



O USO DE DRONES NA AGRICULTURA DE PRECISÃO: UMA REVISÃO



<https://doi.org/10.56238/levv15n41-056>

Data de submissão: 17/09/2024

Data de publicação: 17/10/2024

Priscilla de Oliveira Betoni

Pós-graduada

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

Nilza Nascimento da Silva

Pós-graduada

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

Elisangela Mara de Souza Stuchi

Pós-graduada

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

Miriam Hiroko Inoue

Doutora

Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil

RESUMO

O uso de drones na agricultura de precisão tem se tornado ferramenta revolucionária no setor agrícola, devido à sua capacidade de otimizar processos, aumentar a produtividade e reduzir os custos, ao mesmo tempo que promove práticas mais sustentáveis no campo. Diante desse cenário, o presente artigo possui o objetivo de descrever aspectos importantes no uso de drones na agricultura de precisão. Para alcançar o objetivo proposto, foi realizado um levantamento bibliográfico, buscando, por meio dos periódicos CAPES e Scielo, artigos publicados nos últimos 5 anos, cuja temática fosse a utilização de drones na agricultura de precisão. A partir dos resultados evidencia-se que a utilização de drones na agricultura de precisão é promissora, com projeções cada vez maiores nas lavouras brasileiras. Tal resultado reflete aspectos importantes dentre os benefícios desse recurso, que é a redução de tempo e de custos para o produtor, o que, conseqüentemente, aumenta a produtividade da lavoura.

Palavras-chave: Setor agrícola, Agronegócio, Tecnologia, VANTs.

1 INTRODUÇÃO

Desde seus primórdios a agricultura tem sido essencial para a sobrevivência da humanidade e por esse motivo tem se desenvolvido ao longo dos tempos, acompanhando a evolução do homem. Diante de desafios globais, como a crescente demanda por alimentos, as mudanças climáticas e a necessidade de conservação e preservação dos recursos naturais, os avanços tecnológicos na agricultura são essenciais para aumentar a sustentabilidade e produtividade.

A partir deste cenário a Agricultura de Precisão (AP), isto é, abordagem moderna que utiliza tecnologias avançadas na área agrícola, vem como uma grande aliada para otimizar o uso dos recursos agrícolas. Assim, com o crescimento do setor do agronegócio, o país precisa de tecnologias que aumentem a produção agrícola, e a AP surge como um divisor de águas na agricultura brasileira.

Nota-se que com o avanço das tecnologias, a Agricultura de Precisão tende a se consolidar cada vez mais nas propriedades rurais. As soluções tecnológicas atuais já permitem um conhecimento profundo das variabilidades dentro das áreas produtivas, possibilitando que as decisões sejam tomadas com base em dados mais confiáveis e precisos.

Desse modo, uma das grandes promessas da agricultura de precisão é a utilização de VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados), popularmente conhecidos como drones, que já estão sendo amplamente empregados para o monitoramento das lavouras, identificação da saúde das plantas, como deficiências nutricionais, falhas, infestações de pragas, por meio de imagens multiespectrais em alta resolução, além de outros usos que aprimoram a gestão agrícola.

Neste sentido, muitos pesquisadores afirmam sobre a capacidade dos VANTs de coletar dados em tempo real e fornecer informações precisas sobre a lavoura, permitindo aos agricultores tomadas de decisões mais eficazes, com base em dados concretos, reduzindo os desperdícios e aumentando a produtividade da lavoura. Com câmeras de alta resolução e sensores avançados acoplados, os drones também são utilizados na pulverização de pesticidas, na realização de mapeamentos topográficos e análises do solo otimizando o manejo agrícola.

Para os agricultores, a relevância do tema está principalmente na redução do uso desnecessário de insumos, como fertilizantes, em áreas que não necessitam de correção, na diminuição dos custos de plantio e na obtenção de um maior conhecimento sobre o solo e o ambiente de produção. Portanto, a análise benéficos da agricultura de precisão com uso de drones é importante, uma vez que esse método, apesar de promissor, ainda é relativamente novo e pouco explorado no agronegócio.

