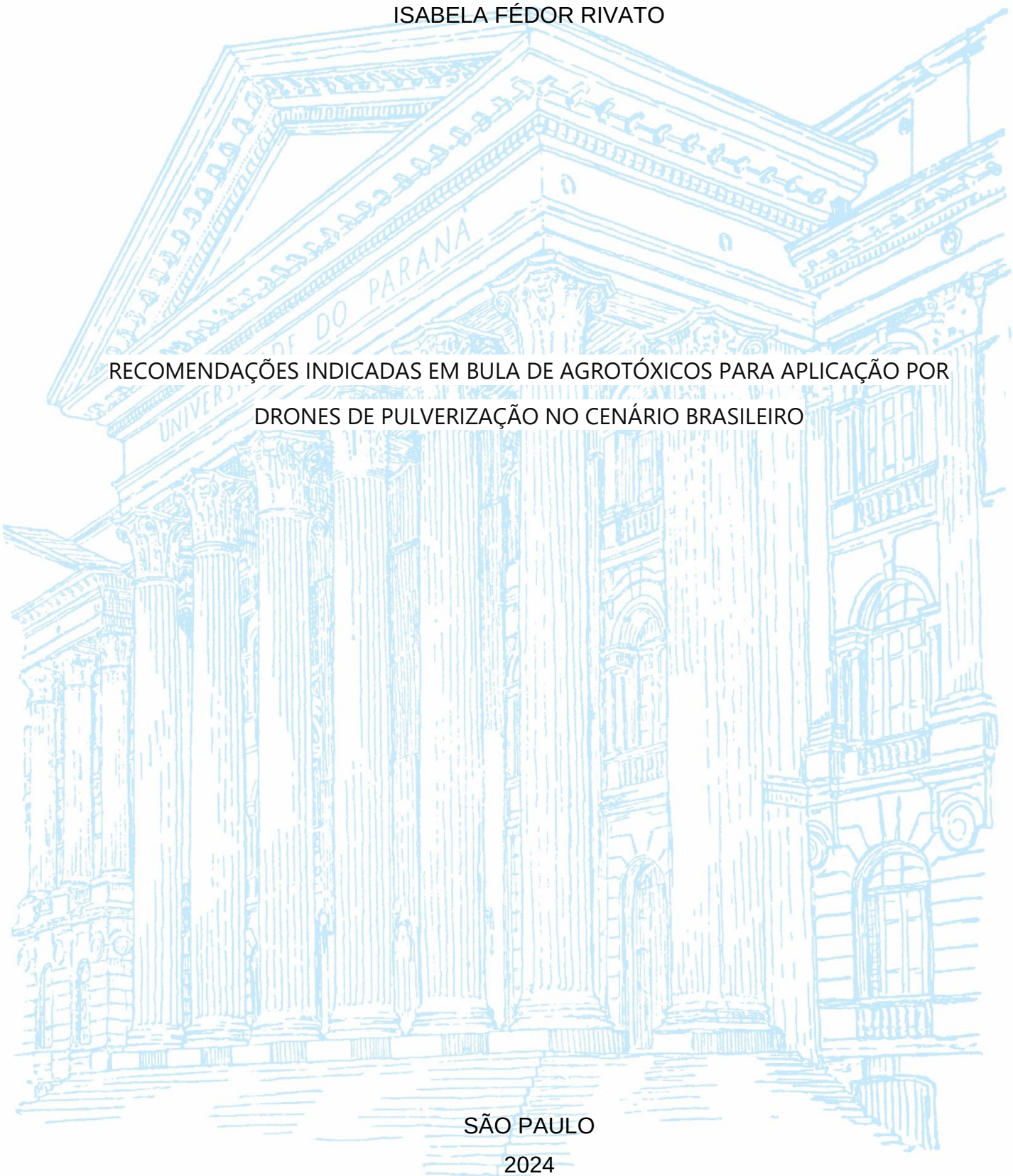
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ISABELA FÉDOR RIVATO



RECOMENDAÇÕES INDICADAS EM BULA DE AGROTÓXICOS PARA APLICAÇÃO POR DRONES DE PULVERIZAÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO

SÃO PAULO

2024

ISABELA FÉDOR RIVATO

RECOMENDAÇÕES INDICADAS EM BULA DE AGROTÓXICOS PARA APLICAÇÃO POR DRONES DE PULVERIZAÇÃO NO CENÁRIO BRASILEIRO

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. Me. Vicente Marcio Cornago Junior

SÃO PAULO

2024

RESUMO

Este trabalho explora o papel crescente dos drones na agricultura brasileira, com ênfase nas recomendações de uso de agrotóxicos disponíveis em bulas no sistema Agrofit. A aplicação de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP) tem se mostrado uma tecnologia promissora, trazendo potencial para transformar práticas agrícolas tradicionais ao oferecer maior precisão e eficiência no manejo fitossanitário. O estudo destaca a importância de adaptar as recomendações de aplicação de defensivos agrícolas às especificidades operacionais dos drones, considerando os desafios regulatórios e a necessidade de protocolos padronizados. Embora os drones ainda enfrentem barreiras significativas para uma adoção em larga escala, especialmente em relação à regulamentação e à falta de diretrizes claras, a pesquisa indica uma tendência de aceitação crescente dessa tecnologia. O uso de drones na pulverização de agrotóxicos pode não apenas otimizar os recursos utilizados, mas também minimizar o impacto ambiental, posicionando-se como uma alternativa sustentável e inovadora para a agricultura brasileira. Este estudo sugere que, com o avanço da regulamentação e a adaptação das práticas agrícolas, os drones podem se consolidar como uma ferramenta essencial para a agricultura de precisão no Brasil.

Palavras-chave: Drones. Agrotóxicos. Desafios Regulatórios. Impacto Ambiental. Agricultura de Precisão.

ABSTRACT

This study explores the growing role of drones in Brazilian agriculture, with an emphasis on the recommendations for the use of pesticides available in labels from the Agrofit system. The application of Remotely Piloted Aircraft (RPA) has emerged as a promising technology, with the potential to transform traditional agricultural practices by offering greater precision and efficiency in pest management. The study highlights the importance of adapting pesticide application recommendations to the operational specificities of drones, taking into account regulatory challenges and the need for standardized protocols. Although drones still face significant barriers to widespread adoption, particularly concerning regulation and the lack of clear guidelines, the research indicates a growing acceptance of this technology. The use of drones in pesticide spraying can not only optimize resource use but also minimize environmental impact, positioning itself as a sustainable and innovative alternative for Brazilian agriculture. This study suggests that, with regulatory advancements and the adaptation of agricultural practices, drones could become an essential tool for precision agriculture in Brazil.

Keywords: Drones. Pesticides. Regulatory Challenges. Environmental Impact. Precision Agriculture.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 5
1.1 JUSTIFICATIVA 9
1.2 OBJETIVOS 10
1.2.1 Objetivo geral 10
1.2.2 Objetivos específicos 10
2 REVISÃO DE LITERATURA 12
2.1 EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL 12
2.2 INTRODUÇÃO DOS DRONES NA AGRICULTURA E SUA APLICAÇÃO 13
3 MATERIAL E MÉTODOS 16
3.1 COLETA DE DADOS E INFORMAÇÕES 16
3.2 ANÁLISE DAS RECOMENDAÇÕES PRESENTES NAS BULAS 16
3.3 IDENTIFICAÇÃO DE LACUNAS E DIFICULDADES 18
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 19
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 29
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 31
REFERÊNCIAS 32

1 INTRODUÇÃO

O surgimento da agricultura foi um marco crucial na história humana, permitindo a produção de alimentos e o estabelecimento de agrupamentos humanos estáveis, que puderam então se desenvolver e se libertar das atividades de subsistência, como a caça. Desde esse marco, as regiões rurais brasileiras têm passado por profundas transformações, como, por exemplo, a transição da agricultura predominantemente familiar para a agricultura industrial. Esse processo reconfigurou os padrões de produção, impulsionando significativos avanços de produtividade na agricultura moderna.

