

**O USO DE DRONES NA AGROINDÚSTRIA 4.0: ALTERNATIVA DIGITAL PARA A
PULVERIZAÇÃO**

THE USE OF DRONES IN AGRIBUSINESS 4.0: A DIGITAL ALTERNATIVE TO SPRAYING

**EL USO DE DRONES EN LA AGROINDUSTRIA 4.0: UNA ALTERNATIVA DIGITAL A LA
PULVERIZACIÓN**

William Dietrich Klug¹; Vithorio da Conceição Dutra²; Cintya Rayssa Dutra Carvalho³;
Aline Soares Pereira⁴

¹ Universidade Federal de Pelotas - deiklug@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas - vithorio96@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas - cintyadutracarvalho9@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas - pereira.asp@gmail.com

Resumo: Diante das mudanças climáticas e da segurança alimentar, as atividades agrícolas enfrentam desafios complexos que reforçam a necessidade de buscar melhores soluções tecnológicas para o setor. Dada a importância e aplicabilidade do drone de pulverização na agricultura, pretende-se, neste artigo, apresentar uma investigação sobre o uso de drones na agricultura com o intuito de compreender melhor como se dá a implementação dessa nova tecnologia na produção agrícola, bem como as principais inovações e tendências tecnológicas. Para isso, foram realizadas entrevistas utilizando a abordagem mista quanti-qualitativa com quatro agricultores da região Sul do Rio Grande do Sul, o foco do trabalho foi compreender sobre os benefícios e os desafios da pulverização de lavouras por drones. Os resultados identificaram uma tendência no uso desses equipamentos não somente na pulverização, mas em outras atividades. Entre as vantagens desse sistema estão a redução dos custos operacionais, redução do desperdício de produtos devido a problemas de sobreposição de aplicação, minimização do uso de água e produtos químicos durante a aplicação, manutenção mais acessível e o operador não ter contato com resíduos durante a aplicação. Além disso, os drones possuem a capacidade de mapear a área, reconhecendo o trajeto percorrido e a quantidade de produto aplicada em relação à largura de aplicação. Destaca-se ainda que a falta de treinamento para identificar obstáculos e evitar acidentes é um dos desafios na adoção do sistema, o que evidencia a importância de investimentos em capacitação e treinamento para os agricultores.

Palavras-chave: Agricultura de precisão; Agricultura 4.0; Inovação na agricultura; Agricultura convencional.

Abstract: In the face of climate change and food security, agricultural activities face complex challenges that reinforce the need to seek better technological solutions for the sector. Given the importance and applicability of the spraying drone in agriculture, this article aims to present an investigation on the use of drones in agriculture to better understand how the implementation of this new technology in agricultural production takes place, as well as the main innovations and technological trends. For this, interviews were conducted using a mixed quantitative-qualitative approach with four farmers from the region of Sul do Rio Grande do Sul. The focus of the work was to understand the benefits and challenges of spraying crops by drones. The results identified a trend in the use of this equipment, not only in spraying but in other activities as well. Among the advantages of this system are reduced operating costs, reduced product waste due to application overlap issues, minimized use of water and chemicals during application, more accessible maintenance, and the operator not having contact with residues during application. In addition, drones can map the area, recognizing the path traveled and the amount of product applied in relation to the width of the application. It is also highlighted that the lack of training to identify obstacles and avoid accidents is one of the challenges in the

adoption of the system; this shows that investments in qualification and training for farmers is mandatory to succeed.

Key words: precision agriculture; agriculture 4.0; innovation in agriculture; conventional agriculture.

Resumen: Las actividades agropecuarias enfrentan desafíos complejos ante el cambio climático y la seguridad alimentaria, lo que refuerza la necesidad de buscar mejores soluciones tecnológicas para el sector. Dada la importancia y aplicabilidad del dron fumigador en la agricultura, este artículo tiene como objetivo presentar una investigación sobre el uso de drones en la agricultura con el fin de comprender mejor cómo se lleva a cabo la implementación de esta nueva tecnología en la producción agrícola, así como las principales innovaciones y tendencias tecnológicas. Para ello, se realizaron entrevistas utilizando el enfoque mixto cuantitativo-cualitativo con cuatro agricultores de la Región Sur del Estado de Rio Grande del Sur. El enfoque del trabajo fue comprender los beneficios y los desafíos de la fumigación de cultivos con drones. Los resultados identificaron una tendencia en el uso de este equipo no solo en la fumigación, sino también en otras actividades. Entre las ventajas de este sistema se encuentran la reducción de los costos operativos, la reducción del desperdicio de productos debido a problemas de superposición de aplicaciones, el uso minimizado de agua y productos químicos durante la aplicación, mantenimiento más accesible y el hecho que el operador no tiene contacto con los residuos durante la aplicación. Además, los drones tienen la capacidad de mapear la zona, reconociendo el camino recorrido y la cantidad de producto aplicado en relación con el ancho de aplicación. Se destaca adicionalmente que la falta de capacitación para identificar obstáculos y evitar accidentes es uno de los desafíos en la adopción del sistema, lo que pone de manifiesto la importancia de las inversiones en calificación y capacitación de los agricultores.

Palabras llave: Agricultura de precisión; Agricultura 4.0; Innovación en la agricultura; Agricultura convencional.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é responsável por produzir os alimentos para o mundo, portanto nesse cenário estudos voltados para a segurança alimentar e para o uso de tecnologias nos sistemas de produção agrícola são fundamentais. De acordo com as mais recentes projeções da ONU (Organização das Nações Unidas), a população global atingirá cerca de 9,7 bilhões de pessoas até o ano de 2050 (United Nations, 2022, p. 3) e espera-se que este crescimento continue. Além disso, há uma preocupação com as questões de proteção ambiental e dos recursos hídricos (Inoue, 2020).