No entanto, existem problemáticas e desafios que precisam ser abordados no uso de drones, como questões éticas associadas à adoção massiva dessa tecnologia, como privacidade e segurança, regulamentações e legislação de voo e limitações climáticas e geográficas.

Uma outra das situações importantes no uso dos drones, é em relação aos conhecimentos técnicos para operar e fazer a análise de dados adequadas, pois o uso desses equipamentos exige

utilização de softwares específicos e conhecimentos técnicos a respeito. Além disso, é preciso dar destaque a questão socioeconômica, considerando que a aquisição e a manutenção de drones equipados com sensores avançados e câmeras de alta resolução, a capacidade e qualificações de profissionais para operá-lo e fazer a interpretação dos resultados, podem representar um alto investimento, tornando-se um obstáculo, especialmente, para pequenos agricultores.

A partir dessas premissas esse artigo foi destinado à realização de um estudo de revisão bibliográfica que visa estabelecer uma análise sobre o uso dos drones na agricultura. Desse modo, o presente artigo possui o objetivo de descrever aspectos importantes no uso de drones na agricultura de precisão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO (AP)

O Brasil é considerado o país com maior potencial agrícola do mundo. E, não é ao acaso, que o setor do agronegócio é de grande importância para economia brasileira, pois é nesta atividade que está disposta cerca de um terço da renda do país. Pena Junior e Françoze (2023) acreditam que o sucesso do agronegócio brasileiro está diretamente relacionado ao aumento da produção e da produtividade agrícola, resultado da implantação de novas tecnologias no cultivo e no manejo das lavouras. Essas inovações têm otimizado o uso de recursos, melhorado a eficiência dos processos produtivos e permitido que o país se destaque como um dos maiores produtores mundiais no ramo da agricultura.

Diante de tamanha importância econômica e social das atividades agrícolas, considerando também o crescimento do agronegócio, tornou-se essencial o gerenciamento dos seus processos produtivos, além de investimento em tecnologias que possam melhorar fatores que influenciam a produção, como a fertilidade do solo, topografia e o clima, levando em consideração que cada porção da lavoura precisa de um manejo específico para otimizar a produtividade. Segundo Puschi, Machado e Amaral (2019), essa forma de se fazer agricultura, levando em conta as especificidades de cada talhão das lavouras é chamada de Agricultura de Precisão (AP).

O termo Agricultura de Precisão possui diversas definições feitas por vários pesquisadores e estudiosos da área. Porém, o conceito basilar é que as lavouras não são invariáveis, necessitando de formas de manejo que investiguem essas diferenças encontradas em cada talhão, usufruindo economicamente disso (MENDES, 2019). Para Molin (2002), a Agricultura de Precisão consiste, substancialmente, em um sistema de administração ou de manutenção da produção agrícola que concentra um conjunto de tecnologias e procedimentos para que as lavouras e sistemas de produção sejam potencializados, tendo como base o manejo da variabilidade da produção e dos fatores envolvidos.

De maneira geral, a agricultura de precisão é o conjunto de técnicas e procedimentos que permite conhecer, localizar geograficamente e delimitar áreas de diferente produtividade, através do emprego da informática, programas específicos, sensores, controladores de máquinas e sistema de posicionamento global (GPS). Dessa forma, a agricultura de precisão é uma ferramenta que auxilia os produtores na tomada de decisões gerenciais no manejo das culturas, levando em conta a variabilidade espacial e temporal da lavoura para obter máximo retorno econômico e reduzir o impacto ambiental

Segundo Mendes (2019), a agricultura de precisão envolve a utilização de tecnologias avançadas para o manejo eficiente do solo, insumos e culturas, ajustando-se às variações espaciais e temporais que influenciam a produtividade. Essa nova abordagem agrícola é impulsionada pelo sensoriamento remoto, pelos sistemas de informações geográficas (SIG) e pelos sistemas de posicionamento global (GPS). Juntas, essas ferramentas permitem uma gestão mais precisa e sustentável das lavouras, otimizando os recursos e melhorando o rendimento agrícola.

