

O uso de drones na agricultura 4.0

José Carlos de Alarcão Júnior¹ & Daniel Noe Coaguila Nuñez¹

¹Centro Universitário UniBRAS do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil

Correspondência: José Carlos de Alarcão Júnior, Centro Universitário UniBRAS do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil. E-mail: junioralarcao@gmail.com

Recebido: Maio 19, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v3i1.438

Aceito: Julho 03, 2023

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v3i1.438>

Resumo

A agricultura de precisão está ganhando cada vez mais espaço na produção rural, e os drones têm sido uma tecnologia amplamente utilizada nesse contexto. Estudos destacam que o uso de drones na agricultura traz diversos benefícios, como a melhoria na eficiência sobre o uso de insumos, redução de custos, aumento da produtividade e lucratividade. Os drones são capazes de coletar dados em tempo real e fornecer informações precisas sobre a saúde das plantas, permitindo aos produtores tomarem decisões com base em dados concretos. Além disso, os drones são capazes de cobrir grandes áreas de terreno com alta resolução de forma rápida e eficiente, permitindo que os produtores possam monitorar suas lavouras em tempo real e identificar áreas problemáticas que precisam de atenção imediata. No Brasil, a legislação atual exige autorização para o uso de drones em áreas rurais, mas iniciativas estão em andamento para aprimorar a regulamentação e tornar mais fácil o uso de drones na agricultura. A pulverização com drones é uma técnica promissora, mas requer cuidados específicos em relação ao preparo da calda, escolha dos equipamentos e definição dos planos de voo.

Palavras-chave: agricultura de precisão, VANT, produção rural, eficiência, monitoramento.

The use of drones in agriculture 4.0

Abstract

Precision agriculture is gaining more and more space in rural production, and drones have been a widely used technology in this context. Studies highlight that the use of drones in agriculture brings several benefits, such as improved efficiency in the use of inputs, cost reduction, increased productivity and profitability. Drones are able to collect real-time data and provide accurate information about plant health, allowing growers to make data-based decisions. Additionally, drones are capable of covering large areas of land in high resolution quickly and efficiently, allowing growers to monitor their crops in real time and identify problem areas that need immediate attention. In Brazil, current legislation requires authorization for the use of drones in rural areas, but initiatives are underway to improve regulation and make it easier to use drones in agriculture. Spraying with drones is a promising technique but requires specific care in relation to the preparation of the mixture, choice of equipment and definition of flight plans.

Keywords: precision agriculture, UAV, rural production, efficiency, monitoring.

1. Introdução

A agricultura de precisão tem sido cada vez mais adotada pelos produtores rurais, impulsionando a utilização de tecnologias como os drones. De acordo com um estudo publicado por Zhu et al. (2021), o uso de drones na agricultura 4.0 oferece uma série de benefícios, como a melhoria da eficiência no uso de insumos, redução de custos e aumento da produtividade, além da identificação de problemas na plantação em estágios iniciais, o que pode levar a uma melhor tomada de decisões.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), "a agricultura de precisão é uma abordagem agrônômica que utiliza tecnologias de informação e comunicação para avaliar, monitorar e gerenciar variabilidades intra e entre talhões de forma eficiente, visando à otimização do uso dos recursos e à maximização da produtividade e da qualidade das culturas" (Sbcs, 2021, p. 1).

Em outro estudo realizado por Castillejo-González et al. (2020), os pesquisadores destacam sobre a capacidade dos drones de coletar dados em tempo real e fornecer informações precisas sobre a saúde das plantas, permitindo que os produtores possam tomar decisões com base em dados concretos, pois, o uso de drones na agricultura permite a aquisição de imagens multiespectrais em alta resolução, o que pode ser usado para a detecção precoce de problemas de saúde das plantas. Resultando em economias significativas de recursos para aumentar a produtividade da cultura.

Além disso, em estudo realizado por Colomina et al. (2014) enfatizou a importância dos drones na obtenção de dados em grandes áreas de terreno, os drones são capazes de cobrir grandes áreas de terreno de forma rápida e eficiente, permitindo que os produtores possam monitorar suas plantações em tempo real e identificar áreas problemáticas que precisam de atenção imediata.

A legislação brasileira atualmente exige autorização para o uso de drones em áreas rurais e estabelece normas de segurança e privacidade. No entanto, há iniciativas em andamento para aprimorar a regulamentação e tornar mais fácil o uso de drones na agricultura. É necessário investir em políticas públicas para capacitação de profissionais e desenvolvimento de tecnologias específicas para o setor agrícola conforme preconiza o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, (MAPA) (Mapa, 2020).

A pulverização com drones é uma técnica promissora para a agricultura, mas requer cuidados específicos em relação ao preparo da calda, escolha dos equipamentos e definição dos planos de voo. A revisão de literatura com citações permite embasar o texto de forma mais completa e fundamentada.

Perante o exposto, objetivou-se realizar uma revisão sobre o uso de drones na agricultura de precisão utilizando-os para coleta de dados e monitoramento da saúde das plantas em uma propriedade rural. Apresentando a eficácia da utilização na pulverização com drones como uma técnica promissora, com a definição dos procedimentos desde a preparação da calda até a definição dos planos de voo.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Conceitos sobre a agricultura 4.0

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a agricultura 4.0 é uma "abordagem inovadora que combina tecnologias avançadas, análises de dados e tomada de decisão para melhorar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade da agricultura" (FAO, 2019).

