



Revista Brasileira de Aviação Civil & Ciências Aeronáuticas

Artigos

AVIAÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL: INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E DESAFIOS PARA SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO

Anna Paula Bechepeche¹

João Augusto Valente Brandão Moura²

RESUMO

A aviação agrícola desempenha um papel crucial na agricultura nacional ao auxiliar no combate à cultura de pragas, na aplicação eficiente de fertilizantes e outros produtos, combate ao incêndio, entre outros. O artigo explora diversos aspectos positivos e negativos da aviação de pulverização, desde os impactos causados pela má percepção da sociedade até os benefícios resultantes da adoção de tecnologias modernas como resposta a esses desafios de mercado, como a integração de sistemas de posicionamento global diferencial acoplado com a automação do controle de fluxo, o uso de Drones e equipamentos de deposição eletrostática. O estudo ressalta a importância dessas tecnologias para aumentar a eficiência no trabalho e combater os impasses de proibição da aviação agrícola dentro do país, assim ela ajuda o meio ambiente e o ser humano, ao mesmo tempo em que mostra as suas vantagens para a indústria agrícola. O texto possui um contexto histórico voltado para o início da aviação agrícola e utilização dos seus equipamentos. O trabalho também traz as legislações para implementação das tecnologias, demonstrando a burocracia necessária para eficiência e sustentabilidade na produção. Por último, a aviação agrícola é uma área promissora que necessita de comprovação quanto a sua eficiência. Esta pesquisa possui uma vasta gama de experimentos que buscam analisar a eficiência que essas tecnologias têm para o aumento das produções dentro das lavouras, bem como a ineficiência da proibição da aviação agrícola no Brasil. A abordagem envolve revisar a literatura sobre as práticas em vigor e examinar exemplos que ilustram como as tecnologias são eficientemente aplicadas no setor aéreo, considerando também os seus desafios quanto a sua percepção na sociedade. O artigo opera por meio de revisão bibliográfica, com análise de dados de forma qualitativa.

Palavras-chave: Aviação Agrícola; Meio Ambiente; Tecnologia; Sustentabilidade; Eficiência.

¹ Graduada em Física pela Universidade Federal de Goiás (1988), Mestre em Física pela Universidade de São Paulo (1991), Doutora em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Atualmente é professora efetiva na Pontifícia Universidade Católica de Goiás e na Universidade Estadual de Goiás. Possui experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada. E-mail: abechepeche@yahoo.com.br

² Aluno Graduando do Curso de Ciências Aeronáuticas. PUC-GO. E-mail: joaoavbm@gmail.com

AGRICULTURAL AVIATION IN BRAZIL: TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND CHALLENGES FOR SUSTAINABILITY AND EFFICIENCY IN PRODUCTION

ABSTRACT

Agricultural aviation plays a crucial role in national agriculture by helping to combat crop pests, efficiently apply fertilizers and other products, fight fires, among others. The article explores several positive and negative aspects of spray aviation, from the impacts caused by society's poor perception to the benefits resulting from the adoption of modern technologies as a response to market challenges such as the integration of differential global positioning systems coupled with flow control automation, the use of drones and electrostatic deposition equipment. The study highlights the importance of these technologies to increase work efficiency and combat the impasses of banning agricultural aviation within the country, thus helping the environment and human beings, at the same time as showing its advantages for the agricultural industry. The text has a historical context focused on the beginning of agricultural aviation and the use of its equipment. The work also presents legislation for implementing technologies, demonstrating the bureaucracy necessary for efficiency and sustainability in production. Finally, agricultural aviation is a promising area that requires proof of its efficiency. This research has a wide range of experiments that seek to analyze the efficiency that these technologies have in increasing production within crops, as well as the inefficiency of the ban on agricultural aviation in Brazil. The approach involves reviewing the literature on current practices and examining examples that illustrate how technologies are efficiently applied in the airline sector, also considering their challenges regarding their perception in society. The article operates through a bibliographic review, with qualitative data analysis.

Keywords: Agricultural Aviation; Environment; Technology; Sustainability; Efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da atividade agrícola, a técnica e as ferramentas para garantir suas produções evoluíram exponencialmente, atualmente integrando novas tecnologias e maquinários robustos e modernos. Com o passar dos anos, a aviação agrícola foi introduzida como uma ferramenta fundamental para atender à crescente demanda por alimentos em todo o mundo, especialmente em países de grandes escalas, como o Brasil.

A pulverização aérea desempenha um papel vital no setor, permitindo aplicações eficientes em grandes áreas de terra, em curtos períodos. Essa técnica de aplicação aérea é relevante em culturas como soja onde a rapidez e a cobertura uniforme são essenciais para garantir uma boa colheita da safra. Além disso, a pulverização aérea contribui diretamente para o combate da cultura de pragas e doenças, que é considerada nociva para regiões tropicais, como o território brasileiro, protegendo as plantações e garantindo maior produtividade.

O mercado de pulverização aérea demonstra prosperidade em solo brasileiro, visto que o país possui grandes áreas de terras produtivas e o PIB nacional é composto fortemente pelo setor agropecuário, porém ele enfrenta alguns desafios que impedem o crescimento e desenvolvimento da área. Um dos desafios impostos está relacionado a pressão social, que tem levado a intervenções da atividade de pulverização aérea na região do Ceará, juntamente à burocracia da utilização de equipamentos que a tornam ainda mais eficiente e produtiva. Os operadores possuem uma alta demanda quanto à capacitação e uma criteriosa regulamentação que, apesar de coexistirem para a segurança das operações e dos recursos naturais, acabam se tornando um ponto negativo para o mercado atual.

Como uma forma de resposta aos impactos negativos no mercado, a aviação agrícola adotou um extenso leque de implementações que são capazes de torná-la mais eficiente e sustentável. Esta adoção, quando aliada ao uso de equipamentos tecnológicos adaptados com a modernidade, visa aumentar a produção agrícola, enquanto diminui os problemas de contaminação e deriva do produto aplicado, a causa dessas pressões sociais. Dentro desta gama de opções,

tanto as ciências aeronáuticas quanto as ciências agrárias exploram o uso de sistema de navegação satelital, sistemas reguladores de vazão, e aeronaves remotamente controladas para o monitoramento e pulverização de insumos, garantindo a agilidade quanto ao combate à cultura de pragas e análise das condições atuais da lavoura, possibilitando um melhor manejo da produção.

Apesar de haver uma tendência do mercado em investir nestes novos equipamentos tecnológicos, é preciso ter uma comprovação quanto à sua eficiência. Entende-se o quão importante é unir a tecnologia e a sustentabilidade, porém a análise da efetividade e eficiência na produção é crucial, visto que o objetivo maior é assegurar que as produções agrícolas garantam uma boa safra. O estudo em questão visa entender a respeito destes desafios e impactos, ao mesmo tempo, ressaltando os benefícios e oportunidades da implementação tecnológica dentro do setor de aviação agrícola.

2 REVISÃO TEÓRICA

O agronegócio é um ramo que possui uma vasta importância e compõe grande parte da economia, atualmente representando 21,5% do PIB do território nacional (CEPEA, 2024), porém é necessário que o setor adote diversas técnicas e investimentos para se obter uma boa produção. Visto que o Brasil é um país situado na região tropical, o combate à cultura de praga é algo que deve estar sempre caminhando junto da produção, porque entende-se o quanto ela pode comprometer o rendimento da safra (BRASIL, 2020).