Vale mencionar que, de acordo com Molin, Amaral e Colaço (2015) no início o conceito de agricultura de precisão era ligada às ferramentas de georreferenciamento de dados nas lavouras, como o GPS, por exemplo, o que por muito tempo gerou definições equivocadas para a AP. Agora já se tem o entendimento que agricultura de precisão trata-se de uma metodologia de gestão das lavouras, que além de otimizar a produtividade e reduzir gastos, traz ganhos positivos para o meio ambiente, pois possui características sustentáveis em sua base (Mendes, 2019).

Em outras palavras, a agricultura de precisão é uma filosofia de gerenciamento agrícola que leva em conta a variabilidade espacial e temporal para manejar insumos e otimizar a produtividade e lucratividade da lavoura, além de ser baseada em sustentabilidade. Por outro lado, em relação aos sistemas convencionais nota-se que como não respeitam as especificidades das porções do solo gera manejo inadequado, prejudicando o meio ambiente e deixando a produção mais onerosa.

Em resumo, a agricultura de precisão promete reverter o quadro atual permitindo a aplicação de insumos agrícolas nos locais corretos e nas quantidades requeridas. Sendo assim o principal objetivo da Agricultura de Precisão (AP), é amenizar os custos da plantação para os produtores rurais, e assim aumentar a produtividade da lavoura trazendo assim aos produtores a chance de melhorar suas técnicas e formas de manejo para alcançar melhores resultados.

Como já mencionado, a agricultura de precisão conta, nos últimos anos, com a alta tecnologia dos drones agrícola, oferecendo novas possibilidades para o monitoramento e gestão das lavouras de forma mais eficiente e detalhada. Esse novo recurso tecnológico vem ganhando destaque nas grandes propriedades e com projeções de se tornarem cada vez mais fundamentais na agricultura de precisão. Seus sensores de alta tecnologia, câmeras multiespectrais e infravermelhas integradas prometem revolucionar o agronegócio.

2.2 OS VANTS

De acordo com Castro (2019) os veículos aéreos não tripulados (VANTS), popularmente conhecidos como drones, são aeronaves controladas de forma remota. De maneira geral, é uma aeronave que pode ser movimentada em todas as direções, controlada nos 3 eixos, sem a necessidade de um piloto embarcado. Os drones possuem aparência de minihelicópteros, que recebem comando por radiofrequência, infravermelho ou por coordenadas GNSS (Global Navigation Satellite System).

De acordo com Itarc (2018) os primeiros VANTS surgiram na década de 1960 para fins militares, mas somente nos anos 70 e 80 passaram a ser utilizados em espionagem e missões de vigilância. Esses veículos eram usados como estratégia para reconhecimento de terrenos, permitindo uma visão aérea, por militares nos Estados Unidos e União Soviética, no período da Guerra Fria, passando por avanços significativos se tornando conhecidos mundialmente.

No entanto, embora os drones tenham sido inicialmente desenvolvidos para uso militar, suas funções foram reformuladas, tornando-se uma tecnologia bastante estável e atualmente, suas aplicações civis são inúmeros e atuam nos mais diversos setores.

Um dos setores que têm utilizado esses veículos não tripulados para otimização de seus serviços é a agricultura. De acordo com Oliveira et al. (2020), os VANTS têm se tornado ferramentas essenciais dentro da agricultura de precisão devido ao seu potencial de reconhecimento de território, trabalhando no processo de extração de informações de áreas. Os autores afirmam, ainda, que devido à grande demanda do setor agrícola e a necessidade de desenvolvimento tecnológico, os drones são ferramentas que tem projeções de estar, cada vez mais, presentes nas atividades de produção rural, pois são capazes de monitorar as lavouras em tempo real e com maior detalhamento de características, além de outros usos, que ajudam a reduzir o tempo e o custo dos produtores, conseqüentemente, otimizando os processos, seja em grandes ou pequenas lavouras (Oliveira et al, 2020).