Complementar a essas preocupações, ainda destaca-se que o uso de fertilizantes químicos e pesticidas, juntamente com a intensificação das atividades agrícolas, pode acarretar sérios desafios ambientais para o futuro. Da mesma forma, a terra arável é limitada em todo o mundo e o número de agricultores está diminuindo. Esses desafios destacam a necessidade de soluções agrícolas inovadoras e sustentáveis (Elijah et al., 2018).

Nesse sentido, a incorporação de novas tecnologias é considerada uma solução promissora para superar estes problemas. Atualmente, já existem diversos sistemas que buscam minimizar os desperdícios e aumentar a produtividade na agricultura. Porém, a tomada de decisão por parte dos agricultores sobre a adoção destas nem sempre é fácil, visto que demanda um investimento financeiro e uma capacitação técnica para lidar com essa tecnologia. O problema de pesquisa visa estabelecer se a adoção dos drones nas

unidades de produção rural é capaz de atender a esse novo cenário de produção mundial. Ainda objetiva-se entender sobre quais são os benefícios e as dificuldades que os agricultores encontraram na adoção dos drones para a pulverização das lavouras se comparado com os sistemas convencionais de aplicação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Agricultura inteligente e agricultura de precisão

Atualmente destaca-se dois modelos modernos que utilizam tecnologias no setor, conhecidos por agricultura inteligente (AI) e agricultura de precisão (AP) (Feng et al., 2019; Khanna & Kaur, 2019). O modelo de agricultura inteligente (AI) busca a adoção de tecnologias da informação e comunicação dentre outras inovações de ponta nas atividades agrícolas com o objetivo de aumentar a eficiência e eficácia (Haque et al., 2021). Já a agricultura de precisão (AP) se concentra no manejo específico do local, onde a terra é dividida em partes homogêneas, cada uma recebendo quantidades precisas de insumos agrícolas para otimizar o rendimento das culturas por meio de novas tecnologias (Feng et al., 2019; Khanna & Kaur, 2019).

Esta opinião é compartilhada pelos autores Simões; Soler; PY, (2017) que dizem que as tecnologias têm o potencial de trazer oportunidades nos processos, produtos e negócios. Dentro desta linha, portanto, é que Pincheira et al., (2021) comentam que as tecnologias habilitadoras proeminentes atraíram a atenção de estudiosos neste campo, elas incluem redes de sensores sem fio, Internet das Coisas (IoT), tecnologias de inteligência artificial (IA), incluindo aprendizado de máquina e aprendizado profundo, tecnologias de computação, *big data* e *blockchain*^{*1}.

Além das tecnologias citadas, o sensoriamento remoto também é considerado uma ferramenta técnica com grande potencial para melhorar a inteligência e a precisão da agricultura. Satélites, aeronaves tripuladas e drones são tecnologias populares de sensoriamento remoto (Tsouros et al., 2019). Drones, comumente conhecidos como veículos aéreos não tripulados (UAVs), são importantes, pois possuem vantagens sobre outras tecnologias de sensoriamento remoto.

Os UAVs podem não apenas monitorar, estimar e detectar com base em dados de detecção, mas também podem ser usados para irrigação precisa no cultivo e no controle acurado de ervas daninha, doenças e pragas de insetos. Em outras palavras, os drones são capazes de pulverizar com precisão água e pesticidas com base em dados ambientais (Inoue,

¹*Blockchain* é uma tecnologia que armazena informações ou dados transacionais sob a forma de blocos que estão ligados entre si.

2020).

Segundo Nascimento (2021) a coleta dos dados nas culturas é uma tarefa importante do manejo integrado de pragas (MIP), conhecido internacionalmente como integrated pest management (IPM), com vantagens para o ecossistema (Fao, 2019; Who, 2019) e para a redução da exposição dos trabalhadores aos produtos químicos (Ilo, 2019). O processo deve ser executado em intervalos regulares e deveria ser adotado por todos os agricultores, sendo necessária a implantação de sistemas para a tomada de decisão, mas isso não condiz com a realidade mundial da agricultura, com exceção de uma minoria de países da Europa e do Reino Unido, que possuem controle rígido na aplicação de agrotóxicos, com médias de aplicação abaixo de 5 kg/ha.

2.2. Sistemas de Pulverização

A pulverização é a dispersão de uma substância líquida em partículas pequenas. Na agricultura, a pulverização é usada para espalhar agroquímicos, nutrientes ou fertilizantes, podendo ser feito por via terrestre ou aérea. Contudo, o pulverizador é usado para que o produto seja espalhado na quantidade e local planejado. Desta forma, além de desempenhar um papel fundamental na agricultura, o pulverizador atua garantindo eficiência no combate a pragas e na distribuição precisa de fertilizantes.

Querubim (2019), aborda que em pequenas áreas, por exemplo, é comum usar os chamados pulverizadores costais manuais. Em áreas maiores, além do equipamento de pulverização ser maior, possui uma bomba compressora mecânica que mantém constante a pressão na pulverização. Em áreas muito grandes o sistema aéreo ganha em tempo e agilidade e, principalmente, na escala de trabalho. No entanto, sua utilização requer cuidados maiores e diferentes daqueles observados nos equipamentos terrestres. E com isso, ter efeitos aerodinâmicos do voo, faixa de deposição das gotas maior do que a extensão das barras de pulverização, menores vazões por área e maior distanciamento das barras e bicos em relação ao alvo de deposição. Seja por terra ou ar, a técnica de pulverizar vem adotando inovações importantíssimas, tanto que os GPS, sensores e até mesmo drones já começaram a ser utilizados a fim de aumentar os rendimentos e a produtividade no campo.