A aviação de pulverização agrícola, ou somente aviação agrícola, tem como função ser uma ferramenta eficiente do setor agroalimentar, dado que ela busca proteger as lavouras auxiliando o desenvolvimento da agricultura por meio de aplicações aéreas de alguns produtos, como: fertilizantes, e defensivos contra pragas, como inseticidas, fungicidas e herbicidas. Além disso, ela também tem capacidade de realizar técnicas de semeaduras e povoamento de lagos e rios com peixes. Paralelamente, ela possui a atividade de combate ao incêndio devido ao aproveitamento de distribuição da carga pulverizada em larga escala (BRASIL, 2020).

Devido à sua grande capacidade operacional, a aviação agrícola se destaca quanto ao manejo de grandes áreas em um curto espaço de tempo, por consequência, ela possibilita este manejo no tempo mais oportuno para o controle de pragas (SINDAG, 2020).

As tendências futuras na aviação agrícola indicam um crescente interesse no uso de drones e aeronaves não-tripuladas. De acordo com Machado (2024), com essas tecnologias, a realização de bordaduras e aplicações próximas a áreas de reserva ambiental demonstra ser eficaz.

Com suas diversas aplicações, a aviação agrícola se apresenta como uma excelente opção para aqueles que procuram a modernização em prol da produtividade. Bursztyn (2020) destaca que o desenvolvimento de tecnologias agrícolas tem um papel fundamental na promoção do desenvolvimento sustentável em regiões com alguns desafios na atividade, como o semiárido brasileiro.

2.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA AVIAÇÃO AGRÍCOLA

A aviação agrícola brasileira teve seu início em 1947, quando foi realizado o primeiro voo na região de Pelotas-RS. Os responsáveis pela aplicação aérea foram o engenheiro-agrônomo Leoncio Fontelles e o piloto Clovis Candiota. Na época, a região estava enfrentando uma forte praga de gafanhotos, e os produtores estavam perdendo suas culturas para os insetos. Assim, eles propuseram a ideia de instalar em um Biplano, modelo Muniz M9, do Aero clube de Pelotas, um equipamento encomendado por Fontelles. A operação foi efetiva, eliminando a praga da região aplicada (BRASIL, 2020).

Em seguida, temos o dia 19 de abril de 1989, um dos dias mais importantes para o meio, quando o presidente à época, José Sarney, instituiu o Dia Nacional da Aviação Agrícola ao assinar o decreto n.º 97.669/1989. Outro marco importante para a aviação agrícola na esfera política foi a regulamentação do Decreto federal n.º 86.765/1981, o qual foi responsável por estabelecer os equipamentos que seriam aprovados na instalação de aeronaves agrícolas (Araújo, 2018).

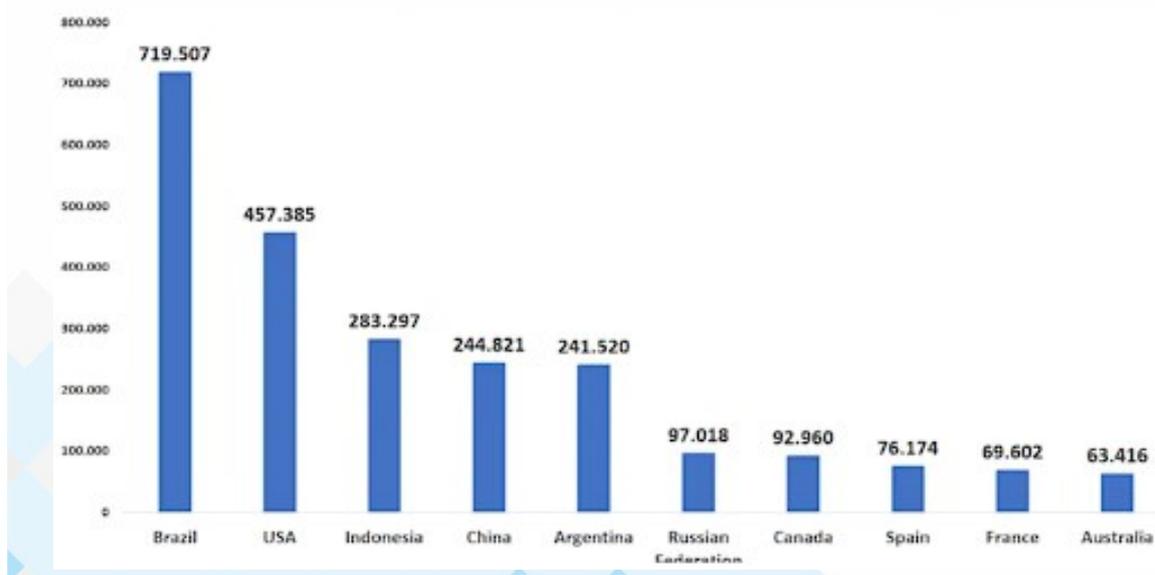
A partir da década de 90, houve uma expressiva evolução das tecnologias, com a criação de alguns equipamentos atualmente são destaque na aviação

agrícola, como o Sistema DGPS. De acordo com Araújo (2018), o primeiro voo utilizando o sistema DGPS teve seu registro no dia 20 de junho de 1995 em uma semeadura no município de Pedro Osório-RS. Já na atualidade, de acordo com o Sindicato Nacional das Empresas da Aviação Agrícola (2020), o setor de pulverização aérea nacional, advindo dos avanços, é hoje considerado um dos melhores do mundo, em termos de quantidade de aeronaves, tecnologia de aplicação e segurança operacional.

2.2 DESAFIOS DA AVIAÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL

Atualmente, a aviação, apesar de dispor da segunda maior frota de aviões agrícolas do mundo (SINDAG, 2020), também é o maior consumidor de agrotóxicos. Levantamentos recentes realizados pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) mostram que, no ano de 2021, segundo a organização, foram aplicadas 719,5 mil toneladas de defensivos contra pestes dentro das lavouras nacionais. No mesmo ano deste estudo, a China, um país que possui uma grandeza populacional quase 7 vezes maior que o Brasil, aplicou 244 mil toneladas. A Figura 1 a seguir ilustra a classificação dos países líderes no uso de agrotóxicos no ano de 2021 (Konchinski, 2024).

Figura 1 – Tabela do ranking de países usuários de agrotóxicos no mundo



Fonte: Konchinski, 2024.

Consoante a mesma organização, atualmente o Brasil lidera como o país mais usuário desses defensivos, o que mostra uma deficiência quanto à sustentabilidade do setor agrícola. O problema atualmente presenciado pela aviação de pulverização, em decorrência dessas notícias, é a percepção negativa da sociedade em relação ao uso de defensivos aplicados por aeronaves.

A preocupação com a deriva de produtos e os possíveis impactos à saúde humana e ao meio ambiente muitas vezes gera resistência ao uso da aviação e suas tecnologias. Becker (2021) afirma que o setor aero agrícola sempre foi muito exposto a esse tipo de percepção justamente pelas aeronaves operarem à vista sobre as plantações. Esta má percepção cria ações precipitadas que causam o impacto direto do mercado de pulverização aero agrícola.