Neste cenário, dentre as principais formas de utilização dos drones na agricultura se destacam: monitoramento e mapeamento de área cultivada, com redução de tempo e maior precisão, captando possíveis adversidades na plantação, como pragas, doenças, falhas nas áreas plantadas, excesso ou escassez na irrigação de forma a definir de áreas de interesse, levantar a topografia do terreno, planejar o escoamento da água da chuva, gerar um mapa de saúde da lavoura. Alguns desses VANTS podem ser equipados com tanques de pulverização possibilitando a aplicação de fertilizantes, pesticidas de forma precisa e direcionada nas áreas afetadas.

De modo geral, dentro da agricultura de precisão os drones atuam como ferramenta de gerenciamento estratégico do plantio, otimizando os processos, fornecendo mais informações para a tomada de decisão. Neste sentido, o uso dos drones na agricultura contribui para melhores resultados da lavoura, na redução de custos de produção e auxilia também na redução de impactos ambientais, pois com as informações mais precisas, por meio de tecnologias de sensoriamento, mapeamento e

análise de dados, os drones permitem o uso mais eficiente dos recursos, minimizando o desperdício e reduzindo a poluição do ambiente (Cavalcante et al., 2022).

Contudo, existe legislação brasileira específica para utilização de drones na agricultura, cujo objetivo é garantir a segurança, a privacidade e o controle adequado do espaço aéreo. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabelece na lei nº 298 de 22/09/2021 regras para operação de aeronaves remotamente pilotadas destinadas à aplicação de agrotóxicos e afins, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes.

De acordo com a legislação, a utilização de VANTs na agricultura brasileira é regulamentada e fiscalizada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Sendo assim, esses dois órgãos estabelecem as regras, relacionadas a aspectos como registros, licenciamentos, zonas de voo e requisitos técnicos para o uso desses veículos no território nacional (BRASIL, 2021).

Dentre os requisitos presentes na legislação destacam-se a necessidade de uma autorização para operar drones em áreas rurais, isto é, é preciso que o operador do drone tenha acima de 18 anos, seja habilitado, capacitado e registrado para operar a aeronave, documento feito pela ANAC, além da necessidade de respeitar as normas de segurança e privacidade estabelecidas pela legislação brasileira. Neste ponto, também é necessário que o próprio veículo seja registrado no Sistema Integrado de Produtos e Estabelecimentos Agropecuários-SIPEAGRO, fornecido pela ANAC e tenha o seguro RETA (Responsabilidade Civil do Explorador ou Transportador Aéreo) que visam garantir a segurança nas operações (BRASIL, 2021).

Outro requisito importante para o uso de drones em áreas agrícolas, exigida pelo DECEA, é a apresentação de uma Planilha de Risco Operacional. Esse documento servirá para descrever os principais riscos que a operação do drone pode oferecer e as ações adotadas para reduzir esses riscos. A legislação estabelece ainda que os drones só podem mapear áreas menores de 15 Km², e em caso de VANTs importados é preciso uma homologação junto à Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) para que o veículo possa operar legalmente no território nacional.

Vale ressaltar que embora essas máquinas tenham revolucionado diversas áreas, inclusive no setor do agronegócio, existem algumas situações, que geram desafios para uso desses veículos. Um dos maiores desafios, para Alarcão Junior e Nuñez (2024), é a legislação, pois segundo os autores, ainda é muito restritiva. Outra situação, que pode ser considerada desafiadora e desvantajosa é o alto custo para implantação dessa tecnologia, que se torna um impedimento para muitos agricultores.

Alarcão Junior e Nuñez (2024) apontam que a combinação de diversos fatores tecnológicos e de mercado faz com que os VANTs tenham custo tão elevado. Os autores afirmam que os drones de alta performance são equipados com as melhores tecnologias, como câmeras de alta resolução,

sistemas de GPD, sensores múltiplos, software de navegação, inteligência artificial, baterias específicas, e esses componentes possuem preços onerosos.