> O Brasil passou da condição de agricultura de subsistência, ou seja, de um modelo voltado para autossuficiência da propriedade, para o intrincado sistema de interdependência, marcado pelas relações do setor rural com a indústria e com os serviços, relações essas que são a condição primeira de um sistema agroindustrial. Assim, passamos a ter uma economia mais urbanizada e industrializada: o setor agropecuário deixou de ser o segmento dominante, cedendo lugar aos setores industrial e de serviços, sem, todavia, perder sua importância no que se refere à geração de renda, de empregos e de divisas. (ABBOUD, 2013, p. 71)

Desde então, as zonas rurais brasileiras têm sido cenários de mudanças profundas e significativas, que acompanham o avanço e modernização da humanidade.

O Brasil é um país com grande quantidade de terras agricultáveis e clima diversificado, o que favorece o estabelecimento de uma agricultura promissora e rentável, contudo, favorável também ao desenvolvimento e estabelecimento de pragas[1]. Esse cenário, amplia a demanda por insumos agrícolas[2] e tecnologias de aplicação eficazes e precisas.

---

[1] Pragas são organismos nocivos que causam danos às culturas agrícolas, reduzindo a produção, afetando a qualidade dos produtos ou até mesmo levando à perda total da colheita, como insetos, plantas daninhas, fungos, vírus, bactérias, nematoides, entre outros.

[2] Produtos utilizados na produção agrícola para promover o crescimento, desenvolvimento e proteção das plantas, como fertilizantes, agrotóxicos, sementes, entre outros.

> A tecnologia de aplicação pode ser definida como um conjunto de conhecimentos que integram informações sobre defensivos agrícolas, formulações, adjuvantes, pulverização, alvos, recursos humanos, tecnologia da informação e ambiente, visando uma aplicação correta, segura e responsável, sempre respeitando as boas práticas agrícolas. (ANTUNIASSE, *et. al.*, 2022, p. 10)

A sociedade atual, em sintonia com as preocupações contemporâneas, busca vantagens significativas em termos de precisão e eficiência na aplicação de agrotóxicos, buscando reduzir os custos e mitigar os riscos para os trabalhadores rurais e o meio ambiente, usando tecnologias mais seguros e de qualidade, atendendo às normas de ASG (Ambiental, Social, Governança), em inglês, *Environment, Social, Governance* (ESG).

No Brasil, o primeiro registro relacionado ao uso de aviões como tecnologia de aplicação ocorreu devido a uma nuvem de gafanhotos que ameaçava algumas lavouras do país.

> No inverno de 1947, uma grande nuvem de gafanhotos colocava em risco boa parte das lavouras do sul do país, principalmente as do estado do Rio Grande do Sul. Entretanto, seria ela também um marco para a nossa agricultura, pois foi justamente no intuito de combater aquela ameaça que tivemos nosso primeiro voo com aspersão de defensivos. (MOSSMANN; MOSSMANN, 2023, p. 35)

Um agrotóxico, em forma em forma de pó, foi lançado sob a nuvem de gafanhotos, reduzindo drasticamente o risco de infestação desta praga nas lavouras ameaçadas da época. Sendo assim, a partir desse momento, a aviação agrícola ganhou espaço, estimulando a utilização das aeronaves como tecnologias de aplicação.

Assim, mais tarde, a aviação agrícola passou a ser regulamentada por Lei Federal (Decreto-Lei Nº 917, de 07 de outubro de 1969, regulamentado pelo Decreto Nº 86.765/1981), submetido a fiscalização do Ministério da Agricultura e Pecuária – MAPA.

Ainda na década de 60, período em que a aviação agrícola passou a ser regulamentada, segundo Mossmann e Mossmann (2023), eram utilizados os, até

então chamados, Veículos Aéreos Não Tripulados – VANTs para reconhecimento de terrenos, permitindo uma visão aérea.

> Mas, foi durante os anos 1980 que começaram a chamar a atenção por sua empregabilidade e versatilidade. A grande vantagem em seu uso, durante naquela década, era a possibilidade de efetuar ações perigosas, sem necessariamente colocar uma vida em risco, pois, quem o estivesse controlando, estaria distante do evento, e o pior que poderia acontecer era o abatimento do objeto. (MOSSMANN; MOSSMANN, 2023, p. 38)

Posteriormente, os VANTs foram chamados de ARP e assim, a aplicação aérea de agrotóxicos e afins foi se tornando um insumo agrícola indispensável no campo, principalmente quando o assunto é agricultura de precisão.

> A principal característica da aplicação aérea, enquanto ferramenta na tecnologia de aplicação, é a sua capacidade de realizar o tratamento fitossanitário de maneira uniforme e precisa, pulverizando as grandes áreas em menor tempo se comparada às outras modalidades de aplicação. Por esta razão, a aviação agrícola (que inclui aeronaves de asa fixa e asa rotativa) constitui uma opção estratégica para garantir a defesa fitossanitária nas principais culturas que movimentam o agronegócio no Brasil. (Carvalho, *et. al.*, 2021, p. 13)

Por isso, o mercado de ARPs é crescente no Brasil, estando principalmente ligados às culturas de grande interesse econômico, que, devido sua competitividade e necessidade de técnicas mais modernas e precisas, utilizam de ARPs para uma variedade de aplicações, incluindo fotografia aérea, mapeamento, monitoramento ambiental, além das aplicações agrícolas de agrotóxicos e afins.

Todas essas estratégias, hoje, são indispensáveis para o gerenciamento da atividade agrícola, pois asseguram uma maior rentabilidade para o produtor rural.

No entanto, existem diversas barreiras na utilização dessa tecnologia, a começar pelas regulamentações governamentais. Em 24/09/2021foi publicada a PORTARIA MAPA Nº 298 que estabelece regras para operação de aeronaves remotamente pilotadas destinadas à aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes.

> O cenário regulatório do setor no País considerava até 2019 apenas as questões de voo dos drones, a partir da regulamentação da ANAC (ANAC, 2017), não havendo até aquele momento uma normativa ou diretriz que regulamentasse a atividade por parte do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Esta situação evoluiu em 2020 quando uma proposta de normativa para o uso de drones de aplicação foi colocada em consulta pública e, finalmente, após dois anos de discussões com as partes interessadas, MAPA publicou a Portaria 298 em 22 de setembro de 2021, definindo um conjunto de regras relacionadas ao uso de drones para pulverização (MAPA, 2021). (Carvalho, *et. al.*, 2021, p. 33)

A portaria em questão equipara a aplicação por aeronaves tripuladas à aplicação via ARPs, permitindo que, produtos que possuem aplicação aérea registrado em bula, possam ser aplicados também por drones de pulverização. Esse fator não leva em conta as diferenças operacionais das ARPs comparadas a aviação tripulada.

Apesar dos desafios enfrentados na regulamentação de drones, é notória a evolução da regulamentação de agrotóxicos no Brasil e ela reflete a complexidade e a dinâmica do setor agrícola nacional, que, desde o início, enfrenta preocupações significativas relacionadas ao crescimento econômico, a modernização da sociedade e à sustentabilidade do país.

Apesar dos desafios enfrentados, o Brasil ainda é um dos países com a regulamentação mais rigorosa sobre o uso de agrotóxicos no mundo. Essa extensa regulamentação é resultado de um esforço contínuo para equilibrar a necessidade de manter uma agricultura altamente produtiva atrelada aos princípios de ESG. Essas regulamentações vigentes refletem o compromisso do país em assegurar que o uso desses produtos seja realizado de forma segura e responsável, minimizando riscos potenciais para os trabalhadores agrícolas, consumidores e ecossistemas.

Mas no que diz respeito ao uso de ARPs, outra dificuldade enfrentada é a falta de operadores treinados, seguida da a falta de recomendações específicas em bula de agrotóxicos, que, também é uma realidade.

A falta de recomendações específicas em bula dificulta os parâmetros operacionais, impactando no ajuste do equipamento, que, segundo Carvalho, *et. al*. (2021), podem variar na vazão e calibração, além de terem diferenciações na

programação de tarefas, o que pode impactar na uniformidade e distribuição da calda, na faixa de deposição.

Tal falta de recomendações veem da dificuldade enfrentada pelas empresas detentoras de registros na inclusão de recomendações específicas para drones em bula, que tem como desafio central a realização de experimentos com as diferentes ARPs disponíveis no mercado.