2.2.1 Proibição da Aviação Agrícola no Brasil

Contemporaneamente, a pulverização aérea tem gerado algumas controvérsias de forma global. Alguns países, como Eslovênia e Holanda, já realizaram a proibição de pulverização de defensivos por meio da aviação. No ano de 2009, o Parlamento Europeu, por meio da Directive 2009/128/EC¹³, em seu 9º artigo, aprovou uma série de normas para o uso dos agrotóxicos, restringindo totalmente a pulverização aérea (PARLAMENTO EUROPEU, 2009). Ainda existem algumas ocasiões que são consideradas exceções quando autorizadas pelo órgão competente, assim o decreto afirma:

[...]A pulverização aérea de pesticidas é susceptível de prejudicar significativamente a saúde humana e o ambiente, nomeadamente devido ao arrastamento da pulverização. A pulverização aérea deverá, portanto, ser geralmente proibida, sendo admitidas derrogações apenas se apresentar vantagens claras, reduzindo os efeitos na saúde humana e no ambiente em comparação com outros métodos de pulverização, ou se não existirem alternativas viáveis, desde que se recorra à melhor tecnologia disponível para reduzir o arrastamento da pulverização (PARLAMENTO EUROPEU, 2009).

Alguns processos já haviam sido feitos dentro do Brasil, como no Rio Grande do Sul em 2014 com o PL n.º 263/2014, porém atualmente a proibição está se tornando realidade em alguns Estados.

Com isso, os últimos dados mostram um retrocesso para o mercado da aviação agrícola no Brasil. No ano de 2018, a Assembleia Legislativa do Ceará aprovou a Lei n.º 16.820/2019 ou “Lei Zé Maria do Tomé”, a qual denomina a total proibição da pulverização aérea no estado do Ceará. A lei recebeu este nome, pois “Zé Maria” foi um ambientalista morto em 2010 por denunciar os efeitos nocivos do uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada da Chapada do Apodi. A justificativa para a constituição da lei foi justamente pela denúncia da intensa contaminação hídrica através de defensivos aplicados supostamente pela pulverização aérea em comunidades da Chapada do Apodi (Almeida 2023).

Em um dos estudos utilizados para o apelo, realizado pela Universidade Federal do Ceará, identificaram-se vários princípios ativos em 46 amostras de água para consumo humano coletadas da Chapada do Apodi. Dentre esses produtos, foram constatados a presença de: Fungicida Fosetil e Procimidona, herbicida Tetraloxidim e Flumioxacin e do inseticida Cabaril. Estes são defensivos comumente encontrados em plantações de abacaxi, melão e banana e são considerados nocivos para o ser humano (Pontes, 2017).

A conclusão dessas análises considerou que os dados coletados foram suficientes para viabilizar o adoecimento das famílias nas comunidades da região da Chapada do Apodi na região do Ceará (Pontes, 2017):

A Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) tentou criar uma ação contra a lei, alegando que é uma competência da União, e não do estado do Ceará, legislar sobre o tema, porém o Supremo Tribunal Federal manteve a validade da lei até então (Almeida, 2023).

Com isso, a aviação agrícola teve o seu mercado diretamente afetado, visto que um Estado por inteiro teve o banimento de sua atividade aérea, e os resultados desse banimento serão evidenciados futuramente.

2.3 A UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA NA AVIAÇÃO AGRÍCOLA

A aviação agrícola atualmente possui várias oportunidades no mercado, especialmente em regiões onde a agricultura é um dos pilares da economia. A grande eficiência no combate à cultura de pragas e a capacidade de cobrir

grandes áreas de forma uniforme rapidamente criaram a necessidade da pulverização aérea se tornar ferramenta para responder a essas demandas de larga escala. Machado (2024) ressalta que a tecnologia na aplicação permite uma maior produtividade, e em algumas culturas a aplicação aérea pode ser demasiadamente mais rápida e eficiente em comparação à aplicação terrestre, o que resultou em uma preferência do mercado.

As inovações tecnológicas não só possuem um potencial para transformar a forma como a aviação agrícola é utilizada, mas também servem como uma maneira de enfrentar esses impasses atuais a respeito da proibição da aviação agrícola no país. O uso de drones e a automação das operações aumentam a eficiência da produção, enquanto mitigam os danos ao meio ambiente por conta da sua agilidade e precisão no trato das culturas. Machado (2024) observa que atualmente existem variados modelos de tecnologias no mercado, com diferentes preços, autonomies e eficiências. Esses avanços tecnológicos têm o potencial de tornar a aviação agrícola mais viável em regiões como o semiárido brasileiro que atualmente são de difícil acesso (Bursztyn, 2020).

Por outro lado, a implementação de todos esses equipamentos e serviços precisa de uma análise aprofundada a respeito da sua eficiência quanto à produtividade, à precisão, à mitigação de danos ao meio ambiente e à burocracia para implementação, a função que cabe ao estudo.

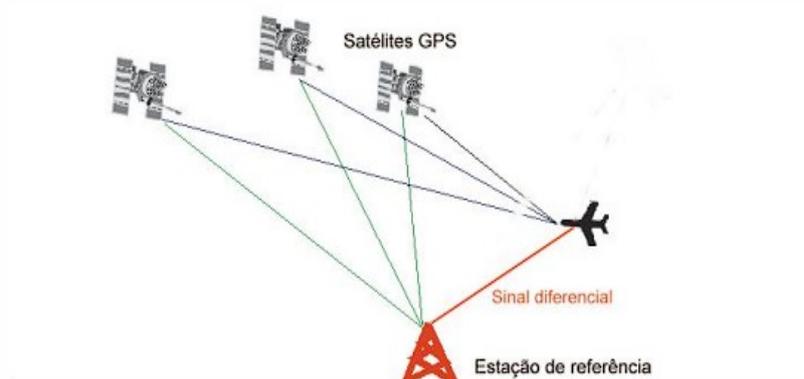
2.3.1 Sistema DGPS e Automação do Controle de fluxo

Para entender o Sistema de GPS Diferencial, é preciso ter o conhecimento breve a respeito do funcionamento do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Ele caracteriza-se por um sistema que se fundamenta na triangulação de dados. O contato é feito por sinais de radiofrequência via satélite, captados por uma antena pelo ponto receptor, e analisadas e processadas por um computador que vai transformar em informações legíveis para o usuário (Araújo, 2005).

O Sistema de GPS Diferencial na forma originária também utiliza dos mesmos fundamentos do anterior, porém a diferença entre eles é que o sistema recebe informações de outro receptor de GPS fixo em um ponto de coordenadas

conhecidas (Figura 2). O receptor fixo é designado por “Estação de Referência”. O computador então analisa as informações dos sinais do satélite e da estação de referência. Assim, ele calcula os erros de cada informação obtida para informar ao usuário a coordenação mais precisa possível.

Figura 2 – Funcionamento do DGPS



Fonte: Araújo, 2005.

Na aviação de pulverização, o uso de sistemas de posicionamento global diferencial (DGPS) visa orientar o piloto na aplicação dos produtos em faixas de forma paralela e espaçada, que é uma condição no serviço da aviação (Araújo, 2005).