Outro fator que constrói para o alto custo dos drones é a manutenção, pois requerem suporte técnico especializado, e sujeitos capacitados e treinados para operá-los, o que exige grandes investimentos do produtor (Alarcão Junior e Nuñez, 2024).

3 METODOLOGIA

Este artigo possui abordagem qualitativa por meio de pesquisa bibliográfica sistemática. Para Cardano (2017) a pesquisa qualitativa se caracteriza pelo aprofundamento dos detalhes, envolve uma abordagem interpretativa do mundo, sendo assim se trata de pesquisas com os objetos de estudos em seus cenários naturais, na busca pela compreensão dos fenômenos.

O estudo é uma revisão bibliográfica. De acordo com Sousa, Oliveira e Alves (2021) a revisão bibliográfica baseia-se no estudo de teoria já publicada, na qual o pesquisador sistematiza e seleciona todo o material que contempla o tema que será tratado. Assim, durante a pesquisa bibliográfica o pesquisador além de ler, refletirá e descrever sobre o pensando dos autores a respeito da temática da sua pesquisa.

Quanto aos procedimentos metodológicos, no intuito de alcançar o objetivo dessa pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática de artigos científicos selecionados por meio de busca nas bases de dados de Periódicos CAPES. Durante as buscas foram utilizados os seguintes descritores: Agricultura de Precisão, VANTs e drones. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, nos idiomas português e inglês que abordassem a utilização de drones na agricultura de precisão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao fazer as buscas nas bases de dados, aplicando os filtros já mencionados, foram encontrados 12 artigos publicados em periódicos da CAPES e 6 artigos publicados na Scielo. No entanto, após a leitura dos títulos, resumos, palavras chaves, e conclusão foi notou-se que alguns desses artigos não se encaixaram no perfil proposto para a pesquisa. Sendo assim, optou-se, por aplicar critérios de exclusão de obras para elaboração da revisão bibliográfica, considerando aspectos como: não acesso ao documento completo, contexto da pesquisa diferente do tema abordado, artigo duplicado e artigo de revisão bibliográfica. Ao final foram selecionados 10 artigos, considerando apenas àqueles que se tratava de estudo de caso sobre a temática de drones na agricultura de precisão

Dessa forma, o presente estudo irá se ater apenas à 10 artigos apresentados no quadro abaixo que contemplam a temática proposta (Quadro1). O quadro apresenta os principais dados dos artigos selecionados para a discussão, organizados por ano de publicação, e descrevendo dados como banco de dados de onde foi retirado, autor, título do artigo e periódico onde foi publicado.

Quadro 1: Artigos selecionados de Periódico da CAPES e Scielo.

Autor (s)	Título	Base de dados	Periódico
Silva e Hachisuca (2019)	Estudo e desenvolvimento de uma plataforma para a Agricultura de Precisão utilizando o conceito SMART FARM empregando Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)	CAPES	The Academic Society
Machado et al (2020)	Stress conditions in soybean areas based on measurements of soil-plant-atmosphere system and UAV images	SCIELO	Pesquisa Agropecuária Tropical
Amaral et al (2020)	Aplicações de UAVs na Agricultura 4.0	SCIELO	Revista Ciência Agrônômica
Souza et al (2021)	Impact of sprayer drone flight height on droplet spectrum in mountainous coffee plantation	SCIELO	Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental
Galvêncio e Naue (2021)	Estimativa do NDVI com imagens do visível (RGB) obtidas com drones	CAPES	Journal of Hyperspectral Remote Sensing
Arante et al (2021)	Spectral detection of nematodes in soybean at flowering growth stage using unmanned aerial vehicles	SCIELO	Ciência Rural
Tagliarini (2021)	Imagens de veículo aéreo não tripulado aplicadas na obtenção do índice de vegetação por diferença normalizada	CAPES	Energia na agricultura
Castaldo (2023)	Revolutionizing agriculture from the skies: exploring the potential of spraying drones in precision farming	CAPES	Cadernos de Ciência e Tecnologia
Ferreira Neto, Rosa e Nuñez (2024)	Uso de inteligência artificial na detecção de plantas daninhas	CAPES	Brazilian Journal of Scienc
Hemalatha e Sageentha (2024)	Identifying pests in precision agriculture using low-cost image data acquisition	SCIELO	Brazilian Journal of Scienc

Fonte: Autores, 2024.