Dadas dificuldades expostas, se faz necessário a análise detalhada das recomendações em bula para aplicação por drones. A análise dessas recomendações pode auxiliar na tomada de decisão por aplicadores de agrotóxicos e afins e principalmente, incentivar a inclusão de recomendações específicas para ARPs em bula por parte de empresas detentoras de registros.

1.1 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho propõe-se a analisar as bulas dos agrotóxicos para a utilização de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), conhecidas como drones, na distribuição desses produtos no cenário agrícola brasileiro. A agricultura representa um dos pilares econômicos do Brasil, e a adoção de inovações tecnológicas, como o uso de drones, tem o potencial de aumentar significativamente a eficiência e sustentabilidade das práticas agrícolas. Contudo, existem lacunas nas recomendações de uso em bula para a aplicação aérea por drones, além de desafios regulatórios significativos, destacados pela Portaria MAPA Nº 298, de 22 de setembro de 2021, que equipara a aplicação via ARP à aplicação via avião agrícola. Diante dessa realidade, surge a necessidade de avaliar as especificações presentes nas bulas dos agrotóxicos destinados à aplicação aérea, para promover práticas mais seguras e eficientes. Este estudo pretende fornecer diretrizes claras e baseadas em evidências para agricultores, empresas de agrotóxicos e órgãos reguladores, facilitando a elaboração de futuras regulamentações e recomendações práticas para o uso eficiente e seguro de drones na aplicação de agrotóxicos. Assim, este trabalho destaca a importância de as empresas detentoras de registros adicionar recomendações seguras e eficientes nas bulas, ajustando-se às inovações tecnológicas e às necessidades do setor agrícola brasileiro.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar as bulas de agrotóxicos e produtos afins disponíveis no site da Agrofit.[3], com o intuito de verificar as recomendações específicas para aplicação por ARP, identificando padrões e lacunas nas orientações fornecidas, visando contribuir para uma utilização mais segura e eficiente dessas tecnologias na agricultura brasileira.

1.2.2 Objetivos específicos

- Revisar a legislação atual, incluindo normas técnicas, portarias e diretrizes estabelecidas pelos órgãos reguladores, como o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) e ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), que impactam o uso de drones para pulverização agrícola;
- Realizar uma busca sistemática no banco de dados do Agrofit para identificar e quantificar as bulas que mencionam aplicação aérea, catalogando-as de acordo com os tipos de produtos e culturas indicadas;
- Analisar qualitativamente as recomendações das bulas para identificar padrões e variações entre diferentes produtos, culturas e métodos de aplicação, especialmente no que se refere ao uso de drones;
- Descrever e comparar as recomendações presentes em bulas que possuem aplicação com ARP;
- Classificar e organizar as bulas de acordo com o modo de ação dos agrotóxicos, relacionando essas informações com as especificações de aplicação por drones para entender melhor a adequação das tecnologias a diferentes modos de ação o;
- Citar as lacunas existentes para o desenvolvimento da tecnologia;

---

[3] Banco de informações sobre os produtos agroquímicos e afins registrados no Ministério da Agricultura. Permite a realização de pesquisas importantes para o controle de pragas na agricultura brasileira.

- Apontar, com base na literatura as dificuldades das empresas detentoras de registro para incluir recomendações em bula para a utilização de ARP;
- Discutir recomendações seguras e eficientes para as empresas detentoras de registos de agrotóxicos e afins sobre a utilização dessa tecnologia na agricultura brasileira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DE AGROTÓXICOS NO BRASIL

A primeira legislação específica sobre agrotóxicos no Brasil foi o Decreto-Lei nº 24.114, de 1934, que estabelecia normas para a produção, o comércio e o uso de agrotóxicos, conforme documentado por Silva (2018). No entanto, conforme Silva (2018) aponta, foi apenas na década de 1970 que a regulamentação começou a ganhar mais robustez com a criação da Lei nº 7.802, de 1989, conhecida como a "Lei dos Agrotóxicos". Esta lei foi um marco importante por trazer regras claras para o registro, a produção, a comercialização e a utilização de agrotóxicos no país, visando garantir sua segurança para trabalhadores rurais, consumidores e o meio ambiente.

Ao longo dos anos, diversas atualizações normativas foram introduzidas para aprimorar o controle sobre os agrotóxicos. Conforme destacado por Carvalho (2020), o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, detalhou os procedimentos para registro e classificação dos produtos, fortalecendo as responsabilidades dos órgãos reguladores como o MAPA, a ANVISA e o IBAMA.

Além disso, a Resolução CONAMA nº 465, de 2014, estabeleceu diretrizes para o descarte de embalagens de agrotóxicos, um aspecto crucial para a mitigação dos impactos ambientais, enfatizando a "responsabilidade compartilhada entre produtores, comerciantes e usuários na gestão das embalagens vazias" (CONAMA, 2014).

Muitos estados brasileiros também estabeleceram suas próprias normas e restrições sobre o uso de agrotóxicos, levando em consideração as especificidades regionais e ambientais. Um sistema regulatório eficaz deve ser dinâmico e capaz de se adaptar às inovações tecnológicas e às mudanças nas evidências científicas, garantindo sempre a segurança e a sustentabilidade. (Freitas, 2019, p. 76) Este enfoque descentralizado permite um controle mais adaptável às condições locais.

Recentemente, o Projeto de Lei nº 6.299/2002, conhecido como PL do Veneno, reacendeu o debate ao propor mudanças significativas na Lei dos Agrotóxicos. Entre as propostas, estão a centralização do processo de registro no MAPA e a flexibilização de critérios para aprovação de novos produtos. Conforme apontado por Carvalho (2020), "as alterações propostas pelo PL 6.299/2002 podem

representar um retrocesso na proteção ambiental e na saúde pública, uma vez que podem facilitar a entrada de agrotóxicos mais perigosos no mercado brasileiro" (p. 89).

Para uma análise mais aprofundada e atualizada, estudos recentes como o de Mendes *et al.* (2023) exploram como a regulamentação de agrotóxicos pode ser influenciada por fatores econômicos e de mercado, enfatizando a necessidade de uma fiscalização mais rigorosa e de tecnologias que permitam uma aplicação mais precisa e menos prejudicial ao ambiente. Além disso, Ribeiro e Almeida (2022) discutem a importância de uma governança ambiental mais efetiva no contexto das políticas públicas, sugerindo que a integração de diferentes setores pode fortalecer a regulamentação e promover práticas agrícolas mais sustentáveis.

As perspectivas futuras da regulamentação de agrotóxicos no Brasil exigem um equilíbrio delicado entre a proteção ambiental, a saúde pública e a competitividade agrícola. De acordo com Santos (2021), é essencial que as políticas públicas se baseiem em evidências científicas robustas e considerem os diversos interesses envolvidos, incluindo agricultores, consumidores e ambientalistas. A implementação de tecnologias sustentáveis e práticas agrícolas integradas também são fundamentais para mitigar os impactos negativos dos agrotóxicos.

2.2 INTRODUÇÃO DOS DRONES NA AGRICULTURA E SUA APLICAÇÃO

A introdução dos drones na agricultura brasileira representa um avanço significativo, introduzindo novas possibilidades para o monitoramento e gestão das atividades agrícolas. De acordo com Oliveira *et al.* (2018), os drones destacam-se pela capacidade de realizar mapeamentos precisos de áreas cultivadas, identificar pragas e doenças nas plantações, e monitorar o desenvolvimento das culturas de forma eficiente e em tempo real. Eles oferecem uma visão abrangente e detalhada que antes era difícil ou muito custosa para obter por outros meios.

Silva (2020) aponta que a utilização de drones na agricultura brasileira não apenas aumenta a produtividade e reduz os custos operacionais, mas também contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis. Isso se deve ao fato de que os drones permitem uma aplicação mais precisa de insumos como agrotóxicos e fertilizantes. Essa precisão resulta em menos desperdício de recursos e menor

impacto ambiental, alinhando a agricultura com práticas mais sustentáveis e econômicas.