O piloto recebe a orientação de uma “Barra de luz” instalada no painel da aeronave. Esta barra possui duas luzes que indicam ao mesmo tempo, a direção, a distância e a angulação da faixa, para assim mostrar de forma precisa o local da aplicação. Para isso, o piloto precisa fazer as marcações desses pontos para que o Sistema DGPS calcule as faixas e oriente de forma correta. O piloto, alinhado sobre a primeira faixa, faz a marcação do “Ponto A” e, no fim do trecho desta primeira faixa, é denominado o “Ponto B”. Utilizando o método padrão, a marcação do “Ponto C” é realizada na extremidade oposta da área, informando assim a largura total desta área. (Araújo, 2005)

Figura 3 – Aplicabilidade do DGPS na Aviação Agrícola



Fonte: Google Earth, 2024.

Juntamente com este sistema, os fabricantes mais modernos dessa tecnologia dispõem o sistema de controle de fluxo automatizado, um equipamento com a capacidade de informar o DGPS sobre a velocidade do avião em relação ao solo, assim a própria automação acoplada realiza o ajuste da vazão do produto (litros/minuto). O controlador é composto por: caixa de controle, medidor de vazão, válvula elétrica e as conexões. O medidor de vazão fica instalado na tubulação depois da válvula de controle mecânico, a "By-pass". A caixa de controle com acionamento elétrico se interliga ao Sistema DGPS e ao medidor de vazão. Dessa forma, o sistema configura o melhor tipo de faixa, sem desperdiçar o produto, o que acaba sendo tanto efetivo à produção, quanto sustentável para o meio ambiente (Araújo, 2005).

2.2.2 Drones de Mapeamento e Pulverização

Os drones ou veículos aéreos não-tripulados (VANT) são aeronaves controladas de forma remota por um piloto em terra, mediante um controle dedicado. Criado inicialmente para fins militares, os drones ganharam diversas funções na sociedade moderna e atualmente possuem funções dentro de áreas, como: audiovisual, inspeção, agricultura, entre outros. Os drones possuem um sistema único de propulsão, com a inovação do uso de motores elétricos capazes de mover hélices que estabelecem giros tanto no sentido horário como anti-

horário, assim equalizando as forças produzidas pela rotação das hélices e criando um voo de estabilidade (DJI, 2024).

Um avanço importante é a integração de tecnologias de mapeamento aéreo e análise de solo, que monitoram as condições das plantações em tempo real. Existe uma tendência no mercado da utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) equipados com uma câmera multiespectral que é capaz de identificar as deficiências da planta e do solo, sendo possível o seu trato na melhor hora e da melhor forma possível. Crepaldi et al. (2021) sustentam que a utilização de drones para a obtenção de dados topográficos é altamente eficaz, oferecendo vantagens como a agilidade na aquisição de informações das lavouras.

Figura 4 – VANT Mavic 3 com Câmera Multiespectral



Fonte: DJI, 2024.

Paralelamente, existe uma adoção de drones para a pulverização aérea crescente no setor de aviação agrícola. Ele possui o mesmo funcionamento do drone de mapeamento, porém com algumas diferenças, como a instalação de tanques e bicos de pulverização, o que o torna extremamente útil na aplicação aérea estabilizada das lavouras. Xiongkui (2017) observa que essa inovação tem potencial para revolucionar as práticas agrícolas, proporcionando uma aplicação mais precisa de defensivos, podendo diminuir significativamente os custos da produção.

Os drones atualmente se tornaram presentes nas lavouras, complementando a frota de aviões agrícolas (Figura 5). Cientistas da Embrapa Soja já constataram desempenho eficiente dos drones no controle de algumas pragas da soja, como o Percevejo-marrom e a Lagarta-falsa-medideira, e inclui a vantagem na diminuição de possível contaminação do operador, visto que ele aplica de forma remota da aeronave (Machado, 2024)

Figura 5 – VANT com Tanque e Bicos Pulverizadores



Fonte: DJI, 2024.

2.2.3 Pulverização de gotas eletrostática

Segundo o artigo da desenvolvedora de equipamentos brasileira Zanoni (2020), o sistema de deposição de gotas eletrostático é um equipamento que possui bicos cônicos de pulverização centrados em um eletrodo em forma de anel. Conforme a calda é transmitida para o bico, ela é quebrada em finas gotas que, quando passam pelo eletrodo, acabam sendo expostas a um campo que induz as gotas a cargas elétricas.

As gotas, quando estão eletricamente carregadas, têm a capacidade de ser atraídas pelo objeto condutor, no caso a planta. Isto ocorre devido à necessidade de a gota encontrar um equilíbrio entre os elétrons e prótons, e a planta, por estar em estado de neutralidade, cria um efeito “ímã” com a gota pulverizada (ZANONI, 2020).

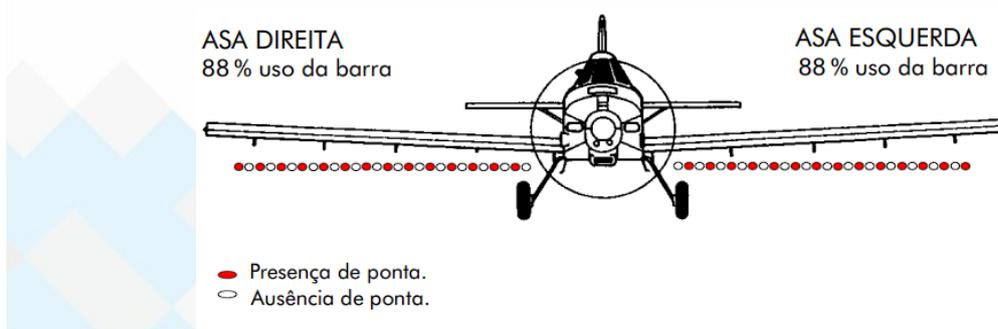
Figura 6 – Bico de Pulverização Eletrostático



Fonte: ZANONI (2020).

No caso de gotas pequenas, a indução elétrica tem a capacidade de controlar a forma com que essas gotas se deslocam até contra a própria gravidade, com capacidade de se depositarem nas partes inferiores da folha. Desta forma, é possível criar uma forma de pulverização mais segura das gotas, sendo possível reduzir os problemas de deriva delas (Machado, 2024). A Figura 7 a seguir, representa a maneira como ficam instalados os bicos de pulverização eletroestáticos na barra de inox, o suporte utilizado pela aviação agrícola para a instalação destes dispositivos.

Figura – 7 Ilustração da instalação dos bicos pulverizadores na aeronave



Fonte: Zanoni (2020).

O sistema possui duas cargas contrárias para as barras, sendo a barra direita positiva (+) e a esquerda negativa (-). É possível também configurar para utilizar apenas uma carga para as duas barras, o que algumas pesquisas agronômicas realizadas até o momento indicaram uma eficiência na aplicação bastante satisfatória para o uso apenas da carga negativa em ambas as barras (ZANONI, 2020).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este artigo opera por meio da metodologia da revisão bibliográfica sistemática, buscando explorar as principais contribuições de excelência científica e acadêmica sobre tecnologia na aviação agrícola. Portanto, a revisão bibliográfica permite uma análise dos desafios e oportunidades que o setor enfrenta, dado que, fornecem uma visão completa dos fatores que moldam a área. Os dados a serem coletados a respeito dos resultados abrangerão publicações científicas, boletins epidemiológicos e artigos acadêmicos sobre a proibição da aviação, as novidades tecnológicas na aviação agrícola, a funcionalidade destes equipamentos e suas regulamentações.