Segundo Gómez-Barbero & Gutiérrez-Martín (2019), a agricultura 4.0 é "uma revolução na forma como a agricultura é praticada, que se baseia em tecnologias digitais como a *Internet* das coisas, *big data*, inteligência artificial e automação". Eles afirmam que essa abordagem pode "contribuir para um aumento significativo da produtividade, redução de custos, mitigação dos impactos ambientais e melhoria da qualidade dos produtos agrícolas".

Para Perez-Valle et al. (2020), a agricultura 4.0 é uma "nova era da agricultura, que utiliza tecnologias avançadas para monitorar, gerenciar e controlar os processos agrícolas". Eles destacam que a tecnologia de sensoriamento remoto, em particular, é fundamental para a agricultura 4.0, permitindo a coleta de dados em tempo real sobre o solo, as plantas e as condições climáticas.

Segundo de Souza et al. (2021), a agricultura 4.0 é "um modelo de produção agrícola que integra tecnologias digitais, como sensores, drones, sistemas de informação geográfica e inteligência artificial, para monitorar e controlar os processos agrícolas". Eles afirmam que a agricultura 4.0 pode trazer benefícios significativos para a produtividade e sustentabilidade agrícola, mas destacam que é necessário enfrentar desafios como a falta de infraestrutura de conectividade e o acesso limitado à tecnologia por parte dos produtores.

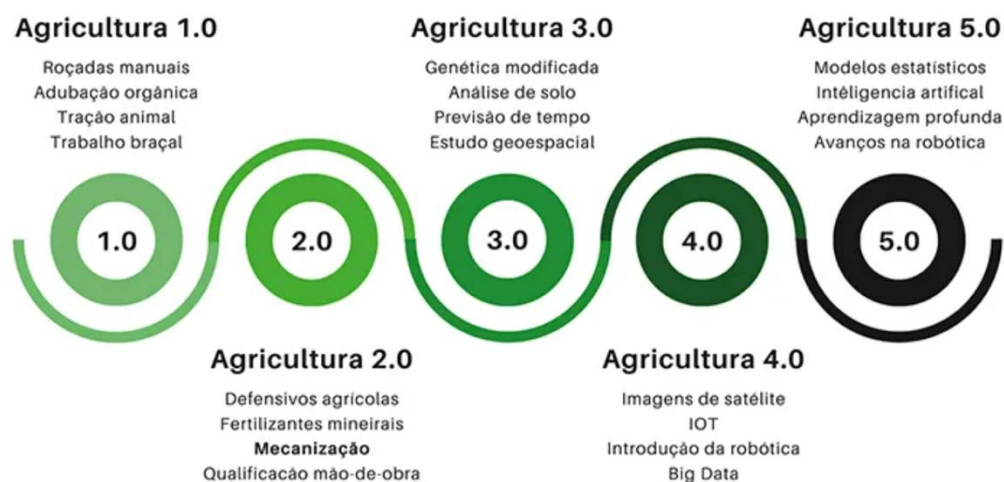


Figura 1. A evolução da agricultura. Fonte: Revista Cultivar (2020).

2.2 O que são drones e como funcionam?

Segundo Kachroo et al. (2018), um drone é definido como "um veículo aéreo não tripulado que é controlado remotamente ou segue um caminho pré-programado". Os autores destacam que os drones são equipados com uma variedade de sensores e câmeras que permitem capturar imagens e dados em tempo real.

Muitos são os exemplos no qual estes instrumentos podem auxiliar potencialmente a aquisição de dados por sensoriamento remoto, como pode ser observado na tabela a seguir, com alguns dos exemplos mencionados no *Document Earth Observations and the Role of UAVs*:

Tabela 1. Áreas potenciais do emprego de VANTs.

Missões em ciências da Terra
Incêndios, emissões, dispersão de plumas
Medições de fluxo de O ₂ e CO ₂
Composição e estrutura da vegetação
Dinâmica de geleiras
Mapeamentos 3D globais contínuos
Mapeamento topográfico
Medições da aceleração da gravidade
Rastreamento de transportes
Perfilamento vertical de longo período da atmosfera
Observações de condições de tempo extremas
Gestão do território e missões costeiras
Contagem de população para gestão da vida selvagem
Gestão urbana
Deteção de alterações de habitats da vida selvagem
Avaliação pré e pós-evento de incêndios e desastres
Gestão de reservatórios
Gestão de faixas (APP, servidão de LTs, etc.)
Qualidade da água costeira
Agricultura de precisão
Comunicação real time e ações de resposta de incêndios e desastres
Aplicação de substâncias retardantes em incêndios
Segurança pública
Vigilância marinha
Monitoramento de túneis
Vigilância de grandes áreas e fronteiras
Missões táticas em fronteiras
Patrulhas costeiras

Fonte: Sousa, (2017).

De acordo com Zhang et al. (2021), os drones são compostos por quatro componentes principais:

O sistema de propulsão, inclui as hélices e os motores que permitem ao drone se mover no ar;

O sistema de navegação, inclui sensores como GNSS e sensores de inércia que ajudam a determinar a localização e a orientação do drone;

O sistema de comunicação, permite que o drone se comunique com o operador remoto e outros dispositivos, como sensores de solo,

O sistema de controle, inclui um controlador de voo e software que permitem que o operador remoto controle o movimento e as funções do drone.