Os drones de pulverização estão se tornando uma tecnologia promissora e inovadora na agricultura, apresentando benefícios significativos em relação aos métodos tradicionais de aplicação. Essas aeronaves não tripuladas têm a capacidade de transportar tanques de pulverização e realizar aplicações precisas e controladas sobre as lavouras. Uma das vantagens dos drones é a habilidade de voar em baixa altitude, o que permite uma maior proximidade das plantas e uma aplicação mais direcionada, resultando em uma redução significativa no desperdício de insumos agrícolas (Castilho et al, 2023).

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's) e drones possuem grande vantagem em comparação às aplicações terrestres pois a turbulência das hélices causa um vórtex que interfere em diversos fatores da pulverização, incluindo uniformidade da aplicação, largura da faixa de aplicação, penetração das gotas no dossel das plantas e potencial de deriva (Castilho et al, 2023).

Além disso, os drones são caracterizados por sua agilidade, flexibilidade e capacidade de programação, o que lhes confere a habilidade de se adaptarem rapidamente às necessidades das lavouras e às diferentes condições e culturas. Essas características tornam os drones uma ferramenta versátil e eficiente, capaz de contribuir para o aumento da produtividade agrícola e a redução do impacto ambiental (Paiva, 2022).

Em síntese, como destacado por Gonçalves e Cavichioli (2021), na atual agricultura, os drones se tornam indispensáveis para a continuidade do setor agrícola, uma vez que podem proporcionar o aumento de produtividade, corroborarem para uma maior sustentabilidade, economia e suficiência na aplicação de agrotóxicos.

3. METODOLOGIA

A referida seção aborda os procedimentos metodológicos que foram utilizados a fim de atingir o objetivo proposto. Esta pesquisa é classificada como exploratória, pois proporciona maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses, podendo na maior parte dos casos assumir a forma de pesquisa bibliográfica ou de estudo de caso. Pode ser considerada também como descritiva, visto que esse tipo de pesquisa tem como principal objetivo descrever determinado fenômeno, sendo essencial a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados. Quanto aos procedimentos técnicos, essa pesquisa além de bibliográfica é classificada como sendo de levantamento, uma vez que analisa um objeto, que podem ser indivíduos ou organizações, buscando o aprofundamento de conhecimentos ligados a um tema específico (Gil, 2017).

Com relação às técnicas de pesquisa empregadas, visando alcançar os objetivos traçados pelo estudo em questão, utilizou-se os seguintes passos: análise sobre a região do estudo, pesquisa sobre o desenvolvimento tecnológico do agronegócio, elaboração de um roteiro de perguntas, levantamento de potenciais entrevistados, aplicação de uma entrevista semiestruturada para a coleta de dados e análise dos dados.

Sobre a região onde foi realizado o estudo definiu-se a região de Pelotas - RS, visto que através do levantamento de dados da produção agrícola municipal (PAM) em 2022, foi identificada uma grande produção de soja (em grão) e outros tipos de grãos aos quais se faz necessário algum tipo de sistema de pulverização. Um dos principais motivos que destacam

a escolha dessa região é o expressivo tamanho do território plantado com a cultura da soja, ocupando uma área que ultrapassa significativamente cerca de vinte mil hectares.

O estudo sobre o desenvolvimento tecnológico do agronegócio foi realizado a partir da seleção de artigos científicos e estudo bibliométrico, considerando as seguintes palavras-chave: Agricultura de precisão, drones de pulverização, agricultura 4.0, sensoriamento remoto, dentre outros relacionados com a tecnologia no campo.

O contato com fornecedores de equipamentos e visitas em feiras de tecnologia do campo foi essencial para a troca de informações a respeito do desenvolvimento tecnológico. Como resultado foi proporcionado aos pesquisadores uma série de conhecimentos dos profissionais a respeito das tecnologias.

A coleta de dados foi realizada por meio de uma entrevista semiestruturada, junto aos agricultores, para Gil (2017) a entrevista parcialmente estruturada, é guiada por relações de pontos de interesse, considerados relevantes, que o entrevistador vai explorar ao longo da conversa. As coletas das informações ocorreram entre os meses de abril a agosto de 2023, tendo como foco quatro agricultores rurais que utilizam a tecnologia de drones em suas unidades produtivas.

O Quadro 1 apresenta as perguntas elaboradas, para a compreensão do questionário por parte dos entrevistados, foi realizada uma adaptação dos termos utilizados durante a entrevista, visto que tinham níveis educacionais e técnicos diferentes.

Para a coleta dos dados, as perguntas realizadas no questionário foram organizadas com base em consideração aos seguintes pontos: motivo da compra do equipamento para a pulverização; diferenças entre os equipamentos de pulverização (drone, autopropelido e pulverizadores tractorizado); desafios encontrados para a operacionalização do equipamento; funcionamento do equipamento em relação a aspectos ligados a precisão de aplicação de produtos; em quais tipos de aplicações o equipamento é eficiente em relação a outros equipamentos, e; como que os equipamentos são capazes de promover processos ambientalmente corretos.

Além do questionário, foi utilizado também para o processo de registro da coleta de dados gravações de áudio dos entrevistados.

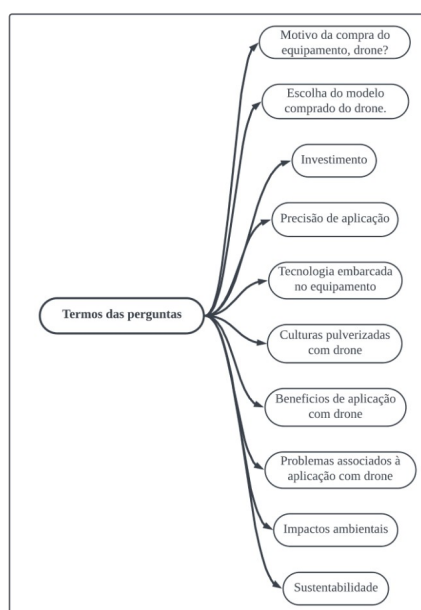
Quadro 1 - Formulário qualitativo com descritivos utilizado para coleta de dados.