As fontes almejadas provêm da coleta de bases de dados do GOV, SINDAG e artigos da aviação agrícola e ciências agrárias. Essas fontes serão escolhidas com base em: relevância das publicações acima descritas, data de publicação (de 2005 a 2024) e, por fim, confiabilidade da fonte. Esse perfil de coleta de dados é considerado pertinente, e os dados utilizados são de fontes e instituições confiáveis como site do Governo, do Sindicato Nacional das Empresas de Aviação Agrícola, e artigos dos próprios desenvolvedores das tecnologias.

A análise dos dados foi realizada de maneira qualitativa com foco na identificação de padrões comuns na literatura sobre aviação agrícola. Os dados coletados foram organizados em categorias, como Contexto Histórico da Aviação Agrícola no Brasil, Desafios da Aviação Agrícola no Brasil e Utilização de Tecnologia na Aviação Agrícola. Esse método qualitativo permitiu uma avaliação crítica dos princípios fundamentais do setor.

Além disso, foram mostrados exemplos práticos como estudos da Embrapa Soja, Testes das desenvolvedoras dos equipamentos e Registros da Secretaria de Saúde, que demonstram como a tecnologia dentro da aviação aplicada à agricultura é usada em diversas partes do Brasil, bem como os resultados dos impasses no mercado, tal como a proibição da aviação. A avaliação dessas situações oferece um quadro real dos resultados obtidos em relação à sustentabilidade, eficiência. A abrangência dos estudos analisados permitiu uma visão sólida sobre o tema, possibilitando uma discussão aprofundada sobre valer a pena a proibição da aviação agrícola no país, e quais são os possíveis métodos existentes para evitar este tipo de impacto no mercado da aviação e no mercado agroalimentar.

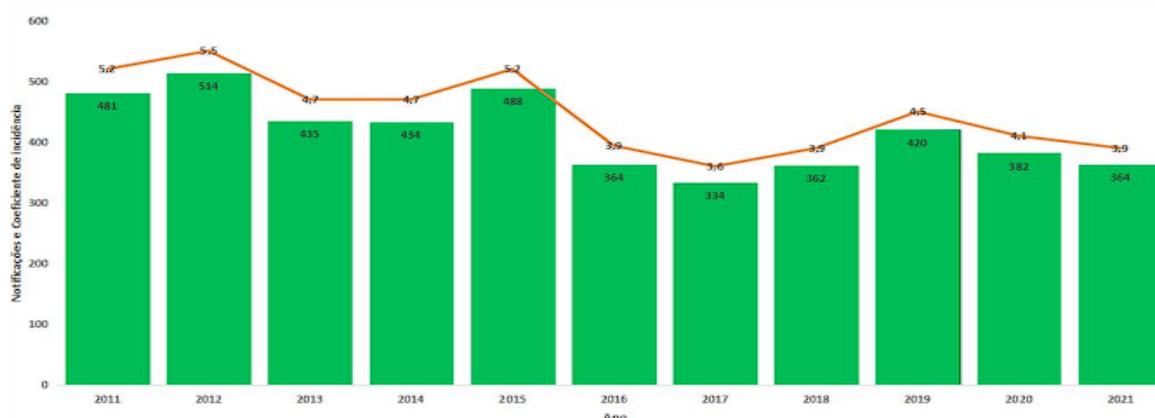
4 RESULTADOS

4.1 IMPACTO DIRETO DA PROIBIÇÃO DA AVIAÇÃO NO CEARÁ

Os resultados coletados a respeito do impacto da proibição da aviação agrícola no Ceará dizem respeito ao aumento dos índices de contaminação por defensivos agrícolas, emitidos pela Secretaria de Saúde do Estado do Ceará no ano de 2023. No mesmo ano em que houve a proibição da aviação agrícola na região nordeste do país, a secretaria divulgou um aumento de 16% na taxa de incidentes epidemiológicos por agrotóxicos, sendo que os números foram de 362 no ano de 2018 para 420 no ano de 2019.

Este fato demonstrou que a proibição não resultou em uma redução verdadeira da contaminação, mas sim no inverso. Esse aumento pode ser interpretado ao mostrar que outras práticas de aplicação dos defensivos agrícolas, como a pulverização terrestre, podem também contribuir até mais para o adoecimento das famílias da Chapada do Apodi, citadas anteriormente (Figura 8) (SECRETARIA DE SAÚDE DO ESTADO DO CEARÁ, 2023).

Figura 8 – Coeficiente de incidência de contaminação por defensivos no Ceará



Fonte: SECRETARIA DA SAÚDE DO ESTADO DO CEARÁ, 2023.

4.2 BUROCRACIA DE IMPLEMENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

Para ilustrar a dificuldade de implementação das tecnologias e equipamentos modernos dentro do setor de aviação agrícola o estudo buscou o maior número de Instruções Normativas, Instruções Suplementares e Legislações, que apesar de serem impostas para fins de segurança operacional e ambiental, podem ser uma barreira para o mercado de pulverização aérea, visto que são obrigatórias e podem trazer um custo adicional para os exploradores.

ISSN 2763-7697

4.2.1 Sistema DGPS, Automação no Controle de Fluxo e Bicos eletrostáticos

Atualmente, tanto para o sistema DGPS quanto para os equipamentos acoplados para dispersão de produto atendem à Instrução Suplementar n.º 137-002, estabelecida pela Agência Nacional da Aviação Civil (ANAC), que visa estabelecer orientações quanto à instalação de equipamentos GPS com correção diferencial, em aviões ou helicópteros, destinados a operações aéreas agrícolas ou ao treinamento desse tipo de operação. A instrução suplementar segue a conformidade do RBAC 21, na qual instalações de equipamentos como GPS diferencial, controlador de fluxo e bico eletrostáticos são considerados “pequenas modificações”, visto que não possuem uma notável influência no peso do avião.

Juntamente a isso, a empresa exploradora da aeronave precisa estar de acordo com a Instrução Normativa n.º 2/2008 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que cabe aprovar as normas de trabalho da aviação agrícola em conformidade com os padrões técnicos operacionais e de segurança para aeronaves, equipamentos, produtos, operadores agrícolas, entre outros.

4.2.2 Drones de Mapeamento e Pulverização

De acordo com o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), para a utilização de drones agrícolas, é necessário estar dentro dos requisitos mínimos estabelecidos pela Legislação n.º 298 do dia 22 de setembro de 2021:

- a) Operador maior de idade (Acima de 18 anos);
- b) Habilitação e Capacitação necessária para operação de aeronaves remotamente controladas;
- c) Registro da aeronave e do Operador na ANAC;
- d) Ter o seu Certificado de Aeronavegabilidade Especial de ARP

Também é válida a menção de que o registro de todas as aeronaves não-tripuladas acima de 250 gramas é obrigatório pela Agência Nacional da Aviação Civil. Além disso, também é obrigatória a realização do seguro RETA (Responsabilidade Civil do Explorador ou Transportador Aéreo) estabelecido pela RBACE n.º 94 da ANAC, este seguro é uma cobertura realizada pela ANAC que abrange a respeito de danos corporais e pessoais a pessoas e bens em solo.