Segundo Li et al. (2020), os drones são capazes de realizar uma ampla gama de tarefas agrícolas, incluindo monitoramento de culturas, pulverização de pesticidas e fertilizantes, mapeamento de solos e detecção de doenças nas plantas, como mostra na (Figura 2). Eles afirmam que os drones podem oferecer uma maneira mais eficiente e precisa de realizar essas tarefas do que os métodos tradicionais.

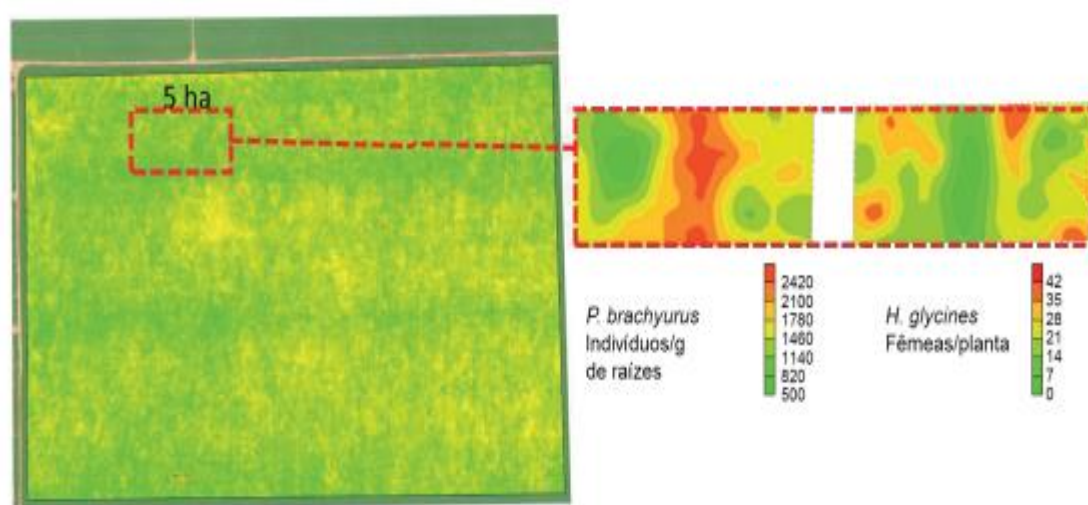


Figura 2. Índice de área de produção comercial de soja (82 ha) com ataque dos nematoides das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) e do cisto (*Heterodera glycines*) e área de 5 ha avaliada quanto à população dos dois parasitas na safra 2017/18. Solo com textura muito argilosa. Imagem aérea: 13/12/2017. Embrapa Soja, Tapurah, MT, 2018. Fonte: Embrapa (2018),

Para Liu et al. (2021), os drones podem ser especialmente úteis para a agricultura de precisão, que envolve a coleta de dados sobre as culturas e o solo para otimizar o uso de recursos e aumentar a produtividade. Eles destacam que os drones podem coletar dados em alta resolução e em tempo real, permitindo que os produtores agrícolas tomem decisões mais informadas e eficientes.

Como observado na Figura 3, existem dois tipos principais de modelos de VANTs que são comumente encontrados: os multirotores e os de asa fixa. Ambos são utilizados para levantamentos de dados geoespaciais da superfície do terreno, cada um com sua capacidade de acordo com sua arquitetura.

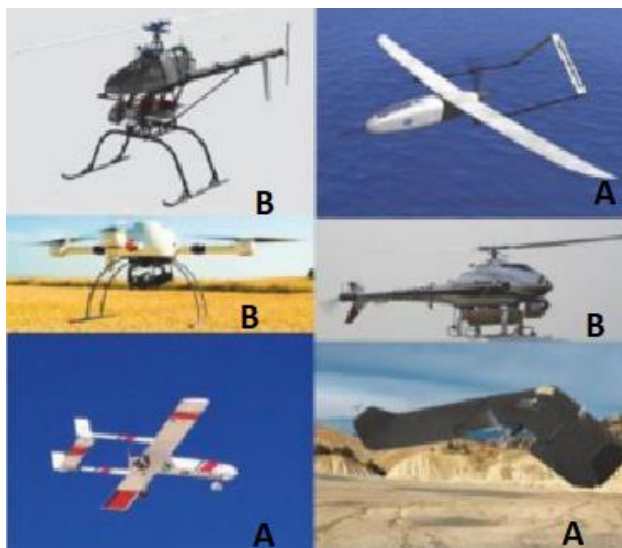


Figura 3. Tipos de VANT: (A) Asa Fixa e (B) Multirotor. Fonte: Sousa, (2017).

A maioria dos trabalhos recentes em Agricultura de Precisão utiliza VANTs multirotores, para Sarigiannidis et al. (2019), isso se deve principalmente ao fato de que na maioria das aplicações a área considerada não é muito grande. Por esse motivo, não é necessário o uso de VANTs com alta velocidade e capacidade de cobrir grandes áreas em poucos voos, como os VANTs de asa fixa. Moutinho (2015) comenta que possivelmente o melhor entre esses são os multirotores, como mostra a (Figura 4), pois devido a sua capacidade de pairar e levantar voo verticalmente, é útil para decolagem em locais mais apertados e para aplicações em fotogrametria terrestre (principalmente arquitetônica).