Formulário de qualitativo	
Perguntas	Elementos abordados nas perguntas
Motivo da compra do equipamento, drone?	Melhoria de equipamento. Investimento em tecnologia.
Escolha do modelo comprado?	Relação custo – benefício. Atender a demanda da propriedade.
Investimento?	Custo – Benefício em relação aos outros sistemas de pulverização.
Tecnologia embarcada no equipamento.	Nível de dificuldade de manuseio do equipamento.
Precisão de aplicação.	Comparar entre outros sistemas de pulverização.
Uso do equipamento.	Tarefas executadas com o equipamento.
Comparativo dos sistemas de pulverização em relação ao sistema do drone.	Ganhos e perdas.
Culturas onde pulveriza-se com drone.	Cenários vantajosos e eficaz.
Benefícios de aplicação com drone.	Desperdícios de produtos. Gastos de aplicação.
Aspectos ligadas a aplicação com drone.	Em relação à sustentabilidade. Em relação ao meio ambiente.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos dados coletados nas entrevistas aos agricultores e nas pesquisas primárias de artigos científicos, foram classificados termos chave que são apresentados na Figura 1 e que nortearam a apresentação dos dados e discussões encontrados nas pesquisas de campo que são apresentados na seção final.

Figura 1 - Termos utilizados nas perguntas do questionário aos entrevistados.



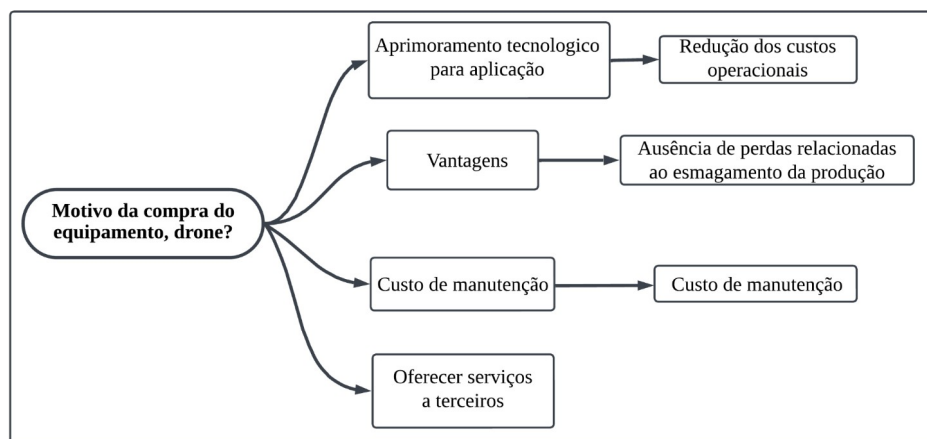
Fonte: Elaborada pelos autores.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

À medida que a tecnologia avança no campo, a busca por inovações que possam auxiliar os agricultores rurais a aprimorar a produtividade, otimizar o uso dos recursos das plantações, bem como aperfeiçoar a gestão e o controle da produção se torna um impulsionador fundamental. Nesse contexto, os agricultores adotam tecnologias voltadas para o monitoramento e a prevenção de pragas nas lavouras. Atualmente, uma tecnologia que está ganhando destaque e recebendo considerável atenção é a pulverização por drones. Esta inovação está sendo implementada na região de Pelotas, onde a agricultura é predominante.

Durante as entrevistas com os agricultores, inicialmente, se indagou sobre as razões que os motivaram a adquirir drones de pulverização. Conforme apresentado no fluxograma da Figura 2, se considera o aprimoramento da tecnologia de aplicação, com foco na redução dos custos operacionais e na ausência de perdas relacionadas ao esmagamento da produção. Além disso, a escolha levou em conta a vantagem de um custo de manutenção mais acessível em comparação com outros sistemas de pulverização. Também mencionado que as condições climáticas e geográficas, que frequentemente afetam a pulverização, apontam os drones como uma opção viável. Aliás, alguns produtores destacaram a possibilidade de investir nessa tecnologia para oferecer serviços a terceiros.

Figura 2 - Motivo da compra do equipamento.

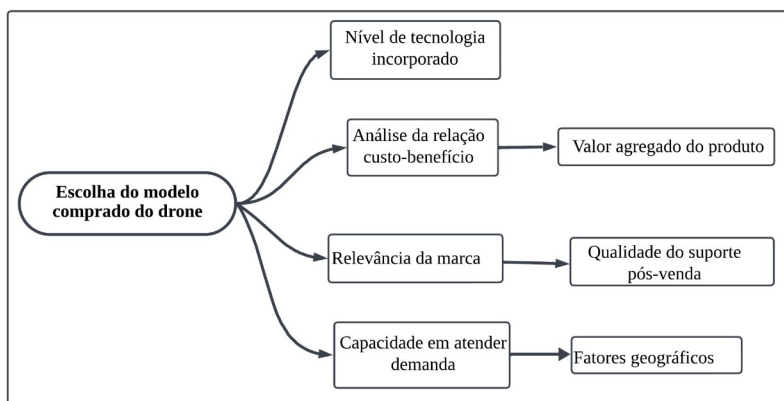


Fonte: Elaborado pelos autores.

No segundo questionamento, referente acerca do modelo de drone escolhido pelos agricultores no momento da aquisição, considerando diversos critérios decisivos apresentados no fluxograma da Figura 3. Estes incluíam o nível de tecnologia incorporado ao drone no momento da compra, a análise da relação custo-benefício, dentre outros que influenciam no valor agregado do produto. Além disso, destacaram a relevância da marca do drone no mercado, bem como a qualidade do suporte pós-venda oferecido pela empresa.

Outro aspecto crucial considerado foi a capacidade do drone em atender às necessidades específicas da propriedade. Na qual, segundo Querubim (2019), se leva em consideração, tanto as dimensões do terreno quanto os fatores geográficos da região.