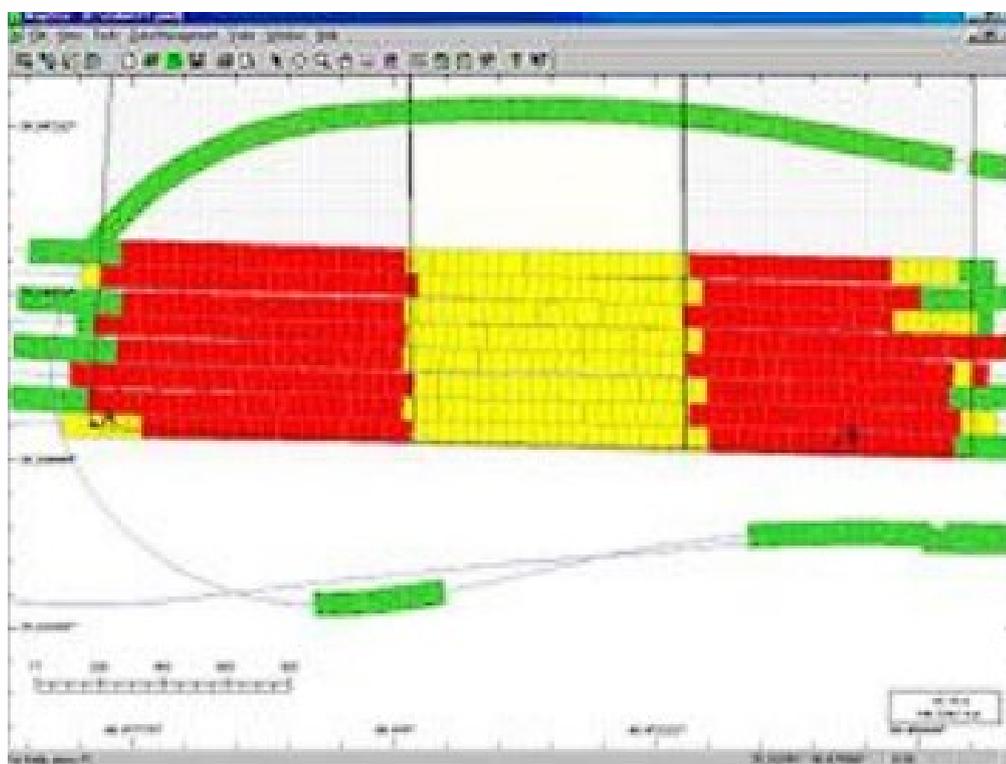
4.3 EFICIÊNCIA DAS TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO E SUSTENTABILIDADE

4.3.1 Sistema DGPS e Automação no Controle de Fluxo

Como resultado dessa tecnologia existem, como exemplo, os controladores automáticos de fluxo com o sistema “AerialAce”, desenvolvido pela empresa

Satloc, quando operam em conjunto com os sistemas de DGPS da mesma empresa, sendo gerenciado pelo software "Airtrac", o qual possibilita que o operador utilize o modo de "Taxa de Aplicação Variável", que por sua vez consiste em transferir para a base de dados do DGPS um mapa de prescrição da lavoura, o qual possui informações, como a dosagem dos produtos em determinados trechos que serão aplicados, os pontos são calculados por meio das suas coordenadas geográficas (Araújo, 2005)

Figura 9 – Exemplo de software com uso da Taxa de Aplicação Variável



Fonte: Araújo (2005)

O exemplo a seguir foi de um estudo de desempenho do "AerialAce", realizado em uma determinada área situada no Parkin, Arkansas, EUA, no ano de 2003. As taxas de aplicação no mapa demonstradas de acordo com Araújo (2005) são:

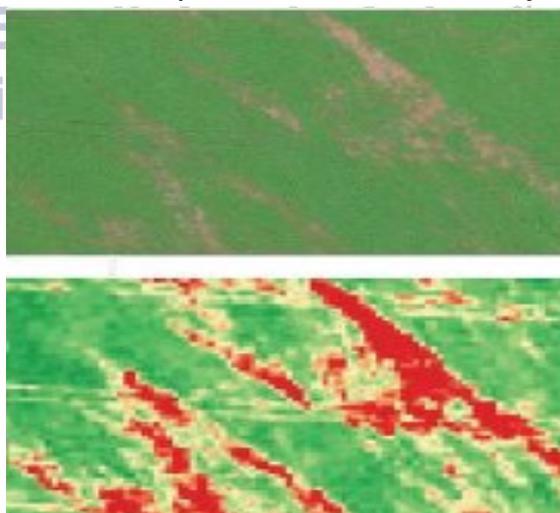
- Vermelho= 5 Gal/ Acre (18,92 L/ 0,4 hectare)
- Amarelo= 3 Gal/ Acre (11,35L/ 0,4 hectare)
- Verde= 0 Gal/ Acre.

Os resultados foram expressivos, visto que o tempo de resposta do sistema foi de 0,4 segundos na abertura e fechamento das válvulas, desativando na hora correta nas bordas da lavoura, o que demonstrou a precisão e eficiência deste tipo de automação, o que exemplifica a sustentabilidade desse equipamento (Araújo, 2005).

4.3.2 Drones de Mapeamento e Pulverização

Quanto ao resultado com relação ao mapeamento aéreo de solo e plantas utilizando os veículos aéreos não-tripulados. Em um estudo realizado pela Embrapa soja (2018), mostra-se o quão efetivo o drone demonstrou ser na identificação de doenças na plantação de soja. A Figura 8 a seguir mostra as imagens aéreas retiradas sobre um talhão produtivo de soja, apresentando nele as suas falhas devido ao ataque de pragas, da Larva Elasmou ou seu nome científico *Elasmopalpus lignosellus*, no ano de 2018, na região de Lucas do Rio Verde, no Mato Grosso.

Figura 8 – Imagem por Drone Multiespectral do Talhão de Soja atingido pela praga



Fonte: EMBRAPA, 2018.

São visivelmente perceptíveis as falhas detectadas na cor avermelhada pela câmera multiespectral. Elas demonstram os danos causados pela praga. Desta forma, é possível ter uma visão clara do funcionamento e aplicação dos drones neste meio agrícola (EMBRAPA, 2018). Crepaldi *et al.*, (2023) salientam que uma

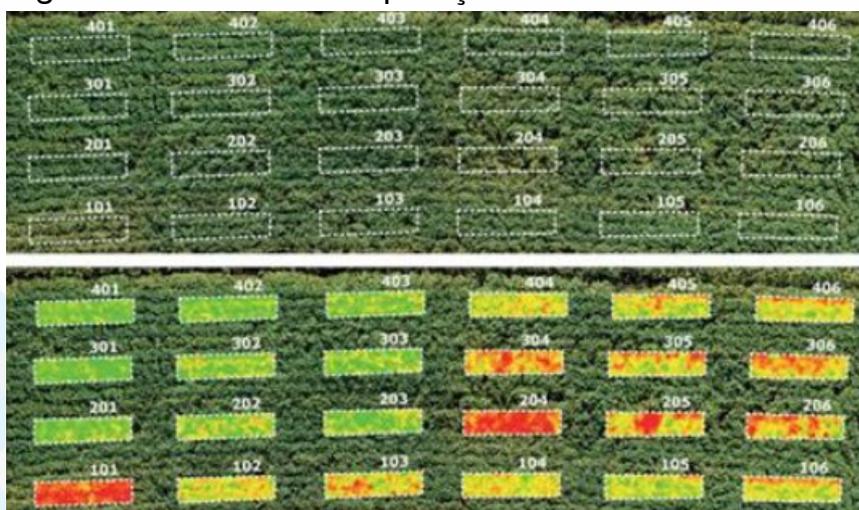
das funções dos drones de mapeamento é justamente obter essas informações de forma rápida e precisa para o manejo do solo de forma adequada.