Figura 4. VANT multirotor. Fonte: No ar drones (2023).

2.3 Aplicações dos drones na agricultura

De acordo com Liu et al. (2021), os drones têm sido amplamente utilizados na agricultura para monitoramento de culturas, pulverização de pesticidas e fertilizantes, mapeamento de solos, detecção de doenças nas plantas e outras tarefas agrícolas. Eles afirmam que a aplicação dos drones na agricultura pode melhorar significativamente a eficiência e a precisão das operações agrícolas, bem como reduzir o impacto ambiental. Na (Figura 5), podemos observar a uniformidade de uma lavoura de café.

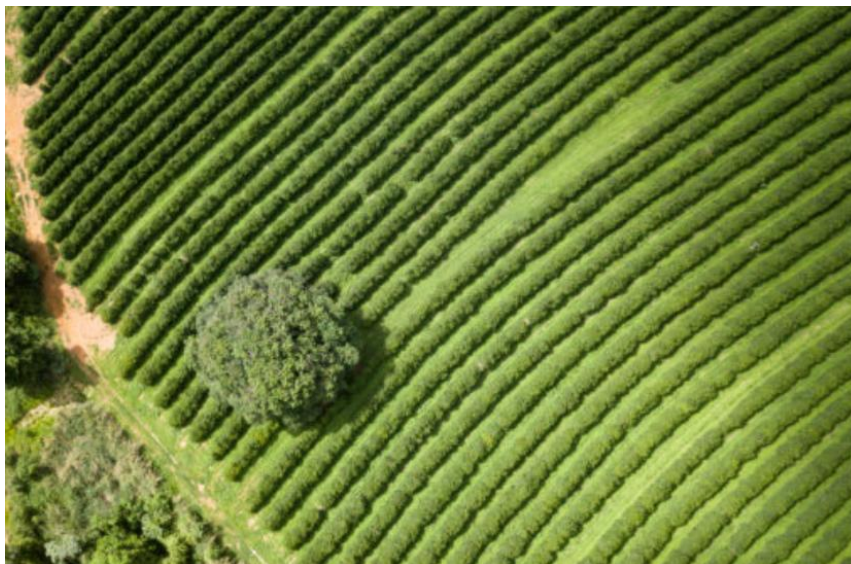


Figura 5. Imagem capturada por VANT que mostra lavoura de café. Fonte: hub do café (2022).

Segundo Meena et al. (2021), o uso de drones permite a coleta de fotos de alta resolução das plantações, o que possibilita a análise de diversas variáveis, como a saúde das plantas, a presença de pragas e doenças, a fertilidade do solo, entre outras.

Com isso, é possível identificar problemas mais rapidamente e tomar ações corretivas de forma mais eficiente, como observado na (Figura 6) uma área com falhas na semeadura na lavoura de soja.



Figura 6. Imagem capturada por VANT que mostra regiões com falhas na semeadura na lavoura de soja. Fonte: Instituto Federal Goiano - IFGoiano (2022).

De acordo com Wang et al. (2020), o uso de drones para monitoramento de lavouras tem diversas vantagens, como a rapidez na coleta de dados, a economia de recursos e o aumento da eficiência na tomada de decisões. Além disso, os drones podem ser equipados com diferentes sensores, como câmeras multiespectrais e termográficas, que permitem a obtenção de informações mais precisas sobre as condições das plantas e do solo, como lesões de nematoides apontados na (Figura 7).



Figura 7. Imagem aérea de experimento de manejo do nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) na safra 2017/18, em solo com textura arenosa Fonte: Embrapa Soja, Tapurah, MT, (2018).

No entanto, há também desafios relacionados ao uso de drones para monitoramento de lavouras. Segundo Yu et al. (2020), é necessário levar em consideração questões como a segurança do voo dos drones, a privacidade dos dados coletados e a capacitação dos profissionais que vão operar os equipamentos.

Segundo Khot et al. (2017), os drones também podem ser usados para mapear áreas de plantação, permitindo que os agricultores identifiquem áreas problemáticas que requerem maior atenção. Eles destacam que o uso de drones para mapeamento de culturas pode economizar tempo e dinheiro em comparação com métodos tradicionais, como a realização de levantamentos topográficos, como mostra a (Figura 8) o levantamento topográfico realizado por VANT.



Figura 8. Levantamentos topográficos realizados por VANT. Fonte: HC2 Soluções (2019).

Em um estudo realizado por Miao et al. (2019), foi demonstrado que os drones podem ser usados para detectar doenças nas plantas, como mostra a Figura 9. Eles afirmam que isso pode ajudar os agricultores a identificar rapidamente quaisquer problemas que possam estar afetando as culturas e tomar medidas corretivas imediatas.