A partir do quadro é possível observar que as publicações foram realizadas nas mais diversas revistas, com destaque para a revista “Brazilian Journal of Scienc” na qual foram publicados dois artigos. Observa-se também que o ano de 2021 apresenta maior número de publicações, de acordo com as buscas realizadas.

Seguindo uma sequência cronológica de publicação, o primeiro trabalho, encontrado foi escrito por Silva e Hachisuca (2019) que trataram em sua pesquisa sobre um projeto-piloto de criação de uma plataforma para Android capaz de controlar drones, utilizando GPS, Google Maps e SDK, fazendo

com que o drone siga pontos capturando imagens em diferentes ângulos e direções para pós-processamento destas imagens na plataforma. Segundo os autores, o aplicativo terá as mesmas aplicações dos softwares no campo, gerando ao produtor informações para uma tomada de decisão, porém de mais fácil acesso, pois é terá menor custo.

Amaral et al. (2020) abordam seus estudos sobre as principais aplicações dos drones na agricultura e em seus resultados puderam destacar cinco grandes oportunidades na utilização de drones em áreas agrícolas: levantamento topográfico, avaliações fisiológicas, avaliações biofísicas, monitoramento de alvos biológicos, e pulverização de produtos fitossanitários e aplicação de bioinsumos.

Neste sentido, Amaral et al. (2020) apontam que o uso dos drones na agricultura evoluíram muito nos últimos anos e de acordo com os resultados da pesquisa, a perspectiva é que esse recurso agrícola substitua atividades humanas de baixo desempenho, como a amostragem de monitoramento, além de contribuir com a aplicação específica de produtos, reduzindo tempo e custos. Assim, a flexibilidade, o baixo custo, a aplicabilidade e a precisão de dados têm feito os VANTs ganharem cada vez mais espaço na agricultura.

Machado et al (2020) faz uma pesquisa para avaliar as condições de estresse em uma lavoura de soja, por meio de técnicas de processamento de imagens realizadas por drones. Os autores puderam constatar que com o auxílio das câmeras multiespectrais e hiperespectrais os drones conseguem capturar imagens detalhadas das culturas, oferecendo abordagem mais precisa e eficiente da lavoura.

No ano de 2021, de acordo com as buscas, foram publicados quatro estudos abordando sobre o uso de drones na agricultura. Galvêncio e Naue (2021) fizeram uma pesquisa para avaliar a estimativa do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) obtidas com imagens do visível atentando para as calibrações radiométricas. De maneira geral, os resultados de Galvêncio e Naue (2021) apontam que as imagens realizadas pelos drones possibilitam estimativas mais precisas de NDVI, e isso pode ser um fator bastante promissor na agricultura.

Souza et al (2021) realizaram um estudo sobre o impacto da altura de voo de drone pulverizador, isto é, analisaram a qualidade da pulverização em relação a altura do voo e posição do alvo em uma lavoura de café. De acordo com os autores, embora ambos os resultados sejam satisfatórios em comparação às outras técnicas, puderam observar que enquanto a altura de voo do VANT influenciou apenas os parâmetros diâmetros volumétricos, a posição do alvo os parâmetros de pulverização estudados. Constatando que, dependendo do tipo de lavoura o sistema de pulverização por veículo aéreo não tripulado é mais eficiente para a parte inferior da planta.

Já Tagliarini et al (2021) publicaram um estudo abordando a elaboração de um mapa temático por meio aerofotogrametria e fointerpretação, com maior detalhamento da vegetação devido à altíssima resolução espacial alcançada com o uso de imagens coletadas por VANT. Os resultados

apresentaram imagens com elevada resolução espacial e demonstraram flexibilidade de utilização, possuindo elevado potencial para o mapeamento de dinâmica da paisagem e a resposta espectral da vegetação.