Além disso, os drones têm a capacidade de acessar áreas de difícil alcance, realizar a pulverização de defensivos agrícolas com alta precisão e mapear variações de relevo, o que permite um manejo mais eficiente e adaptado às condições específicas de cada área. A integração dos drones com outras tecnologias, como sensores e sistemas de informação geográfica (SIG), potencializa ainda mais sua eficácia, proporcionando dados detalhados que auxiliam na tomada de decisões estratégicas no campo (FUNDAJ, 2023).

Segundo Bittencourt (2022), existem diferentes tipos de drones utilizados na agricultura, cada um com suas particularidades e aplicações específicas. Os drones multirrotores são os mais comuns devido à sua facilidade de manobra e capacidade de pairar em áreas específicas, o que é ideal para pulverização e mapeamento detalhado de pequenas áreas. Por outro lado, os drones de asa fixa são mais adequados para grandes propriedades, pois possuem maior autonomia de voo e podem cobrir áreas extensas em menos tempo. Também há drones híbridos, que combinam características dos drones multirrotores e de asa fixa, proporcionando versatilidade em diferentes condições de campo.

No entanto, a implementação de drones na agricultura ainda enfrenta diversos desafios. Santos (2021) ressalta que entre os obstáculos estão questões regulatórias, a necessidade de capacitação técnica dos operadores e o alto custo inicial para aquisição e manutenção desses equipamentos. A adaptação das legislações vigentes e o desenvolvimento de políticas específicas para o uso dessas tecnologias são fundamentais para garantir sua segurança e eficácia no campo.

Conforme informações da Fundação Joaquim Nabuco (2023), os drones agrícolas oferecem múltiplas aplicações, desde a análise do solo até a pulverização de precisão, permitindo que os agricultores tomem decisões mais informadas e eficazes. Contudo, a ampliação do uso de drones ainda depende de uma infraestrutura robusta e de uma regulamentação adequada que incentive a adoção dessas tecnologias de forma segura e eficiente. A formação de parcerias público-privadas e o investimento em pesquisa e desenvolvimento são estratégias essenciais para superar as barreiras existentes e garantir que os drones se tornem uma ferramenta fundamental na agricultura brasileira.

Perspectivas futuras indicam um crescimento contínuo no uso de drones na agricultura brasileira, com a expectativa de avanços tecnológicos que ampliem ainda mais suas aplicações. O aprimoramento dos sensores e da capacidade analítica dos dados coletados promete transformar os drones em uma ferramenta essencial para a agricultura de precisão, promovendo uma gestão mais inteligente e sustentável dos recursos agrícolas no país.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA DE DADOS E INFORMAÇÕES

Para a presente revisão bibliográfica, foi realizado, em fevereiro de 2024, um levantamento detalhado da regulamentação brasileira, focado na pesquisa e análise da legislação vigente relacionada ao uso de drones de pulverização na agricultura, destacando as normativas específicas e as exigências para sua utilização. Essa etapa envolveu a consulta a fontes oficiais, como portarias, resoluções e diretrizes emitidas por órgãos como o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) e outros relacionados ao setor agrícola e de aviação. As normativas específicas e as exigências para a utilização de drones na pulverização foram destacadas conforme sua relevância para o estudo.

Posteriormente, foi conduzido um levantamento de bulas de agrotóxicos e produtos afins através do acesso ao sistema Agrofit, uma base de dados oficial mantida pelo MAPA. O processo de coleta envolveu a busca de bulas de todos os produtos registrados, utilizando filtros de pesquisa específicos para identificar produtos com recomendações de aplicação terrestre, aérea e via drones de pulverização.

Durante essa fase, foram aplicados critérios específicos para a seleção das bulas. Os critérios de inclusão consideravam bulas que apresentavam recomendações explícitas para qualquer uma das modalidades de aplicação (terrestre, aérea ou via drones). Em contrapartida, foram excluídos da análise os produtos registrados no sistema que não possuíam bula cadastrada ou cujas bulas não especificavam a modalidade de aplicação.

Após a coleta, as bulas selecionadas foram organizadas e classificadas, utilizado o software Microsoft Excel, o que facilitou a categorização eficiente dos documentos e a extração de informações relevantes para a análise subsequente.

3.2 ANÁLISE DAS RECOMENDAÇÕES PRESENTES NAS BULAS

Após a coleta de dados, os produtos registados no Agrofit foram segregados de acordo com a presença, ausência ou não recomendação explícita para aplicação

via drone. Nos casos em que não havia recomendação específica para drones, mas havia recomendação para aplicação aérea, os produtos foram considerados aptos para uso com drones, conforme permitido pela legislação vigente.

As recomendações das bulas foram comparadas e categorizadas de acordo com a classe de produto:

- Acaricida;
- Acaricida Microbiológico;
- Agente Biológico de Controle;
- Ativador de planta;
- Bactericida;
- Bactericida Microbiológico;
- Cupinicida;
- Feromônio;
- Formicida;
- Fungicida;
- Fungicida microbiológico;
- Herbicida;
- Inseticida;
- Inseticida fumigante;
- Inseticida Microbiológico;
- Moluscicida;
- Nematicida;
- Nematicida Microbiológico;
- Regulador de Crescimento.

Além disso, as recomendações foram segregadas pelas principais culturas utilizadas e comparadas com os dados presentes na Conab (Companhia Nacional de Abastecimento), bem como, com os dados do Sindiveg (Sindicato Nacional de Produtos para Defesa Vegetal) sobre a distribuição da área tratada por agrotóxicos por cultura no Brasil.

Por fim, foram analisadas as recomendações de volume de aplicação, expressas em litros por hectare, para cada produto. Para a análise quantitativa das recomendações, foram gerados tabelas e gráficos que facilitaram a visualização e comparação dos volumes de aplicação recomendados (em litros por hectare) para cada produto e modalidade de aplicação. A análise estatística básica foi realizada para calcular médias, medianas e desvios-padrão dos volumes recomendados, destacando as diferenças entre a aplicação terrestre, aérea e via drones de pulverização.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DE LACUNAS E DIFICULDADES

Com base na análise das recomendações presentes nas bulas dos agrotóxicos, foram identificadas diversas lacunas e dificuldades relacionadas à aplicação por ARP. Este levantamento evidenciou áreas onde as informações são escassas ou inexistentes, destacando:

- Produtos que não possuem recomendação específica para aplicação via drone, mesmo que tenham recomendação para aplicação aérea ou terrestre.
- Ausência de diretrizes claras sobre as dosagens e volumes específicos para aplicação por drones, o que pode gerar incertezas na utilização correta e eficiente dessa tecnologia.
- Falta de informações técnicas detalhadas nas bulas sobre a eficácia e segurança do uso de drones em comparação com outros métodos de aplicação.
- Necessidade de mais pesquisas e dados empíricos sobre a eficiência e impacto ambiental da aplicação de agrotóxicos por drones.

Essa etapa final da metodologia é essencial para orientar futuros estudos e o desenvolvimento de regulamentações mais detalhadas e específicas para a aplicação de agrotóxicos via drones, promovendo assim a segurança e a eficácia dessa modalidade na agricultura.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DAS RECOMENDAÇÕES PARA DIFERENTES MÉTODOS DE APLICAÇÃO, COM FOCO NA UTILIZAÇÃO DE DRONES

No presente estudo, foram analisadas 2.891 bulas de agrotóxicos disponíveis no site da Agrofit, com o objetivo de verificar as recomendações específicas para aplicação por diferentes métodos, incluindo a aplicação terrestre, aérea e por drones. A análise foi conduzida de forma a identificar padrões e lacunas nas orientações fornecidas, com foco na aplicação por aeronaves remotamente pilotadas (ARP).

Os resultados da análise das 2.891 bulas são apresentados na Tabela 1, que demonstra a distribuição das recomendações específicas para cada método de aplicação.

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES POR MÉTODO DE APLICAÇÃO

Método de Aplicação	Número de Bulas com Recomendações Específicas
Aplicação Terrestre	2.884
Aplicação Aérea	1.762
Aplicação por Drones	1.634
Total Bulas Analisadas	**2.891**

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A análise revelou que, dentre o total de 2.891 bulas a maioria, um total de 2.884, apresenta recomendações específicas para aplicação terrestre, o que indica que este método continua a ser o mais amplamente abordado nas orientações fornecidas pelos fabricantes.