A respeito da utilização de aeronaves remotamente controladas na pulverização, o rendimento da aplicação deve ser comparado com a aviação agrícola, visto que são os dois meios mais modernos de aplicação aérea. Segundo a literatura atual, Araújo (2018) enfatiza quanto ao rendimento dos aviões, que é a maior qualidade da aviação agrícola. Mesmo com volumes de aplicação muito altos, como 30 a 40 litros por hectare, a aeronave é capaz de realizar uma aplicação de até 50 hectares por hora. Já em volumes baixos, como 10 litros por hectare, a aviação tem a capacidade de chegar a rendimentos maiores, como 100 hectares por hora.

Por outro lado, a relação do rendimento horário dos drones agrícolas possui resultados diferentes. Tomando como base o drone “T40” da linha Agras, desenvolvido pela fabricante popular “DJI”, ele tem capacidade de armazenar até 40 quilogramas de carga líquida de pulverização e com isso o equipamento consegue atingir uma média de 21,3 hectares por hora com uma autonomia das baterias de duração entre 7 e 10 minutos a depender do clima (Mendes, 2019).

Em um estudo experimental realizado pela Embrapa Soja na região de Londrina, mostra-se a eficiência dos drones quanto ao controle da Ferrugem-asiática da soja. A Figura 9 a seguir mostra o resultado dessas aplicações.

Figura 9 – Imagem do Resultado da Aplicação de Drones na Cultura de Soja



Fonte: EMBRAPA, 2018.

Por outro lado, os drones de aplicação, mesmo possuindo um rendimento menor do que as aeronaves de larga escala, ainda demonstram resultados promissores quanto à sua eficiência na aplicação. Imagem parcial de experimento de eficiência de fungicidas para o controle da Ferrugem-asiática da soja. As parcelas 101 e 204 representam a testemunha, sem aplicação (EMBRAPA, 2018). O estudo demonstrou resultados positivos em termos de cobertura e eficiência da aplicação, visto que somente nas áreas onde não houve aplicação nenhuma de drone, houve a forte detecção da Ferrugem-asiática.

4.3.3 Bicos de Pulverização Eletrostática

A carga eletrostática ideal difere para cada condição ambiental e tipo de calda, visto que cada uma possui diferentes condutividades conforme o tipo de produto que está sendo aplicado (ZANONI, 2020). Quanto aos resultados com relação à eficiência de deposição dos bicos eletrostáticos, foi selecionado um experimento realizado pela própria desenvolvedora Zanoni (2020) com seu equipamento de pulverização.

Os dados aqui apresentados foram extraídos de testes conduzidos na cidade de Pelotas em agosto de 2020. Foram realizados com uma aeronave Ipanema, apenas com a carga negativa do eletrostático em ambas as barras (Figura 10).

Figura 10 – Imagem do Resultado da Aplicação com Bicos Eletrostáticos



Fonte: ZANONI, 2020.

A aplicação foi realizada com água, numa temperatura de 20°C, com fortes ventos de proa, de 12 a 18 km/h, e uma umidade relativa do ar de 72%. O desempenho pode variar consideravelmente de acordo com cada uma dessas condições. Conforme os dados apresentados a seguir, os resultados foram bastante satisfatórios, mesmo com condições climáticas muito adversas (ZANONI, 2020).

Os resultados foram promissores, visto que tanto na asa esquerda quanto na direita, temos uma uniformidade na aplicação uma vez que a localização da deposição em relação ao centro de gravidade da aeronave não possui variações até uma distância de 30 pés do centro de gravidade da aeronave, o alcance dessa deposição teve alcance de até 300 pés em relação a aeronave até atingir a heterogeneidade. Nas extremidades das asas, houve uma diminuição progressiva das gotas, porém é possível notar que essa diminuição foi uniforme, não houve grandes variações de deposição nas pontas das asas.

Isso demonstra que a pulverização eletrostática, além de ter uma deposição homogênea, tem um grande alcance observando-se seu ponto forte da aplicação bem localizado no centro de gravidade da aeronave, isso juntamente a sua vantagem citada anteriormente sobre o efeito “ímã”, que é um fator positivo para produção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado deste estudo ressaltou a importância que a aviação agrícola possui para as produções brasileiras, o mercado possui alguns desafios, porém possui respostas eficazes, mostrando a importância da contribuição deste estudo para as Ciências agrárias e a sociedade. Dessa maneira, a aviação agrícola mostrou-se uma ferramenta não só fundamental para o aumento da produtividade em grandes culturas, mas também menos nociva ao meio ambiente quando aliada a equipamentos modernos de deposição aérea, um cenário que vem sendo cada vez mais explorado.

A má percepção da aviação agrícola se mostrou ineficaz, visto que mesmo com a proibição das atividades de pulverização aérea, o índice de contaminação

pelos agrotóxicos na região do Ceará aumentou, o que indica que não é a ferramenta que está sendo utilizada para aplicação dos defensivos o maior problema, mas sim a necessidade de utilização dos insumos químicos em larga escala, a falta de fiscalização quanto à aplicação, ou o próprio defensivo que pode estar causando este adoecimento das comunidades da Chapada do Apodi.

As inovações, como o uso de DGPS, Automação no controle de Fluxo, Drones e Sistema de Pulverização Eletrostática, destacam-se como elementos-chave para a modernização do setor. A adoção dessas tecnologias mostrou potencial para reduzir o uso excessivo de defensivos, otimizar a aplicação de insumos e minimizar o impacto ambiental das operações. Esses avanços também indicaram em seus resultados uma grande eficiência quanto a precisão no trato das culturas, indicando ser um grande aliado na modernização da aviação agrícola

No entanto, a pesquisa também revelou que o setor enfrenta desafios na implementação das tecnologias, como a adaptação às regulamentações. A formação técnica dos profissionais e o cumprimento das normas de segurança são obrigatórias para garantir que as operações sejam realizadas de forma eficiente e segura, apesar disso, as burocracias não se demonstraram uma grande barreira ao setor, visto que são somente regulamentações básicas para o funcionamento da atividade, instalação e uso das tecnologias e equipamentos.