Ainda em 2021, Arante et al. (2021) publicaram um estudo sobre a detecção espectral de nematoides na soja, por meio de veículos aéreos não-tripulados. Os autores descrevem em seus resultados que os sensores espectrais contidos nos drones foram capazes de detectar os nematoides presentes na soja, embora que, para uma espécie o sensor espectral de baixo curso foi suficiente para visualização, já em outra espécie de nematoide foram necessários sensores multiespectrais.

Uma das importantes utilizações dos drones, é em técnicas de pulverização. Neste cenário, Castaldo (2023) fez um estudo abordando o uso de drones de pulverização, seus benefícios, bem como as limitações que essa atividade com drones oferece. Para informações, o autor usou dados de grandes e pequenas propriedades que fazem uso dessa tecnologia, comparando com outras que ainda utilizam recursos tradicionais.

Diante dos resultados Castaldo (2023) pode-se perceber que a pulverização realizada com drones possui menor custo e a pulverização é mais rápida do que pulverizadores tratorizados, além disso, consegue atingir com melhor qualidade as culturas de difícil acesso, e podem, ainda, serem habilitados para voar em momentos específicos. Dessa maneira, com aliados aos sistemas de georreferenciamento e softwares específicos, os drones têm se tornado ferramentas essenciais na pulverização, com resultados muito satisfatórios em relação a outros métodos, pois faz com que a pulverização ocorra no local, momento e dose precisas, sem desperdício e com menor tempo de trabalho, otimizando o manejo das culturas e atendendo aos princípios da agricultura de precisão.

No entanto, Castaldo (2023) salienta que um importante desafio para uso dos drones de pulverização é sua baixa capacidade, alto custo de aquisição e regulamentações legais que são necessárias para seu uso em áreas agrícolas, e tais fatores, afetam principalmente, os agricultores de pequenas áreas. Outro ponto é quanto às baterias, pois com baterias pesadas e com pouco tempo de duração, os trabalhos de pulverização não conseguem atender as demandas. Contudo, o autor afirma que apesar dos desafios, a utilização de drones de pulverização na agricultura de precisão é o caminho em direção a revolução da agricultura.

Ferreira Neto, Rosa e Nuñez (2024) realizaram um estudo abordando a temática do uso de inteligência artificial na detecção de plantas daninhas, isto é, utilizando os drones. Os autores descrevem que a partir do mapeamento da área o VANT conseguiu identificar e classificar a vegetação de plantas daninhas dentro da lavoura. São capazes de realizar o mapeamento com alta resolução espacial, trazendo resultados positivos para o sensoriamento remoto.

O último trabalho analisado foi de Hemalatha e Sageentha (2024), que fizeram um levantamento sobre os principais aspectos de ajuda de drones na agricultura de precisão. Dentre os

benefícios, os autores destacaram a capacidade de analisar grandes quantidades de dados e no manejo das lavouras, como na proteção de lavouras contra infestações de parasitas com aplicações de defensivos, oferecendo desempenho superior em relação a vários outros métodos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos neste estudo, o uso de drones na agricultura destacam o papel crucial das tecnologias no avanço do setor agrícola, promovendo uma gestão mais eficiente, sustentável e precisa. Desse modo, a integração dos drones nas práticas da agricultura de precisão oferece inúmeros benefícios, como o monitoramento detalhado das lavouras, o que auxilia, de forma significativa, nas tomadas de decisões baseadas em dados precisos, e conseqüentemente, reduz os custos operacionais e melhora a produtividade. Além disso, o uso de drones na agricultura tem um grande potencial na sustentabilidade, promovendo práticas agrícolas mais limpas e eficientes ao otimizar o uso de recursos como água, fertilizantes e defensivos agrícolas, minimizando o impacto ambiental.