No que tange à aplicação aérea, 1.762 bulas possuem recomendações para essa modalidade de aplicação, evidenciando uma atenção considerável para este método de aplicação, que é tradicionalmente utilizado em áreas agrícolas extensivas.

Quando se trata da aplicação por drones, uma tecnologia emergente no cenário agrícola, foram identificadas diferentes abordagens nas recomendações das

bulas. Os resultados dessa análise são apresentados na Tabela 2, que detalha as categorias de recomendações encontradas, incluindo bulas que oferecem recomendações flexíveis, aquelas que ainda não recomendam o uso de drones, e as que já prescrevem explicitamente essa tecnologia.

TABELA 2 - RECOMENDAÇÕES IDENTIFICADAS NAS BULAS EM RELAÇÃO AO USO DE DRONES

Tipo de recomendação	Número de Bulas
Flexíveis as recomendações aéreas	1519
Não recomenda o drone	128
Já prescrevem o Drone	115

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A análise revelou que dentre as 1.762 bulas que apresentaram recomendações para aplicação aérea, foi observado que 1.519 bulas possuem recomendações flexíveis que permitem a adaptação para diferentes condições de aplicação.

No entanto, 128 bulas ainda não recomendam o uso de drones para pulverização, o que sugere uma falta de regulamentação específica para essa tecnologia e ausência de protocolos padronizados que orientem as empresas detentoras de registro na condução de estudos com drones, podendo ainda, indicar uma resistência quanto ao uso da tecnologia por essas empresas. Além disso, a diversidade de modelos de drones disponíveis no mercado, cada um exigindo calibrações específicas, torna desafiadora a formulação de recomendações precisas, o que pode levar as empresas a preferirem não recomendar drones em suas bulas.

Por outro lado, 115 bulas já prescrevem explicitamente o uso de drones, totalizando 1.634 bulas que permitem, de alguma forma, a utilização de drones, seja por recomendações específicas ou por mencionarem a aplicação aérea sem restrições quanto ao uso dessa tecnologia e com recomendações flexíveis, como indicado na Tabela 1.

4.2 ANÁLISE DAS RECOMENDAÇÕES POR TIPO DE PRODUTO E MÉTODO DE APLICAÇÃO

Ainda, as bulas foram classificadas de acordo com os tipos produtos, permitindo uma análise mais detalhada das recomendações específicas para cada categoria. Os resultados dessa classificação são apresentados na Tabela 3, que destaca a distribuição das recomendações para aplicação terrestre, aérea e por drones entre os principais tipos de produtos, como herbicidas, fungicidas, inseticidas e inseticidas microbiológicos.

TABELA 3 - DISTRIBUIÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES POR TIPO DE PRODUTO E MÉTODO DE APLICAÇÃO

Produtos	Soma de Terrestre	Soma de aérea	Soma de Drone
Herbicida	1062	784	724
Fungicida	644	409	372
Inseticida	605	340	314
Inseticida Microbiológico	270	136	136
Acaricida	212	124	119
Fungicida microbiológico	91	39	38
Regulador de Crescimento	78	42	38
Agente Biológico de Controle	75	13	13
Acaricida Microbiológico	51	22	22
Nematicida Microbiológico	42	7	7
Formicida	30	3	3
Cupinicida	29	0	0
Bactericida	25	14	14
Nematicida	25	9	9
Feromônio	9	1	1
Bactericida Microbiológico	4	2	1
Ativador de planta	2	1	1
Inseticida fumigante	1	0	0
Moluscicida	1	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Esses dados evidenciam que, entre os produtos analisados, os herbicidas são os que possuem a maior quantidade de recomendações, tanto para aplicação terrestre quanto para aplicação aérea e por drones.

Em seguida, aparecem os fungicidas e inseticidas, com uma distribuição semelhante entre as modalidades de aplicação. A análise por produtos permite identificar padrões específicos e potencialmente desenvolver recomendações mais direcionadas, conforme as características de cada tipo de produto e a tecnologia utilizada na aplicação.

Essa segmentação é essencial para compreender melhor as práticas recomendadas e identificar áreas onde as orientações podem ser aprimoradas, especialmente no que diz respeito ao uso de drones, que se apresenta como uma tecnologia promissora na agricultura moderna.

4.3 ANÁLISE DAS RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÃO POR CULTURA E COMPARAÇÃO COM A ÁREA PLANTADA E TRATADA NO BRASIL

Além da classificação por tipo de produto, as bulas também foram analisadas de acordo com os tipos de cultura. Os resultados são apresentados na Tabela 4, que mostra as recomendações em bula de acordo com o método de aplicação para as principais culturas, como soja, cana-de-açúcar, milho, café e citros.

TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO DAS INDICAÇÕES DE BULA POR TIPO DE CULTURA E MÉTODO DE APLICAÇÃO

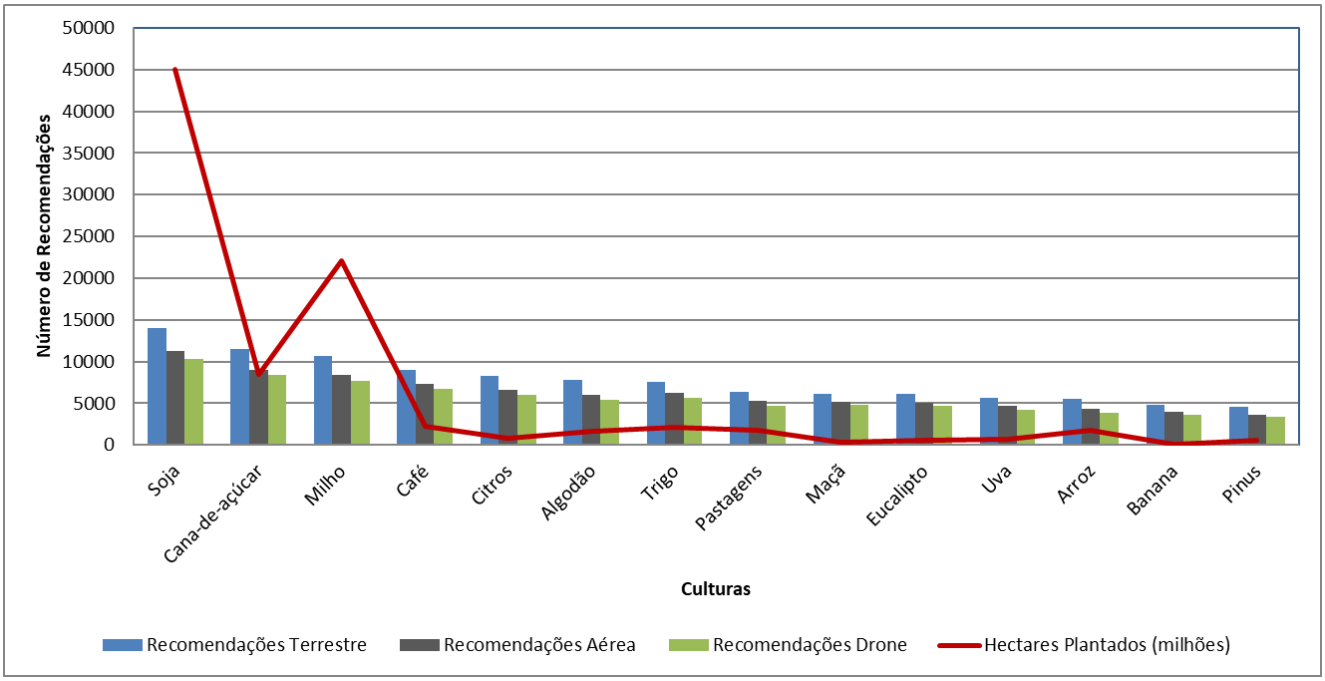
Rótulos de Linha	Terrestre	Aérea	Drone
Soja	14019	11228	10335
Cana-de-açúcar	11462	8997	8386
Milho	10670	8357	7684
Café	9015	7255	6657
Citros	8318	6543	5987
Algodão	7730	5970	5441
Trigo	7576	6273	5632
Pastagens	6407	5302	4699
Maçã	6111	5125	4750
Eucalipto	6063	5010	4684
Uva	5639	4660	4263
Arroz	5533	4279	3814
Banana	4755	3905	3552
Pinus	4593	3575	3369

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Observa-se que a soja é a cultura com o maior número de indicações, tanto para aplicação terrestre quanto para aplicação aérea e por drones, seguida por culturas como cana-de-açúcar e milho.