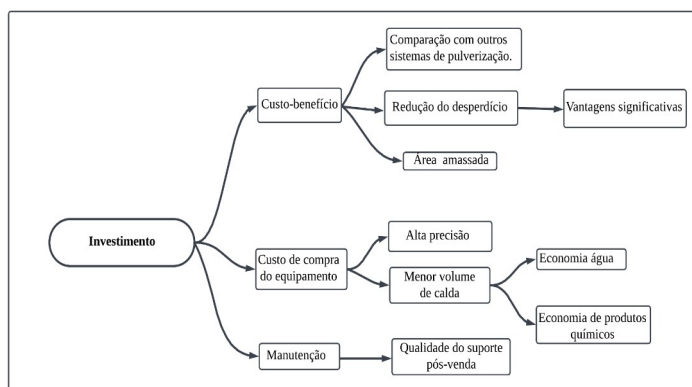
Figura 3 - Escolha do modelo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao perguntar sobre o investimento feito na aquisição dos drones, como colocado por Onsarigo & Adamtey (2020), deve-se focar na relação custo-benefício, na qual se observa no fluxograma da Figura 4, que em comparação com outros sistemas de pulverização, os drones apresentam vantagens significativas. Isso se manifesta na redução do desperdício de produtos devido a problemas de sobreposição de aplicação e o ganho em relação a área que seria amassada por um sistema terrestre.

Figura 4 - Investimento.



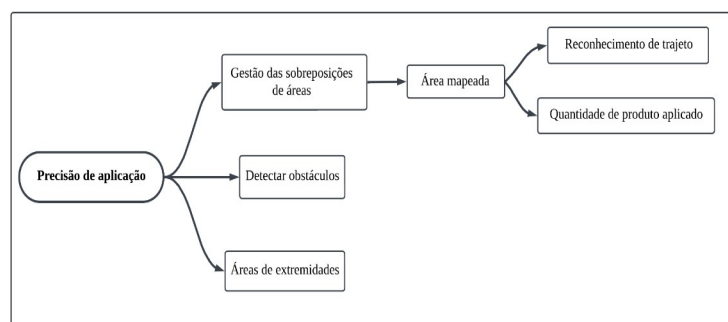
Fonte: Elaborado pelos autores.

Adicionalmente, se mencionou que, na região local, composta por pequenas propriedades, o custo de compra dos drones é particularmente atrativo quando comparado a alternativas de pulverização. Conforme, também colocado por Morales-Rodríguez (2022), a

utilização de drones permite uma grande cobertura de área em menor tempo, reduzindo o consumo de insumos, volume de calda e água, e tempo de operação, desta forma ele possibilita uma redução de custos em comparação com os métodos convencionais utilizados. Os entrevistados também destacaram que a manutenção dos drones é acessível em relação a outros sistemas de pulverização, o que reforça a atratividade do investimento.

Ao considerar a precisão de aplicação dos drones, os entrevistados observaram, como se pode observar no fluxograma da Figura 5, que os drones demonstram uma notável precisão na gestão das sobreposições de áreas. Isso se deve à sua capacidade de mapear a área, reconhecendo o trajeto percorrido e a quantidade de produto aplicada em relação à largura de aplicação. No entanto, devido à presença de sensores que detectam obstáculos que podem interferir no processo, algumas áreas nas extremidades do campo podem não receber a aplicação necessária, tornando essa abordagem menos eficaz.

Figura 5 - Precisão do equipamento.

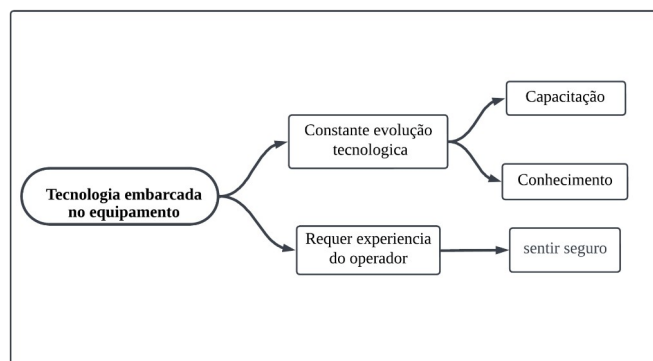


Fonte: Elaborado pelos autores.

Entretanto, também foi destacado que, uma vez que o operador de drone ganha experiência e familiaridade com o equipamento ao longo do tempo, é possível realizar a aplicação nas áreas periféricas manualmente, após o mapeamento inicial da região. Nesse cenário, o drone pode operar autonomamente, aplicando o produto sem a necessidade de intervenção direta do operador durante o voo.

Também se abordou a questão do manuseio do equipamento, drone, no qual se observa no fluxograma da Figura 6, que os entrevistados relataram que devido à natureza desta tecnologia estar em constante evolução e ser relativamente nova, há uma demanda significativa para que o operador adquira um alto nível de capacitação e conhecimento. Isso abrange todas as operações, desde o mapeamento até a aplicação com o equipamento. Essencialmente, é uma tecnologia que requer que o operador pratique a pilotagem para se sentir seguro em relação aos possíveis riscos que podem surgir durante as aplicações.