No entanto, embora a agricultura de precisão já seja uma realidade e a utilização de drones pode trazer grandes benefícios ao produtor rural, existem fatores limitantes e desafiadores para o uso de drones na agricultura de precisão. Uma das principais limitações, é a questão da legislação atual, extremamente restritiva, dificultando o acesso de muitos agricultores. Neste sentido, é importante que os agricultores se mantenham atualizados sobre a legislação vigente, garantindo que o uso dos drones seja seguro, regulamentado e eficiente. Outro fator desafiador é o alto custo de aquisição desses VANTs e das outras tecnologias de suporte, necessárias para seu funcionamento.



REFERÊNCIAS

ARANTES, B. H. T.; MORAES, V. H.; GERALDINE, A. M.; ALVES, T. M.; ALBERT, A.M.; DA SILVA, G. J. CASTOLDI, G. Spectral detection of nematodes in soybean at flowering growth stage using unmanned aerial vehicles. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.51:5, e20200283, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/YWdtrPs5k49DG3yVmbHW7hj/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 08/09/2024.

BARBIERI, R. F. Outro lado da fronteira agrícola: breve história sobre a origem e declínio da agricultura autóctone no cerrado. *Ambient. soc.* [online]. 2010, vol.13, n.2, pp.331-345. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2010000200008>. Acesso em: 07/09/2024.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 298, de 22 de setembro de 2021. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 set. 2021. Seção 1, p. 12. Disponível <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-298-de-22-de-setembro-de-2021-337543674>. Acesso em: 08/09/2024.

CAPELLI, N.L. Agricultura de precisão - Novas tecnologias para o processo produtivo. LIE/DMAQAG/ FEAGRI/UNICAMP, 1999. Disponível em: <http://www.bases.cnptia.embrapa.br/cria/gip/gipap/capelli.doc> Acesso em: 07/09/2024.

CARDANO M. Manual de pesquisa qualitativa: a contribuição da teoria da argumentação, Petrópolis: Vozes; 2017.

CASTALDO, J. H. Revolutionizing agriculture from the skies: exploring the potential of spraying drones in precision farming. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 40, e27284, 2023. Disponível em: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/cct/article/view/27284>. Acesso em: 08/09/2024.

CAVALCANTE, W. S. DA S., DA SILVA, N. F., TEIXEIRA, M. B., NETO, G. Z., FILHO, F. R. C., CUNHA, F. N.; CORRÊA, F. R. Tecnologias e inovações no uso de drones na agricultura / Technologies and innovations in the use of drones in agriculture. *Brazilian Journal of Development*, 8(1), 7108–7117, 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/43299>. Acesso em: 08/09/2024.

DALLMEYER, A. U.; SCHLOSSER, J. F. Mecanización para la agricultura de precisión. In: BLU, R. O.; MOLINA, L. F. Agricultura de precisión - Introducción al manejo sitio-específico Chillán-Chile : INIA, 1999. Cap.3, p.75-104.

FERREIRA NETO, A. R.; ROSA, M. C.; NUÑEZ, D. N. C. Uso de inteligência artificial na detecção de plantas daninhas. *Brazilian Journal of Science*, 3(1), 14-27, 2024. Disponível em: <https://periodicos.cerradopub.com.br/bjs/article/view/439/262>. Acesso em: 08/09/2024.

HEMALATHA, S.; SAGEENTHA, M. Identifying pests in precision agriculture using low-cost image data acquisition. *Brazilian Journal of Biology*, 2024, vol. 84, 2024. <https://www.scielo.br/j/bjb/a/tj7N9JBGSKwH5DTp6Fz8Lsz/?lang=en>. Acesso em: 08/09/2024.

SOUZA, F. G.; PORTES, M. F.; SILVA, M. V.; TEIXEIRA, M. M.; FURTADO JUNIOR, M. R. Impact of sprayer drone flight height on droplet spectrum in mountainous coffee plantation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.26, n.12, p.901-906, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n12p901-906>. Acesso em: 15/09/2024.



TAGLIARINI, F. DE S. N.; RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; GARCIA, Y. M.; CAMPOS, S. Imagens de veículo aéreo não tripulado aplicadas na obtenção do índice de vegetação por diferença normalizada. *Energia na agricultura*, 36(1), 111–122, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2021v36n1p111-122>. 08/09/2024.