Também é necessário ressaltar que apesar das tecnologias como os drones de pulverização se demonstrarem muito eficazes no combate a cultura de praga, eles possuem um rendimento horário muito inferior quando comparado com as aeronaves tradicionais. Com isso pode-se deduzir que a aviação convencional ainda se destaca quanto ao tratamento da produção em larga escala e grandes extensões de terras.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. **STF reconhece lei estadual que proíbe a pulverização aérea de agrotóxicos no Ceará.** Terra de Direitos, 2023. Disponível em: <https://terradedireitos.org.br/noticias/noticias/stf-reconhece-lei-estadual-que-proibe-a-pulverizacao-aerea-de-agrotoxicos-no-ceara/23880>. Acesso em: 4 nov. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Instrução Suplementar IS 137-002C**. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-137-002/@@display-file/arquivo_norma/IS137-002C.pdf. Acesso em: 4 nov. 2024

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. RBAC-E nº 94 - **Requisitos gerais para operação de aeronaves não tripuladas**. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94>. Acesso em: 01 nov. 2024

ARAUJO, E. **Histórico e Perfil da Aviação Agrícola Brasileira**, v. 1, p. 4–6, 2019. Disponível em: https://issuu.com/eduardoaraujo113/docs/perfil_avia_o_agricola_brasileira_. Acesso em: 31 out. 2024.

ARAUJO, E. Agrotec tecnologia agrícola e industrial Ltda. **DGPS: Aplicação aérea de precisão**. V 1, p. 7, 15–17. 2005. Disponível em: https://sindag.org.br/wp-content/uploads/2021/07/DGPS_-Aplicacao-Aerea-de-Precisao.pdf Acesso em: 01 nov. 2024

BECKER, L. Revista AVAG. **Aviação Agrícola–Estereótipo, reputação e Espiral do Silêncio**. 2021. Disponível em: <https://revistaavag.org.br/aviacao-agricola-estereotipo-reputacao-e-a-espiral-do-silencio/>. Acesso em: 02 nov. 2024

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria MAPA nº 298, de 22 de setembro de 2021**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacao-agricola/legislacao/portaria-mapa-298-de-22-09-2021.pdf>. Acesso em: 01 nov 2024

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 2, de 3 de janeiro de 2008, com alterações da Instrução Normativa n.º 37**, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacao-agricola/legislacao/3-in-2-de-03-de-janeiro-de-2008-com-alteracoes-da-in-37-2020.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2024.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Pecuária. **Legislação na Aviação Agrícola**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacao-agricola/legislacao> Acesso em: 31 out. 2024

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Aviação Agrícola**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/aviacao-agricola>. Acesso em: 31 out. 2024

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **História da Aviação Agrícola**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos->

agropecuarios/aviacao-agricola/historia-da-aviacao-agricola. Acesso em: 31 out. 2024.

BURSZTYN, M. **Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas.** Estudos Avançados, v. 34, n. 98, p. 167–186, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3498.011>. Acesso em: 20 out. 2024.

CEPEA, Confederação da Agricultura e Pecuária. **Sumario Executivo 2º trimestre de 2024.** 2024. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB%20do%20Agroneg%C3%B3cio_Sum%C3%A1rio%20Executivo%20o%20trim%202024.pdf. Acesso em: 2 nov. 2024

CREPALDI ET.AL. **Aplicabilidade de drone para mapeamento topográfico de uma área rural na cidade de São Domingos da prata/MG.** Repertório universitário da Ânima. v. 1 p. 15. 2023. Disponível em: [https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/6d52e7e6-8dcb-4ca4-9309-f863ed4a0ea8/download#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20drones%20para,estacas%20\(SANTOS%2C%202021\)](https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstreams/6d52e7e6-8dcb-4ca4-9309-f863ed4a0ea8/download#:~:text=A%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20drones%20para,estacas%20(SANTOS%2C%202021)). Acesso em: 01 nov. 2024

DIRECTIVE, 2009/128/EC13 do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de outubro de 2009. **Jornal Oficial da União Europeia**, 24.11.2009. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32009L0128>. Acesso em 15 de março de 2017.

DJI. **O que é um drone?** 2024. Disponível em: <https://blog.lojadji.com.br/o-que-e-um-drone/>. Acesso em: 4 nov. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Uso de imagens aéreas obtidas com drones em sistemas de produção de soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2018. (Embrapa Soja. Documentos, 408). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190247/1/Doc-408-OL-alta.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2024.

KONCHINSKI, V. **Brasil usa mais agrotóxicos que Estados Unidos e China juntos.** Curitiba: Brasil de Fato. 05 fev 2024. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2024/02/05/brasil-usa-mais-agrotoxicos-que-estados-unidos-e-china-juntos#:~:text=O%20Brasil%20usa%2010%2C9,1%2C9%20kg%2Fha.&text=Em%202021%2C%20foram%20usados%20no,kg%20de%20agrot%C3%B3xicos%20por%20pessoa>. Acesso em: 02 nov. 2024

MACHADO. A. **A Aviação Agrícola no Brasil.** PORTAL AGROLINK. 2024. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/tecnologia-de->

aplicacao/aplicacao-aerea/cenario-da-aviacao-agricola-no-brasil_481003.html
Acesso em: 02 nov. 2024.

MACHADO. A. **Aplicação de agrotóxicos/defensivos com drones**. PORTAL AGROLINK. 2024. Disponível em:

https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/tecnologia-de-aplicacao/aplicacao-aerea/aplicacao-de-defensivos-com-drones_481651.html. Acesso em: 01 nov. 2024

MACHADO. A. **Pulverização eletroestática na aplicação de defensivos**.

PORTAL AGROLINK. 2024. Disponível em

https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/tecnologia-de-aplicacao/aplicacao-terrestre/pulverizacao-eletrorstatica-na-aplicacao-de-defensivos_482155.html. Acesso em: 01 nov. 2024.

MENDES, L. **Drone para pulverização: Quando a tecnologia vale a pena?**

Aegro Blog, 2019. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/drone-para-pulverizacao/#:~:text=O%20equipamento%20pode%20fazer%20em,para%20re carga%20total%20da%20bateria>. Acesso em: 4 nov. 2024.

PONTES, Cristina. **Más formações congênitas, puberdade precoce e agrotóxicos**. 2017. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em:

https://www.google.com/search?q=Repositorio+UFC+pontes+chapada+do+apodi&oq=Repositorio+UFC+pontes+chapada+do+apodi&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIHCAEQIRigATIHCAIQIRigAdIBCDg3OTIqMGo5qAllsAIB&sourceid=chrome&ie=UTF-8. Acesso em: 4 nov. 2024.

SECRETARIA DA SAÚDE DO ESTADO DO CEARÁ. **Boletim epidemiológico**, 24 de janeiro de 2023. Fortaleza: Secretaria da Saúde do

Estado do Ceará, 2023. p. 16. Disponível em: https://www.saude.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/9/2018/06/VIGIPEQ_boletim_epidemiologico_20230124.pdf. Acesso em: 4 nov. 2024.

XIONGKUI, H. et al. **Recent development of unmanned aerial vehicle for plant protection in East Asia**. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, Disponível

em: <https://www.ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/3248/0> Acesso em: 01 nov. 2024

ZANONI. **Manual do sistema eletrostático Zanoni Spectrum**. São José dos Pinhais: Zanoni Equipamentos, 2020. Disponível em:

<https://www.zanonequipamentos.com.br/uploads/products/manual/2020/10/el electrostatico-zanoni-spectrum-manual.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2024.