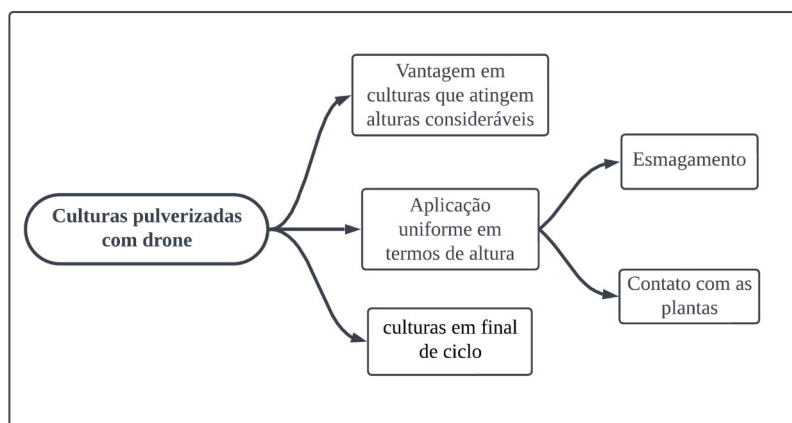
Figura 6 - Tecnologia embarcada no equipamento.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao questionar os agricultores sobre quais culturas se destaca a pulverização utilizando o drone, em comparação com outros métodos de pulverização. Destacaram, conforme pode ser visto no fluxograma da Figura 7, que os drones possuem uma vantagem nas culturas que atingem alturas consideravelmente altas durante seu desenvolvimento. Isso ocorre porque, após o fechamento de linhas, período onde a planta devido o seu desenvolvimento ocupa o espaço em aberto entre elas, os drones podem realizar uma aplicação uniforme em termos de altura, evitando o esmagamento ou o contato com as plantas. Além disso, observaram que os drones são eficazes em culturas que estão no final de seu ciclo de produtividade.

Figura 7 - Culturas pulverizadas com drone.



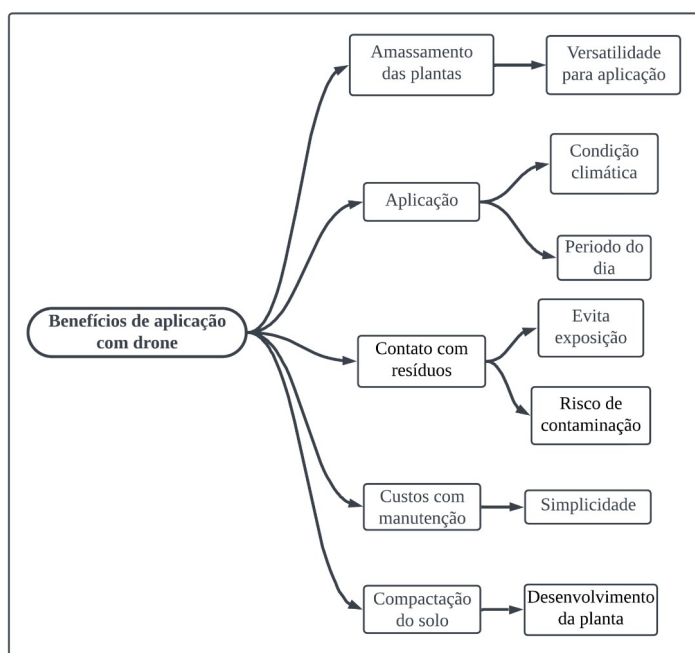
Fonte: Elaborado pelos autores.

É importante notar que, como essa tecnologia está em uso na região há pouco tempo, os agricultores reconhecem que ainda não têm um conhecimento abrangente sobre todas as culturas nas quais essa tecnologia pode ser aplicada com sucesso.

No que diz respeito à indagação sobre os benefícios da utilização de drones na pulverização, se pode notar conforme apresentado na Figura 8, o drone ganha destaque por não provocar o amassamento das plantas, e também, neste contexto, Laursen (2016) destaca que o drone apresenta versatilidade em relação ao momento que o operador queira aplicar a pulverização, pois pelo fato de a pulverização ser aérea, em alguns momentos o solo pode não apresentar condições favoráveis para se entrar com um maquinário terrestre, assim a aplicação com o drone pode ser feita em qualquer condição climática e também em qualquer momento do dia, sendo assim um diferencial.

Um ponto bastante relevante comentado pelos entrevistados trata da questão do operador não ter contato com resíduos, durante a aplicação, pois muitos agricultores não possuem tratores com cabine, e acabam se expondo, muitas vezes, no momento de pulverização, sendo assim, o fato de o drone aplicar o produto sem a necessidade do operador próximo a área, não se corre o risco de contaminação.

Figura 8 - Benefícios da aplicação com drone.



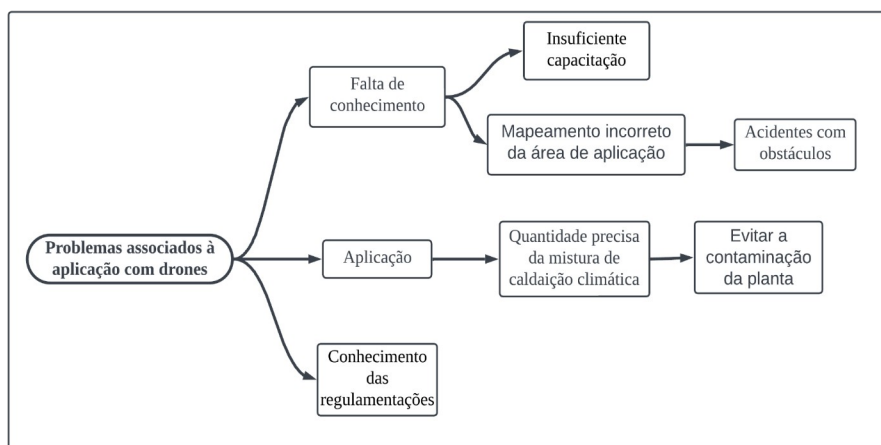
Fonte: Elaborado pelos autores.

Também foi relatado que com o uso do drone como equipamento de pulverização, conforme apresentado na Figura 8, os ganhos relacionados a custos com a manutenção do equipamento, por conta de sua simplicidade de construção comparado a um trator. E outro ganho, comentado pelos agricultores, é em relação a compactação do solo. Os maquinários que possuem contato direto ao solo, produzem um efeito de adensamento do solo em uma

mesma faixa de área, sendo algo que interfere diretamente no desenvolvimento da plantação, neste ponto se torna evidente que a utilização do drone evita este fato.