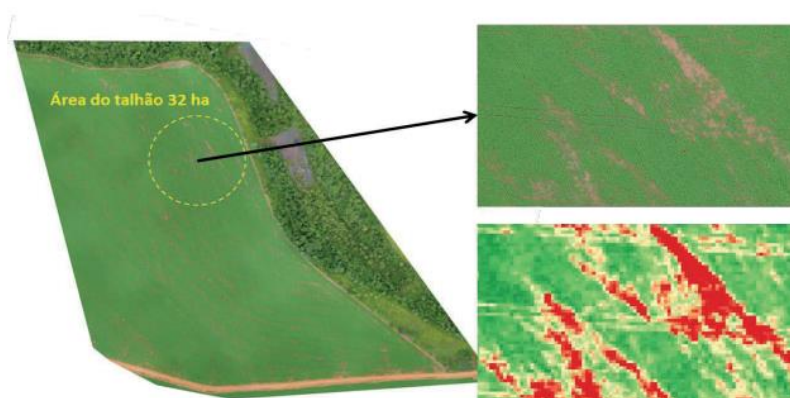


Figura 9. Imagem aérea de talhão de produção comercial de soja apresentando falhas de estande devido ao ataque de lagarta elasmoplus (*Elasmopalpus lignosellus*) na safra 2017/18. No detalhe a região com maior problema. Fonte: Embrapa Soja, Lucas do Rio Verde/MT, (2018).

Para Zhang et al. (2019), os drones podem ser usados para pulverizar pesticidas e dispersar fertilizantes nas culturas de maneira mais eficiente e precisa do que os métodos tradicionais. Eles afirmam que isso pode reduzir o desperdício de produtos químicos e melhorar a saúde das culturas e do meio ambiente.

2.4 O uso de VANTs na pulverização

O uso de VANTs na pulverização de lavouras tem ganhado destaque nos últimos anos, devido à sua eficiência e precisão. Diversos estudos têm sido realizados para avaliar a eficácia desse método em comparação com os métodos tradicionais de pulverização. Segundo um estudo realizado por Wang et al. (2019), a pulverização com drones apresentou uma eficiência de controle de pragas maior do que a pulverização manual em diversas culturas, incluindo arroz, trigo e batata. Oliveira et al. (2021), complementam afirmando que, os drones permitem a aplicação localizada de defensivos agrícolas, reduzindo o desperdício de produtos e minimizando os danos ao meio ambiente, na (Figura 10) mostra a eficiência da aplicação no local desejado.

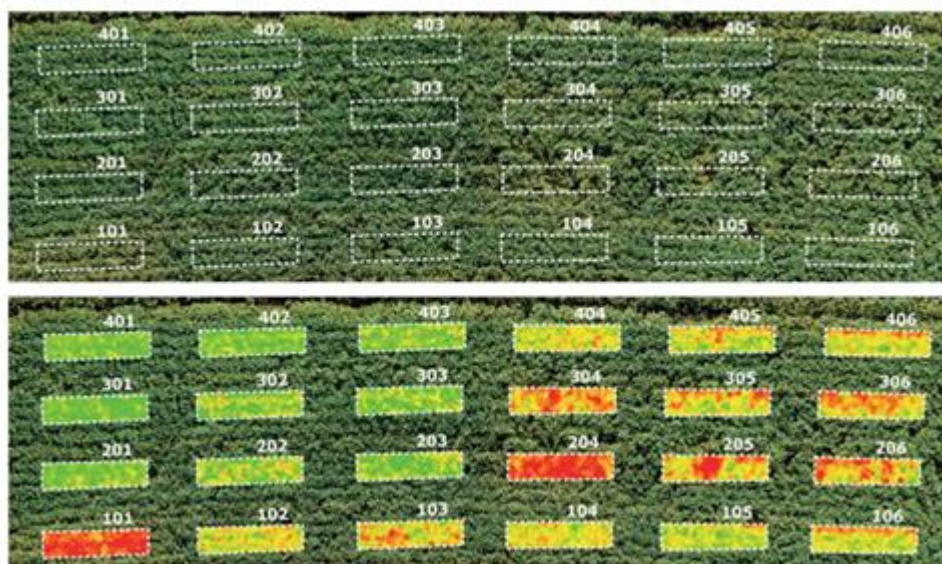


Figura 10. Imagem aérea parcial de experimento de eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja no estágio R5.5. Parcelas 101 e 204 representam a testemunha, sem aplicação. Imagem inferior representa o MPRI das parcelas. Fonte: Embrapa Soja, Londrina, PR, (2018).

Além disso, o uso de drones na pulverização de lavouras apresenta benefícios significativos em relação à

redução de custos e ao aumento da segurança dos trabalhadores. De acordo com um estudo realizado por Jia et al. (2021), o uso de drones pode reduzir os custos de pulverização em até 90% em comparação com os métodos tradicionais.

Um estudo realizado por Silva et al. (2020) demonstrou que a utilização de drones para pulverização de culturas de soja e milho apresentou resultados satisfatórios em termos de cobertura e eficiência de aplicação. Destacando que o uso de drones na agricultura pode contribuir para a redução do tempo de aplicação e dos custos com mão de obra.

2.5 Modelos de drones usados na pulverização

A Figura 11 traz alguns modelos dos drones de asa mais comuns para a pulverização de lavouras em grande escala.

	Nome (marca/modelo)	Capacidade do tanque (litros)	Rendimento do trabalho (hectares/hora)
	Agras MG-1	10	3 a 4
	Pelicano	8	5 a 10
	JT Sprayer 15-608	15	5 a 6
	ElevaSpray 150	75	20

Figura 11. Modelos de VANTs usados na pulverização e suas especificações. Fonte: Aegro (2023).

Segundo pesquisa realizada por Bini (2021), com o avanço da tecnologia e normalização do uso de drones na pulverização o setor chegou a movimentar com valores altíssimos, sendo cerca de R\$: 300 milhões apenas no Brasil.

