticas adversas. No entanto, há a proposta de evolução para um sistema totalmente automatizado, capaz de operar de forma autônoma com base em sensores ambientais. Além disso, há a intenção de implementar uma solução mais

avançada, na qual o controle seja totalmente automatizado, permitindo que o sistema funcione de forma autônoma conforme as condições ambientais.

Figura 4 – Antes e depois do preparo das mudas com uso de tecnologia no manejo agrícola.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A Figura 4 demonstra os resultados obtidos com a aplicação das tecnologias, evidenciando melhorias na qualidade das mudas. O uso de sistemas tecnológicos contribui para maior eficiência no manejo agrícola, além de reduzir riscos ocupacionais.

Figura 5 - Antes e depois: Aplicação do agrotóxico



Fonte: Reprodução Pixabay; revista

Antes, a aplicação era feita manualmente, com o trabalhador carregando o pulverizador nas costas, exigindo muito esforço físico e maior contato com produtos químicos. Esse método apresentava riscos de intoxicação, contaminação ambiental, desperdício de produto e aplicação desigual na plantação, além de tornar o trabalho mais lento e cansativo.

Com o avanço da tecnologia, passaram a ser utilizados drones agrícolas para a pulverização. Dessa forma, o operador consegue realizar a aplicação à distância, reduzindo o contato com os agrotóxicos. Além disso, a tecnologia proporciona maior segurança ao trabalhador, mais precisão e rapidez na aplicação, economia de produto, menor impacto ambiental e maior eficiência no manejo agrícola.

Assim, a comparação evidencia como a inovação tecnológica contribuiu para tornar as atividades agrícolas mais seguras, práticas e eficientes.

Figura 6 – Antes e Depois: Equipamento de Aplicação de Agrotóxicos



Fonte: Anderson Wolf Machado

A imagem retrata o antes e depois da utilização de tecnologia: **Antes:** A aplicação agrícola era realizada com equipamentos de menor porte, cobrindo áreas reduzidas e apresentando menor eficiência operacional. Esse processo possuía menor capacidade de alcance, maior tempo de execução e menor produtividade no campo. **Depois:** Com a modernização da atividade agrícola, passaram a ser utilizados equipamentos de maior porte e tecnologias mais avançadas, proporcionando maior cobertura na aplicação, aumento da eficiência operacional e maior produtividade no cultivo. Dessa forma, o processo tornou-se mais rápido, preciso e eficiente.

Como forma de ampliar as ações de conscientização desenvolvidas durante o trabalho, a equipe elaborou um folder educativo sobre a higienização correta dos alimentos. O material tem como objetivo orientar produtores, trabalhadores rurais e consumidores sobre a importância da limpeza adequada de frutas, verduras e legumes, contribuindo para a redução de resíduos de agrotóxicos, microrganismos e outras impurezas que possam comprometer a segurança alimentar. Além disso, o folder apresenta orientações práticas relacionadas à lavagem, sanitização e

armazenamento dos alimentos, promovendo hábitos mais seguros e saudáveis para a população.

Figura 7- Folder com informações sobre a higienização de alimentos



Fonte: autoria própria (2026)

Diante do exposto, verifica-se que a adoção de tecnologias no manuseio de agrotóxicos representa uma importante estratégia para promover maior segurança aos trabalhadores rurais, aumentar a eficiência das operações agrícolas e reduzir os impactos ambientais decorrentes da atividade. A fundamentação teórica apresentada, aliada às observações realizadas durante a visita técnica e às ações educativas desenvolvidas pela equipe, evidenciou a importância da inovação tecnológica e da disseminação de informações para a promoção da saúde e da sustentabilidade no meio rural. Dessa forma, conclui-se que o investimento em tecnologia, capacitação profissional e educação preventiva é fundamental para o desenvolvimento de uma agricultura mais segura, produtiva e ambientalmente responsável.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise realizada, conclui-se que as tecnologias aplicadas ao manuseio de agrotóxicos desempenham papel fundamental na promoção da segurança do trabalhador rural e na preservação ambiental. A adoção de sistemas automatizados, equipamentos de precisão e melhorias nos EPIs contribui significativamente para a redução da exposição direta aos produtos químicos.

Além disso, verificou-se que a capacitação dos trabalhadores e o cumprimento das normas regulamentadoras são fatores essenciais para garantir a eficácia dessas tecnologias. Apesar dos avanços, ainda existem desafios relacionados à implementação completa desses sistemas, especialmente em pequenas propriedades rurais.

Portanto, reforça-se a necessidade de investimentos em inovação tecnológica, políticas públicas e programas de capacitação, visando à consolidação de práticas agrícolas mais seguras, sustentáveis e eficientes.

REFERÊNCIAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Guias de segurança no uso de agrotóxicos.* Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa>. Acesso em: 26 nov. 2025.

BRASIL ESCOLA. MATIAS, Átila. *Revolução Verde.* Brasil Escola, 2025. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/revolucao-verde.htm>. Acesso em: 26 nov. 2025.

CROPLIFE BRASIL. Boas práticas e tecnologias no uso de defensivos agrícolas. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.croplife.org.br/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

EMBRAPA. Tecnologias de aplicação de defensivos agrícolas e inovação no campo. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

GOOGLE. Imagem comparativa de aplicação agrícola tradicional e tecnológica. Disponível em: Google Shared Image 2. Acesso em: 27 maio 2026.

GOOGLE. Imagem sobre equipamentos agrícolas e evolução tecnológica no campo. Disponível em: Google Shared Image 3. Acesso em: 27 maio 2026.

GOOGLE. Imagem sobre modernização da agricultura e pulverização agrícola. Disponível em: Google Shared Image 1. Acesso em: 27 maio 2026.

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária. Programa Aplicador Legal: Capacitação e registro de aplicadores de agrotóxicos. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura>. Acesso em: 26 nov. 2025.

OMS/FAO. *Manuais de uso seguro de pesticidas*. Genebra: Organização Mundial da Saúde / FAO, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

RODRIGUES, L.; ALMEIDA, F. Equipamentos de proteção individual para uso de agrotóxicos: avanços e desafios. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 2019.

SENAR. Manual de capacitação para aplicadores de agrotóxicos. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.senar.org.br/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

SILVA, J.; MENDES, R. Monitoramento digital e inovações tecnológicas na aplicação de agrotóxicos. *Revista Tecnologia Rural*, 2021.

SINDIVEG. Guia de uso seguro de defensivos agrícolas. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.sindiveg.org.br/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

TST – Tribunal Superior do Trabalho. Exposição a agrotóxicos ameaça saúde de trabalhadoras e trabalhadores rurais. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.tst.jus.br/>. Acesso em: 26 nov. 2025.