Esses resultados estão em consonância com os dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), que apontam a soja como a principal cultura do Brasil em termos de área plantada e produção, com uma expectativa de 45 milhões de hectares plantados na safra 2023/2024 e uma produção estimada de 154,6 milhões de toneladas.

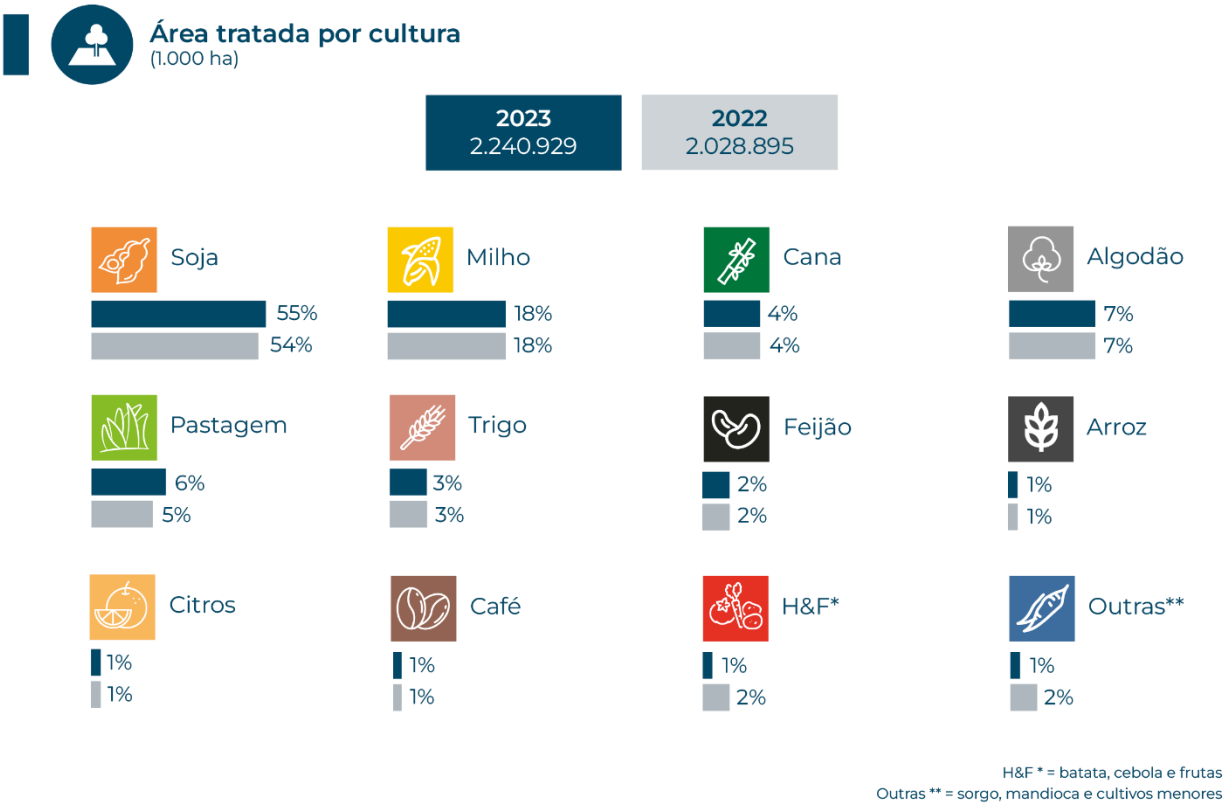
GRÁFICO 1 - COMPARAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES DE APLICAÇÃO POR CULTURA E MÉTODO COM A ÁREA PLANTADA NO BRASIL



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Quando se considera a área tratada por agrotóxicos, conforme mostrado na Figura 1, a soja se destaca ainda mais, representando 55% do total de 2.240.929 (mi/ha) hectares tratados em 2023. Isso ilustra a alta dependência da cultura da soja em relação a tecnologias de manejo, destacando sua importância na agricultura brasileira não apenas em termos de volume de produção, mas também no uso intensivo de tecnologias de proteção de cultivos.

FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA TRATADA POR AGROTÓXICOS POR CULTURA NO BRASIL (2023)



Fonte: Sindiveg (2024)

O milho e a cana-de-açúcar, que seguem a soja em número de recomendações, também refletem sua relevância no contexto agrícola brasileiro, tanto em termos de produção quanto na área tratada por agrotóxicos.

A cana-de-açúcar é a segunda maior cultura em termos de produção, com mais de 8,5 milhões de hectares plantados e uma produção de aproximadamente 637 milhões de toneladas na safra 2023/2024, conforme dados da CONAB, como mostrado no Gráfico 1. De acordo com a Figura 1, a cana-de-açúcar corresponde a 4% do total de 2.240.929 mil hectares tratados em 2023.

O milho, por sua vez, é uma cultura de grande importância, com cerca de 22,1 milhões de hectares plantados, conforme Gráfico 1, e uma produção estimada de 119,4 milhões de toneladas na mesma safra. No que diz respeito a área tratada, o milho representa 18% do total de 2.240.929 (mi/ha) hectares tratados em 2023.

A análise por culturas, em particular, evidencia a importância de adaptar as estratégias de aplicação conforme as especificidades de cada cultivo, promovendo

um uso mais eficiente e seguro das tecnologias disponíveis, como a aplicação por drones.

4.4 ANÁLISE COMPARATIVA DOS VOLUMES DE APLICAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES MÉTODOS DE APLICAÇÃO: TERRESTRE, AÉREO E DRONES

Dentro dos 115 produtos que prescrevem explicitamente o uso de drones para aplicação, 97 deles foram identificados como aplicáveis nos três tipos de equipamentos de aplicação: terrestre, aéreo e drone. Esse grupo foi então selecionado para uma análise mais detalhada, focando nas recomendações de volume de aplicação para cada modalidade.

Para cada um dos 97 produtos, as recomendações de volume de aplicação para os três métodos foram coletadas e comparadas. Essa análise permitiu identificar as variáveis de volume associadas a cada modalidade de aplicação, destacando as diferenças e semelhanças nas exigências de volume entre a aplicação terrestre, aérea e por drones. Os resultados da análise estão expressos na Tabela 5.

TABELA 5 – RECOMENDAÇÕES DE VOLUME DE APLICAÇÃO (L/HA) POR MÉTODO DE APLICAÇÃO

Volume de aplicação	Recomendações em bula		
(L/ha)	Drone	Avião	Terrestre
5	0	2	0
10	33	26	0
15	13	27	1
20	43	66	1
30	1	66	1
40	0	59	1
50	7	44	2
70			5
80			9
90			9
100			48

150			65
200			86
250			67
300			67
350			47
400			46
500			31
600			30
700			29
800			28
900			27
1000			24
2000			4

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Os volumes recomendados para aplicação terrestre mostraram a maior variação, com valores que variaram de 15 L/ha até 2000 L/há, sendo que apenas uma recomendação foi registrada para volumes de 15 L/ha e 20 L/ha. A análise revelou que o volume mais frequentemente recomendado para a aplicação terrestre é significativamente maior, sendo de 200 L/ha.

Essa análise mostrou que a aplicação terrestre, conforme esperado, tende a ser recomendada para volumes maiores.

Os volumes de aplicação aérea variaram consideravelmente entre os produtos, com valores que normalmente variam entre 5 L/ha e 50 L/ha, sendo que apenas uma recomendação foi registrada para volumes de 5 L/ha. Essa análise mostrou que o volume de 20 L/ha é o mais recomendado para a aplicação aérea, com 66 recomendações. Com isso, percebemos que essa modalidade requer volumes médios de aplicação, equilibrando a necessidade de cobertura e eficiência na distribuição do produto.