Ainda em relação aos drones de rotor, é importante destacar o uso de drones multirrotores. Esses drones são altamente manobráveis e são ideais para a pulverização de lavouras em áreas de difícil acesso. Segundo Xu et al. (2021), esses drones também são capazes de voar em baixas altitudes, o que aumenta a precisão da pulverização. De acordo com Li et al. (2021), esses drones são capazes de cobrir uma grande área em um curto espaço de tempo e são mais eficientes em termos de consumo de energia em comparação com drones de rotor. Além disso, esses drones podem transportar cargas úteis mais pesadas do que os drones de rotor, o que os torna ideais para a pulverização de grandes plantações.

2.6 Processo de funcionamento do drone de pulverização

O processo de funcionamento do drone de pulverização pode ser dividido em algumas etapas partindo da avaliação da área a ser pulverizada e da cultura em questão, a fim de definir o tamanho total da área e qual cultura deve ser atingida, segundo Agropós (2021). Para que a pulverização com drones seja efetivo, é necessário realizar uma avaliação total da área, cultura e tipo de aplicação, pulverização com drones é semelhante ao pulverizador uniport, mais conhecido como autopropelido, que também consegue fazer o trabalho de pulverizar o campo.

Após a avaliação da área e da cultura, é necessário escolher o bico pulverizador e a vazão adequados para o drone, levando em consideração as características da cultura e as especificações técnicas dos defensivos agrícolas que serão utilizados. É necessário preparar a calda de defensivos agrícolas, escolhendo quais produtos serão utilizados e adicionando-os na ordem correta, de acordo com suas formulações e concentrações, conforme

apontado por Gomes et al. (2020). Os autores ressaltam que a escolha do bico pulverizador e da vazão adequada são fatores fundamentais para garantir a eficiência da pulverização.

A programação dos planos de voo e a execução, deve levar em consideração as características da área a ser pulverizada, as condições meteorológicas e os obstáculos presentes no campo. De acordo com Salvalaggio et al. (2021), a definição dos planos de voo deve ser feita com base em análises técnicas criteriosas, a fim de garantir a segurança das operações e a qualidade da aplicação.

É importante destacar que, durante todo o processo, é necessário seguir as recomendações dos fabricantes dos defensivos agrícolas e dos equipamentos utilizados, a fim de garantir a eficiência e a segurança da aplicação.

2.7 Vantagens e desvantagens do uso de drones na agricultura 4.0

As vantagens do uso de drones na agricultura 4.0 incluem melhora na eficiência e precisão das operações agrícolas, redução do impacto ambiental, coleta de dados em tempo real, economia de tempo e dinheiro e detecção de problemas nas culturas. No entanto, as desvantagens incluem altos custos iniciais e de manutenção, necessidade de treinamento adequado, limitações de carga útil e duração da bateria, questões legais e regulatórias e preocupações de privacidade.

Vantagens:

- Melhora a eficiência e a precisão das operações agrícolas (Liu et al., 2021).
- Reduz o impacto ambiental, uma vez que o uso de drones pode levar a uma redução na quantidade de produtos químicos usados nas culturas (Zhang et al., 2019).
- Permite a coleta de dados em tempo real, o que pode ajudar os agricultores a tomar decisões mais informadas (Zhao et al., 2021).
- Economiza tempo e dinheiro em comparação com métodos tradicionais, como a realização de levantamentos topográficos (Khot et al., 2017).
- Pode ser usado para detectar problemas nas culturas, como doenças, e tomar medidas corretivas imediatas (Miao et al., 2019).

Desvantagens:

- Altos custos iniciais de aquisição e manutenção dos drones (Erdogan et al., 2020).
- Requer treinamento adequado para operar os drones corretamente (Liu et al., 2021).
- Limitações de carga útil e duração da bateria podem limitar o tempo de voo e a quantidade de produtos químicos que podem ser transportados pelos drones (Zhang et al., 2019).
- Pode haver questões legais e regulatórias relacionadas ao uso de drones na agricultura (Erdogan et al., 2020).
- Pode haver preocupações de privacidade relacionadas ao uso de drones na coleta de dados sobre culturas e propriedades agrícolas (Khot et al., 2017).

2.8 Legislação brasileira sobre o uso de drones na agricultura

De acordo com o MAPA, a legislação Nº 298 DE 22/09/2021 estabelece uma série de requisitos para o uso de drones na agricultura. Entre esses requisitos, destacam-se a necessidade de que o operador do drone seja maior de idade, habilitado, capacitado e registrado para operar a aeronave, além de ser necessário respeitar as normas de segurança e privacidade estabelecidas pela legislação brasileira.

Para operar um drone, é necessário obter um registro junto à ANAC através do Sistema Integrado de Produtos e Estabelecimentos Agropecuários - SIPEAGRO. Segundo a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), o registro é obrigatório para todas as aeronaves não tripuladas com peso superior a 250 gramas. Além disso, é necessário realizar o seguro RETA (Responsabilidade Civil do Explorador ou Transportador Aéreo) para garantir a segurança das operações.

A utilização de drones para fins agrícolas no Brasil é regulamentada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Esses órgãos estabelecem as regras para o uso de drones em todo o território nacional.

Segundo a ANAC, é necessário obter uma autorização para operar drones em áreas rurais, com exceção dos casos em que o drone é utilizado exclusivamente para fins recreativos ou desportivos, sem fins comerciais. A ANAC estabelece que as operações com drones agrícolas devem ser realizadas por empresas certificadas, com pilotos certificados e autorizados pela agência, além de serem observadas as normas de segurança e privacidade.