Quanto aos potenciais problemas associados à aplicação com drones, foi ressaltado, conforme apresentado no fluxograma da Figura 9, que a falta de conhecimento adequado por parte do operador, devido à insuficiente capacitação ou à má execução do mapeamento da área de aplicação, pode resultar em acidentes com obstáculos não detectados pelo operador. Além disso, é crucial que o operador esteja bem informado sobre a quantidade precisa da mistura de calda a ser aplicada, a fim de evitar a contaminação da plantação. Também é necessário que o operador tenha conhecimento das regulamentações legais pertinentes para a aplicação ou uso desse equipamento.

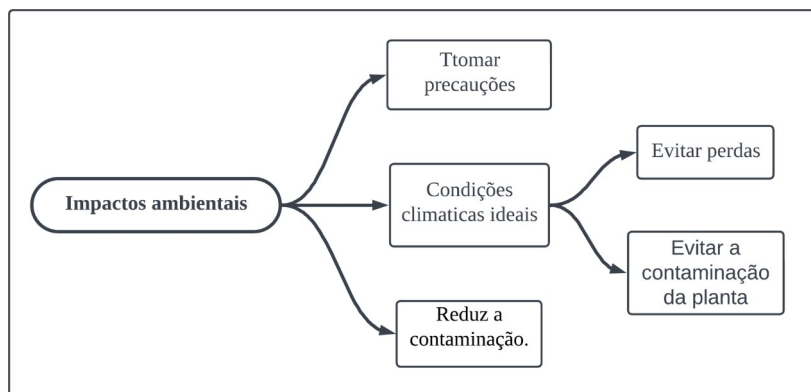
Figura 9 - Problemas associados à aplicação com drones.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Perguntando aos entrevistados sobre os potenciais impactos ambientais decorrentes do uso de drones, destacaram como apresentado na Figura 10, que em qualquer outro método de pulverização, é essencial tomar precauções e considerar as condições ideais para a aplicação a fim de evitar perdas e contaminação ambiental. No entanto, quando utilizado corretamente, o uso de drones tende a reduzir a contaminação.

Figura 10 - Impactos ambientais.

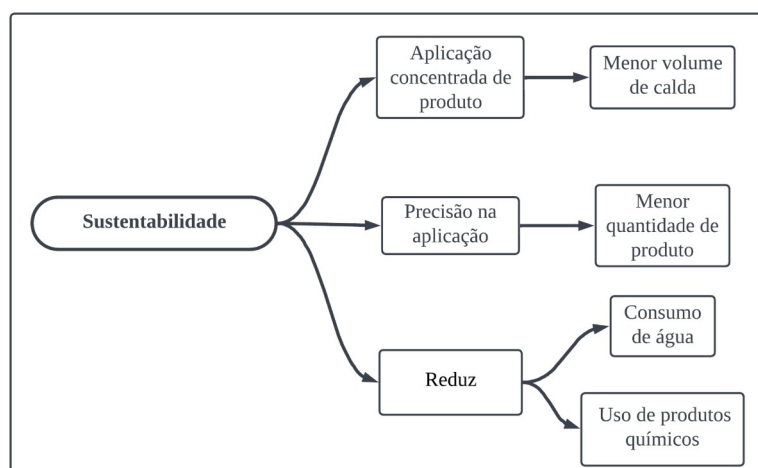


Fonte: Elaborado pelos autores.

Um exemplo citado por um dos entrevistados foi que, devido à possibilidade de aplicação com drones à noite, essa abordagem não prejudica as abelhas, que desempenham um papel crucial na polinização durante a fase de floração das plantas. Portanto, o uso de drones em momentos estratégicos, como à noite, pode ser uma opção que não afeta negativamente esses polinizadores essenciais.

Em relação à questão da sustentabilidade associada à pulverização com drones, conforme mencionado na Figura 11, que torna a aplicação mais concentrada do produto na área desejada, devido à necessidade de menor volume de calda por unidade de área, resulta em economia significativa de água durante o processo de aplicação.

Figura 11 - Sustentabilidade.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com a maior precisão na aplicação, devido à localização exata, juntamente com a maior concentração da calda, resulta na necessidade de menor quantidade de produto para cada unidade de área, quando comparado aos sistemas de pulverização baseados em tratores. Com isso, as plantas recebem a quantidade necessária do produto a ser aplicado, sem comprometer sua saúde e qualidade. Assim, Lefevre (2020) coloca que esta abordagem contribui para uma agricultura mais sustentável, reduzindo tanto o consumo de água quanto o uso de produtos químicos.

5. CONCLUSÃO

A investigação sobre a utilização do uso de drones na agricultura, com o objetivo de pulverização na região da cidade de Pelotas-RS, mostrou que há uma tendência desse sistema quando comparado com as técnicas de pulverização mais convencionais.

Entre as vantagens desse sistema estão a redução dos custos operacionais, redução do desperdício de produtos devido a problemas de sobreposição de aplicação, minimização do uso de água e produtos químicos durante a aplicação, manutenção mais acessível e o operador não ter contato com resíduos durante a aplicação. Além disso, os drones possuem a capacidade de mapear a área, reconhecendo o trajeto percorrido e a quantidade de produto aplicada em relação à largura de aplicação.

Por outro lado, destaca-se que a falta de capacitação para identificar obstáculos e evitar acidentes foi apontada como um desafio para a adoção de tecnologias digitais na agricultura, o que evidencia a importância de investimentos em capacitação para os agricultores. Autores como Paiva (2022) destacam que a adoção de inovações tecnológicas na agricultura depende de fatores como a disponibilidade de recursos, a capacidade de absorção de conhecimento e a capacidade de adaptação dos produtores.