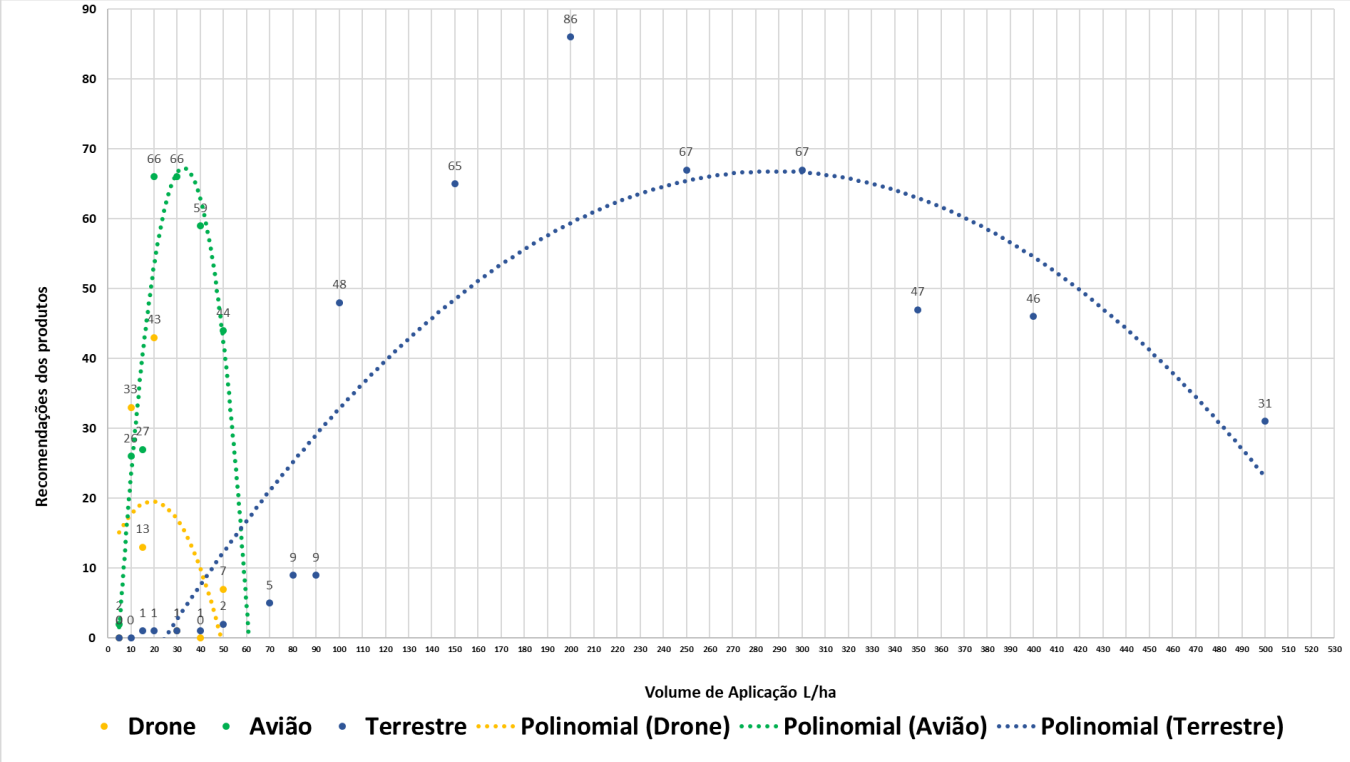
Para a aplicação por drones, os volumes recomendados foram geralmente menores, com uma faixa que variou entre 10 L/ha e 50 L/ha, sendo que apenas 7 produtos foram recomendados para volumes de 50 L/ha. O volume de aplicação mais recomendado para drones é de 20 L/ha, com 43 recomendações em bula. Observa-

se que volumes de 10 L/ha também têm um número significativo de recomendações, 33 recomendações. Volumes maiores, como 30 L/ha, apresentam uma quantidade reduzida de recomendações, indicando que volumes menores são preferidos para a aplicação por drones.

Esse menor volume uma tendência de otimização do uso de produtos químicos para maximizar a eficiência com menor quantidade de insumo, evidenciando a capacidade dos drones de realizar aplicações mais precisas e localizadas, maximizando a eficiência do uso dos produtos e minimizando o desperdício.

Em geral, volumes maiores são observados para aplicações terrestres, enquanto volumes menores são recomendados para drones e, em alguns casos, para a aplicação aérea, como evidencia o Gráfico 2.

GRÁFICO 2 - ANÁLISE COMPARATIVA DOS VOLUMES DE APLICAÇÃO RECOMENDADOS PARA DRONES, AVIÕES E EQUIPAMENTOS TERRESTRES



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A comparação direta entre os três métodos de aplicação mostrou que a aplicação por drones se destaca pelo menor volume de calda necessário. Ao analisarmos as linhas de tendência das três modalidades de aplicação, concluímos

que as recomendações de volume de calda para aplicação por drones para cobrir uma mesma área são, em média, 14 vezes menores em comparação às recomendações de volume de calda para aplicação terrestre.

Esses dados sugerem que os drones podem ser uma opção mais econômica e sustentável para o manejo de culturas. A aplicação por drones, além de utilizar volumes menores de calda, também minimiza a deriva, devido à sua capacidade de voar a baixas altitudes e aplicar os produtos de forma mais precisa e controlada. Isso resulta em uma distribuição mais eficiente da calda, garantindo que o produto atinja a área-alvo com maior precisão, o que contribui para uma redução significativa do impacto ambiental.

Em contrapartida, a aplicação terrestre, embora mais variável, geralmente exige maiores volumes, o que pode resultar em maior consumo de produtos, dependendo das condições específicas de cada operação. A aplicação terrestre também está mais sujeita a problemas de uniformidade na distribuição e maior risco de deriva, especialmente em condições adversas de vento e terreno irregular.

A escolha do método de aplicação tem um impacto direto na quantidade de produto aplicado e nos resultados obtidos. Métodos mais tradicionais, como a aplicação terrestre, tendem a utilizar mais produto, enquanto métodos mais modernos, como a aplicação por drones, podem alcançar resultados semelhantes com menos insumos. Isso não só reduz o consumo de agrotóxicos, mas também diminui o impacto ambiental, devido ao uso mais eficiente dos recursos e à minimização de resíduos no ambiente.

Esses resultados destacam a importância de escolher o método de aplicação mais adequado, considerando não apenas a eficiência do produto, mas também o volume necessário para uma aplicação eficaz. O uso de drones, em particular, se mostra promissor para otimizar a quantidade de produto aplicada, oferecendo uma alternativa eficiente tanto em termos de cobertura quanto de economia de recursos, além de promover práticas agrícolas mais sustentáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma análise das recomendações em bulas de agrotóxicos para aplicação por drones de pulverização no cenário agrícola brasileiro. A partir da análise de 2.891 bulas disponíveis no sistema Agrofit, foi possível identificar que a aplicação terrestre continua a ser a modalidade mais amplamente recomendada nas bulas, refletindo a predominância e a familiaridade deste método no cenário agrícola brasileiro. No entanto, também foram identificados desafios na inclusão de drones em bulas, evidenciado pelos 128 casos em que as bulas não recomendam o uso dessa tecnologia e as 1.519 bulas que, embora sejam flexíveis, não trazem recomendações específicas para o uso de drones.

A falta de regulamentação específica e de protocolos padronizados, aliada à diversidade de modelos de drones disponíveis no mercado, que exigem calibrações específicas, dificulta a formulação de recomendações precisas.

A ausência de diretrizes claras para o uso de drones na aplicação de agrotóxicos sugere a necessidade urgente de regulamentações que considerem as particularidades operacionais desses dispositivos e forneçam diretrizes para a condução de testes e estudos com essa tecnologia. A falta de normativas detalhadas limita a expansão dessa tecnologia e gera incertezas quanto à sua aplicação segura e eficiente.

Mas, ainda assim, observou-se uma crescente inclusão de drones em recomendações específicas, em 115 casos, o que pode indicar uma mudança gradual em direção a tecnologias mais modernas e eficientes.