Caso o drone seja importado, é necessário obter a homologação junto à Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Essa homologação é obrigatória para garantir que o drone atenda aos requisitos técnicos estabelecidos pela agência.

É importante mencionar que o mapeamento de áreas com drones é regulamentado pelo Ministério da Defesa. De acordo com o ministério, é proibido mapear áreas com drones que excedam 15 km². Essa restrição tem como objetivo garantir a segurança das operações aéreas e evitar o uso indevido de drones em áreas sensíveis.

Além disso, o DECEA estabelece regras para o uso de drones em áreas urbanas e rurais, assim os requisitos para a solicitação do espaço aéreo para cada operação a ser realizada.

Para o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), realizar voos com drones na agricultura, é necessário apresentar uma Planilha de Risco Operacional. Essa planilha é um documento que descreve os riscos associados à operação do drone, bem como as medidas de mitigação que serão adotadas para reduzir esses riscos.

Um dos principais desafios para a utilização de drones na agricultura no Brasil é a legislação, que ainda é bastante restritiva. No entanto, há iniciativas em andamento para aprimorar a regulamentação e tornar mais fácil o uso de drones na agricultura.

De acordo com Silva et al. (2020), a legislação brasileira está avançando para permitir o uso de drones na agricultura, mas ainda há muito a ser feito para incentivar o desenvolvimento desse mercado no país. Segundo os autores, é necessário investir em políticas públicas para capacitação de profissionais e desenvolvimento de tecnologias específicas para o setor agrícola.

3. Conclusões

Os drones são veículos aéreos não tripulados que são controlados remotamente ou seguem um caminho pré-programado. Eles são compostos por quatro componentes principais: o sistema de propulsão, o sistema de navegação, o sistema de comunicação e o sistema de controle. Os drones podem ser usados para uma ampla gama de tarefas agrícolas, incluindo monitoramento de culturas, pulverização de pesticidas e fertilizantes, mapeamento de solos e detecção de doenças nas plantas. Eles podem oferecer uma maneira mais eficiente e precisa de realizar essas tarefas do que os métodos tradicionais, especialmente na agricultura de precisão.

A agricultura 4.0 é um conceito que combina tecnologias avançadas e análises de dados para melhorar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade da agricultura. A tecnologia de sensoriamento remoto é fundamental para essa abordagem, permitindo a coleta de dados em tempo real sobre o solo, as plantas e as condições climáticas. Embora a agricultura 4.0 traga benefícios significativos, é necessário enfrentar desafios para a adoção em larga escala.

O uso de drones na agricultura 4.0 tem se mostrado uma prática cada vez mais comum entre os produtores rurais, oferecendo benefícios como a melhoria da eficiência no uso de insumos, a detecção precoce de problemas nas plantações e a obtenção de dados em grandes áreas de terreno.

Os drones têm sido amplamente utilizados na agricultura para monitoramento de culturas, pulverização de pesticidas e fertilizantes, mapeamento de solos, detecção de doenças nas plantas e outras tarefas agrícolas. A aplicação dos drones na agricultura pode melhorar significativamente a eficiência e a precisão das operações agrícolas, bem como reduzir o impacto ambiental. Os drones podem ser usados para monitorar o crescimento das culturas em tempo real, mapear áreas de plantação, pulverizar pesticidas e fertilizantes nas culturas, e detectar doenças nas plantas.

4. Agradecimentos

Agradeço ao Centro Universitário UniBRAS do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil.

5. Contribuições dos autores

José Carlos de Alarcão Júnior: delineamento do estudo, escrita científica, submissão e publicação. *Daniel Noe Coaguila Nuñez*: orientador, correções científicas e publicação.

6. Conflitos de interesses

Não há conflitos de interesses.

7. Aprovação ética

Não aplicável.