Com isso, se conclui que a importância de fatores como a capacidade de absorção de conhecimento e a capacidade de adaptação dos agricultores para a adoção de inovações tecnológicas na agricultura. Dessa forma, fica evidente que esse método facilita as operações no campo e será amplamente utilizado no futuro junto com as novas tecnologias.

REFERÊNCIAS

CASTILHO, M. R.; ROCHA, G. S.; WEBBER, W.; JACOMASSO, K. **Uso de drones em pulverização agrícola**. In: FACEM. Anais da XI Mostra Científica – FACEM. Sorriso, Mato Grosso, 2023.

ELIJAH, Olakunle ; ABDUL RAHMAN, Tharek ; ORIKUMHI, Igbafe ; YEN LEOW, Chee ; NOUR HINDIA, Mhd . An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture:

Benefits and Challenges. in IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 5, pp. 3758-3773, Oct. 2018, doi: 10.1109/JIOT.2018.2844296.

FAO; WHO. **Preventing suicide: a resource for pesticide registrars and regulators.** World Health Organization and Food and Agriculture Organization of The United Nations, Geneva, v. 1, n. 1, p. 1-36, 2019. Disponível em: https://www.who.int/mental_health/resources/preventingsuicide/en/. Acesso em: 28 julho 2023.

FENG, X., YAN, F., LIU, X. **Estudo de tecnologias de comunicação sem fio em Internet das Coisas para agricultura de precisão.** Pers. sem fio Comum. v. 108, n. 3, p. 1785– 1802, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6. Rio de Janeiro Atlas 2017.

GONÇALVES, V.P.; CAVICHIOLI, F.A. **Estudo das funcionalidades dos drones na agricultura.** Interface Tecnológica, v. 18, n. 1, p. 321-331, 2021.

HAQUE, A., ISLAM, N., SAMRAT, N. H., DEY, S., RAY, B. **Agricultura inteligente através liderança responsável em bangladesh: possibilidades, oportunidades e além.** Sustentabilidade, v. 13, n. 8, p. 4511, 2021.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal –PAM. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/> >. Acesso em: 09 de novembro, 2023.

ILO. **Agriculture: a hazardous work.** International Labour Organization, Geneva, v. 1, n. 1, p. 1-1, jun. 2019. Disponível em: http://www.ilo.org/safework/areasofwork/hazardous-work/WCMS_110188/lang--en/index.m. Acesso em: 28 julho 2023.

INOUE, Y. **Sensoriamento remoto de culturas e solos baseado em satélite e drone para inteligência agropecuária – uma revisão.** Ciência do Solo Planta Nutr. v. 66, n. 6, p. 798-810, 2020. DOI: 10.1080/00380768.2020.1738899

KHANNA, A., KAUR, S. **Evolução da Internet das Coisas (IoT) e seus significativos impactos no campo da Agricultura de Precisão.** Comput. Elétron. Agrícola, v. 157, p. 218–231, 2019.

LAURSEN, Morten. **Dicotyledon Seed Quantification Algorithm for Selective Herbicide Application in Maize Crops.** Sensors, [S.L.], v. 16, n. 11, p. 1848, 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/s16111848>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/journal/sensors>. Acesso em: 24 ago. 2023.

LEFÈVRE, A. **Challenges Of Complying With Both food value chain specifications and agroecology principles in vegetable crop protection.** Agricultural Systems, [S.L.], v. 185, p. 102953, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102953>.

Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez47.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308521X20308143?via%3Dihub>. Acesso em: 24 ago. 2024.

Morales-Rodríguez, P.A.; Cano Cano, E.; Villena, J.; López-Perales, J.A. A Comparison between Conventional Sprayers and New UAV Sprayers: A Study Case of Vineyards and Olives in Extremadura (Spain). *Agronomy* 2022, 12, 1307. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061307>

NASCIMENTO, Rodolfo Chagas Marinho; GIPONI, Monica Simão; OLIVEIRA, Wellington Moreira de; XAVIER, Vânia Maria. MIP² - um sistema de informação especializado em manejo integrado de pragas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA (SBIAGRO), 13. , 2021, Evento Online. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2021 . p. 188-196. ISSN 2177-9724. DOI: <https://doi.org/10.5753/sbiagro.2021.18390>.

ONSARIGO, L.; ADAMTEY, S.. **Feasibility Of State Transportation agencies acquiring trenchless technologies: a comparison of open cut and horizontal auger boring.** *Tunnelling And Underground Space Technology*, [S.L.], v. 95, p. 103162, jan. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tust.2019.103162>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez47.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S088677981838113?via%3Diub>. Acesso em: 22 ago. 2023.

PAIVA, D. Z. **A utilização de drones na agricultura: uma revisão bibliográfica entre 2012 e 2022.** 2023.

PINCHEIRA, M., VECCHIO, M., GIAFFREDA, R., KANHERE, S. S. **Dispositivos IoT econômicos como fontes de dados confiáveis para um sistema de gerenciamento de água baseado em blockchain na agricultura de precisão.** *Comput. Elétron. Agrícola*, v. 180, p. 105-889, 2021.

QUERUBIM, N. **Pulverização Terrestre:** Tecnologia Agrícola, 2019. Acesso em 28 de julho de 2023: <https://revistarpanews.com.br/ed/75-edicao2015/edicao-175/2028-pulverizacao-terrestre>

TSOUROS, D. C., BIBI, S., SARIGIANNIDIS, P. G. **Uma revisão sobre aplicativos baseados em UAV para agricultura de precisão.** *Informação, Suíça*, v. 10, n.11, 2019. <https://doi.org/10.3390/info10110349>.

SIMÕES, M.; SOLER, L; S.; PY, H. **Tecnologias a serviço da sustentabilidade e da agricultura.** *Boletim informativo da SBCS.* 2017

United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). *World Population Prospects 2022: Summary of Results.* UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/pd/content/World-Population-Prospects-2022> Acesso em: 1 novembro. 2023