Além disso, o estudo revelou que a maior parte das recomendações de aplicação por drones está associada a herbicidas, refletindo a importância do controle de plantas daninhas na agricultura brasileira. Isso ocorre porque o controle de plantas daninhas e invasoras representa um dos maiores desafios na agricultura, exigindo frequentes intervenções para garantir a produtividade das culturas. A alta demanda por controle eficaz dessas plantas, que competem diretamente com as culturas por recursos como água, luz e nutrientes, faz com que os herbicidas sejam amplamente recomendados em diversas modalidades de aplicação, buscando maximizar a eficiência do manejo agrícola. Esse fato reforça o potencial dos drones em áreas onde o controle de pragas é essencial para a manutenção da produtividade agrícola.

A análise das recomendações de aplicação por cultura, comparada com a área plantada e tratada no Brasil, revelou que a soja, a cana-de-açúcar e o milho são as culturas com o maior número de indicações para aplicação por drones. Esses resultados refletem a relevância dessas culturas no cenário agrícola nacional e a necessidade de adotar práticas mais modernas e eficientes para o manejo fitossanitário. Dados CONAB e do Sindiveg confirmam a importância dessas culturas, com a soja destacando-se não apenas em termos de área plantada, mas também como a cultura com a maior área tratada por defensivos agrícolas. Isso reafirma sua posição central na agricultura brasileira, onde o uso de tecnologias avançadas, como drones, é cada vez mais crucial para otimizar a produção e garantir a sustentabilidade.

A análise comparativa dos volumes de aplicação demonstrou que os drones utilizam volumes significativamente menores de calda em comparação aos métodos tradicionais, como a aplicação terrestre e aérea. Além de otimizar o uso de agrotóxicos, essa eficiência contribui para a redução do impacto ambiental, uma vez que a aplicação correta por drones tende a minimizar a deriva, garantindo que os produtos atinjam com maior precisão a área-alvo. Isso resulta em menor dispersão de agrotóxicos no ambiente e reduz a contaminação de áreas não cultivadas, destacando os drones como uma solução promissora para o manejo sustentável na agricultura.

Para os reguladores, é fundamental a criação de uma regulamentação específica que contemple as especificidades dos drones, fornecendo diretrizes para a condução de testes e para a inclusão de recomendações nas bulas. Essa regulamentação deve ser desenvolvida em colaboração com a indústria e com pesquisadores, garantindo que seja prática e aplicável.

Em conclusão, a adoção de drones na agricultura brasileira é uma tecnologia promissora, mas que ainda enfrenta desafios significativos, tanto técnicos quanto regulatórios. Os dados apresentados destacam uma transição em curso, onde, embora a maioria das recomendações ainda seja adaptada da aplicação aérea convencional, há uma tendência de inclusão de drones como uma opção viável e recomendada. Esse movimento é fundamental para a modernização da agricultura, proporcionando mais precisão e eficiência no uso de agrotóxicos.

A necessidade de mais pesquisas e de regulamentações mais detalhadas é evidente para que o uso de drones possa se consolidar como uma prática segura, eficiente e sustentável na agricultura brasileira.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados apresentados neste estudo, recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados sobre a regulamentação específica para o uso de drones na agricultura, com ênfase na criação de diretrizes claras e detalhadas que considerem as particularidades operacionais desses equipamentos.

Sugere-se focar nos produtos que demonstraram maior eficácia na aplicação por drones, com o objetivo de estudar mais detalhadamente as dosagens e o número ideal de aplicações para cada cultura específica. Além disso, há uma necessidade de estudos que foquem na avaliação da deriva e do consumo de recursos, proporcionando uma visão mais completa das vantagens do uso de drones no manejo sustentável da agricultura.

A realização de testes de campo em diferentes condições climáticas e geográficas também é sugerida, para avaliar a eficácia dos drones em variados contextos agrícolas.

Tais estudos podem fornecer dados valiosos sobre a eficiência do uso de drones em comparação com métodos tradicionais, como a aplicação terrestre e aérea, contribuindo para uma melhor compreensão dos benefícios e limitações dessa tecnologia.

Outra recomendação é a realização de pesquisas que explorem as percepções e as barreiras enfrentadas pelas empresas detentoras de registro de agrotóxicos em relação à inclusão de recomendações para drones em suas bulas. Compreender esses desafios pode ajudar a formular protocolos padronizados de calibração e operação de drones para garantir a precisão e a segurança na aplicação de agrotóxicos.

Finalmente, a integração de análises econômicas que avaliem o custo-benefício do uso de drones em comparação com métodos tradicionais pode fornecer insights valiosos para agricultores e empresas do setor.

Estudos futuros devem, portanto, considerar tanto a eficácia técnica quanto a viabilidade econômica do uso de drones na agricultura. Essas visam não apenas preencher as lacunas identificadas neste estudo, mas também promover a evolução contínua e segura da utilização de drones na agricultura, contribuindo para a sustentabilidade e a eficiência do setor agrícola brasileiro.

REFERÊNCIAS

ABBOUD, A. C. S. Introdução à Agronomia. 1º ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013, p. 71.

ANTUNIASSI, Ulisses Rocha *et al.* Entendendo a tecnologia de aplicação. 3. ed. rev. ampl. Botucatu: FEPAF, 2022, p. 10.

BITTENCOURT, M. Drones agrícolas: tudo sobre essa inovação e como ela pode ser utilizada hoje. 2023. Disponível em: https://blog.aegro.com.br/drones-agricolas/?utm_source=fb&utm_medium=cpc&utm_campaign=Blog+Post+Lookalike&utm_term=LAL+-+tempo+no+blog+%E2%80%93+2&utm_content=Drones+agr%C3%ADcolas&fbclid=IwAR161j20CzXRHUO6ft0JLCmaAHde4f3QHyJm92MDZzFX6A73xhV-RwQcSUg. Acesso em: 19 ago. 2024.

CARVALHO, F. K., *et al.* Entendendo a Tecnologia de Aplicação: Aviões, Helicópteros e Drones de Pulverização. Botucatu: FEPAF, 2021, p. 10 – 35.

CARVALHO, R. S. Impactos das mudanças propostas pelo Projeto de Lei nº 6.299/2002 sobre a regulamentação de agrotóxicos no Brasil. Revista de Direito Ambiental, v. 25, n. 2, p. 87-104, 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 465, de 2014. Disponível em: http://www.mma.gov.br. Acesso em: 29 jun. 2024.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). *Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos, Safra 2023/24 – Décimo Levantamento*. Brasília: CONAB, 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras. Acesso em: 19 ago. 2024.

FREITAS, J. A. A necessidade de um sistema regulatório dinâmico para agrotóxicos no Brasil. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 14, n. 1, p. 74-89, 2019.

FUNDAÇÃO JOAQUIM NABUCO (FUNDAJ). Drones agrícolas: tudo sobre essa inovação e como ela pode ser utilizada hoje. 2023. Disponível em: https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/tecnologias-de-convivencias-com-as-secas/drones-agricolas-tudo-sobre-essa-inovacao-e-como-ela-pode-ser-utilizada-hoje-1. Acesso em: 19 ago. 2024.

MENDES, L., *et al.* Economia e Regulação dos Agrotóxicos: Implicações para o Desenvolvimento Sustentável, v. 5, n. 2, p. 113-134, 2023.

MOSSMANN, A. J., *et al.* Manual Teórico e Prático da Atividade Aeroagrícola no Brasil. Passo Fundo: Passografic, 2023, p. 35 – 40.

OLIVEIRA, L. S., *et al*. Drones na agricultura: uso potencial, regulamentação e desafios. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 22(10), p. 724-731, 2018.

RIBEIRO, J., ALMEIDA, F. Governança Ambiental e Uso de Agrotóxicos: Uma Nova Perspectiva, v. 18, n. 4, p. 88-102, 2022.

SANTOS, C. D. Regulação de agrotóxicos e sustentabilidade agrícola no Brasil. Editora Senac. 2021

SILVA, A. B. Aplicações de drones na agricultura de precisão: uma revisão. Embrapa Instrumentação, Documentos 91. 2020.

SILVA, M. P. A evolução da legislação de agrotóxicos no Brasil e seus impactos na segurança alimentar. Revista de Políticas Agrícolas, v. 20, n. 3, p. 43-58, 2018.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA VEGETAL. Mercado Total. Disponível em: https://sindiveg.org.br/mercado-total/. Acesso em: 19 ago. 2024.