8. Referências

- Agência Nacional de Aviação Civil. (2023). Registro de aeronaves não tripuladas. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/drones/registro-de-aeronaves-nao-tripuladas>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- Agricultura do futuro. (2019). 5 modelos de drones para pulverização. Agointeli, 2019. Disponível em: <https://blog.agointeli.com.br/blog/drones-para-pulverizacao/> Acesso em 01 de Jun de 2023.
- Brasil. (2023). 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 em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-298-de-22-de-setembro-de-2021-337543674>. Acesso em: 30 mar. 2023.
- Castillejo-González, I. L., García-Torres, L., & Peña, J. M. (2020). The use of drones in agriculture: A bibliometric analysis. *Sensors*, 20(7), 2042.
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>
- Departamento de controle de espaço aéreo. (2023). Planilha de Risco Operacional. Disponível em: <<https://www.decea>> Acesso em: 01 de Jun de 2023.
- de Souza, P. H., Amorim, T. C., Ferreira, A. B., & Pereira, G. A. (2021). A Agricultura 4.0 e seus impactos na produção agrícola: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 5(2), 1-13.
- Embrapa. (2018). Embrapa Soja - Resultados de pesquisa em 2017: 29 anos de Embrapa Soja. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-noticias/-/noticia/35081911/resultados-de-pesquisa-em-2017-29-anos-de-embrapa-soja>. Acesso em: 01 de Jun de 2023.
- Erdogan, G., Ozturk, T., & Karakaya, G. (2020). Drones para agricultura inteligente: uma revisão de casos de uso, oportunidades e desafios. *Revista de Produção Mais Limpa*, 263, 121499. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121499.
- Gómez-Barbero, M., & Gutiérrez-Martín, C. (2019). Agricultura 4.0: Una revolución tecnológica para un sector más sostenible y conectado. *Estudios de la Economía Agraria y Pesquera*, 236, 15-40.
- Jia, H., Zhang, S., Wang, S., Wu, J., Zhang, Q., & Liu, W. (2021). Effectiveness of unmanned aerial vehicle (UAV) spraying for pest control in cotton fields. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 27(1), 29-42.
- Kachroo, J., Rao, S., & Akintoye, A. (2018). *Unmanned aerial vehicle systems: A brief overview*. In *Emerging trends in ICT security* (pp. 151-161). Springer, Cham.
- Khot, L. R., Sankaran, S., & Wei, G. (2017). Applications of drones in agriculture. In: *Drones in agriculture* (pp. 3-20). Springer, Cham.
- Jindo, K., Teklu, M. G., van Boheeman, K., Njehia, N. S., Narabu, T., Kempenaar, C., Molendijk, L. P. G., Schepel, E., & Been, T. H. (2023). Unmanned aerial vehicle (UAV) for detection and prediction of damage caused by potato cyst nematode *G. pallida* on selected potato cultivars. *Remote Sensing*, 15(5), 1429. <https://doi.org/10.3390/rs15051429>
- Liu, L., Li, M., & Li, X. (2021). Unmanned aerial vehicle - Computers and electronics in agriculture based precision agriculture for improving crop production and protecting the environment. In: *Sustainable Agriculture Reviews* 48 (pp. 247-276). Springer, Cham.
- Liu, C., Li, W., Li, Z., & Liu, H. (2021). Application of unmanned aerial vehicle (UAV) in agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 1-20.
- Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2020). *Drones na agricultura: como utilizar essa tecnologia?* Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/drones-na-agricultura-como-utilizar-essa-tecnologia>

Acesso em: 01 de Jun de 2023.

- Meena, P. D., Das, A., & Kumar, A. (2021). Role of drone technology in agriculture: a comprehensive review. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(2), 243-258.
- Miao, Y., Wang, M., Xu, Z., & Xu, J. (2019). A review of unmanned aerial vehicle (UAV)-based disease detection in agriculture. *Precision Agriculture*, 20(1), 1-15.
- Oliveira, G. M., Padilha, A. L., & Gomes, A. J. A. (2021). Drones na agricultura: revisão sistemática dos principais aspectos e tendências. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 15(1), 1-12.
- Perez-Valle, A., Delgado, M., & Ramos-González, M. I. (2020). Agriculture 4.0 and the use of drones for crop monitoring: A review. *Agriculture*, 10(11), 554.
- Salvalaggio, M., Schmidt, E., & de Andrade, F. (2021). Aplicação aérea de defensivos agrícolas: fundamentos para a tomada de decisão na definição dos planos de voo. Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE). Acesso em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1133345>
- Sarigiannidis, P. G., Arvanitopoulos, A., Tassioulas, L., & Lagkas, T. D. (2019). Comunicações sem fio baseadas em drone: uma visão geral abrangente. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(4), 3414-3442.
- Silva, A. F., Chaim, A., Furlani Júnior, E., Rosa, A. M., & Tuffi Santos, L. D. (2020). Uso de drones para aplicação de produtos fitofarmacêuticos nas culturas de soja e milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 24(8), 581-586. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v24n8p581-586
- Sbcs. (2021). Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. *Agricultura de precisão*. Recuperado em 19 de abril de 2023, de <https://www.sbcs.org.br/o-que-e/agricultura-de-precisao/>
- Sousa, H. L. (2017). Sensoriamento remoto com VANTs: uma nova possibilidade para a aquisição de geoinformações. *Revista Brasileira de Geomática*, 5(3), 326-342. <http://dx.doi.org/10.3895/rbgeo.v5n3.5511>
- Wang, Q., Zhang, Y., Chen, X., Wang, Y., & Liu, X. (2020). Applications of drones in agriculture: a review of recent progress. *Biosystems Engineering*, 197, 103-125.
- Yu, C., Chen, S., Yang, J., & Xu, Z. (2020). A review on unmanned aerial vehicle systems for civil applications: utilization, research issues, and future trends. *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, 21(2), 318-333.
- Zhang, X., Li, W., Guo, B., & Yang, Y. (2021). Unmanned aerial vehicle (UAV) systems for agricultural applications. In *Agricultural Internet of Things and Decision Support for Precision Smart Farming* (pp. 53-72). Springer, Singapore
- Zhu, X., Chen, L., Xu, H., & Zhang, X. (2021). Application of agriculture 4.0 in China: A Review. *IEEE Access*, 9, 81981-81991.
- Zhang, Y., Wu, X., Liu, Z., Zhang, Z., & Wang, L. (2019). Applications of unmanned aerial vehicles in the agricultural protection industry: a review. *Precision Agriculture*, 20(6), 1121-1141.
- Wang, C., Li, Y., Li, Z., Li, X., Wu, M., & Wang, J. (2019). Evaluation of the effectiveness of UAV pesticide application by unmanned aerial vehicle. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 35(7), 16-22.

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).