

Uso de drones no agronegócio: uma revisão sistemática

Nas últimas décadas, a agricultura recebeu inúmeros avanços tecnológicos, com a adoção de práticas e maquinários que efetivam as plantações com maior sustentabilidade e produtividade. Entre as inovações, a tecnologia dos drones, por exemplo, oferece uma grande variedade de possibilidades de execução de tarefas e objetivos. Esta tecnologia vem sendo aplicada à agricultura de precisão, visando otimizar os processos e aumentar a produtividade. Neste sentido, com o objetivo de abordar as ferramentas tecnológicas atreladas ao uso de drones na agricultura, realizou-se uma revisão bibliográfica. A presente revisão sistemática teve como metodologia o levantamento de dados na plataforma digital "Web of Science" e utilizou como pergunta norteadora: "Como os drones são utilizados na agricultura?", tendo como objetivo identificar e descrever o uso dos drones nas cadeias produtivas agrícolas. Com base na literatura revisada verificou-se que, o número de trabalhos publicados é insipiente em comparação com o avanço nas tecnologias como satélites e drones. No entanto, apresentam-se complexos devido a fatores envolvidos no processo de aquisição, mas, ainda assim, os drones são utilizados no mapeamento de territórios, identificação de doenças, coleta de dados e abastecimento de banco de dados para auxiliar o agricultor na tomada de decisão. Na agricultura, o impacto econômico e social na população global, o uso de tecnologias como o Drone, pode reduzir tempo de trabalho e mão-de-obra humana, sendo um grande aliado no aperfeiçoamento de processos agrícolas.

Palavras-chave: Agricultura; Drones; Tecnologia.

Use of drones in agribusiness: a systematic review

In recent decades, agriculture has received numerous technological advances, with the adoption of practices and machinery that effect plantations with greater sustainability and productivity. Among the innovations, drone technology, for example, offers a wide variety of possibilities for carrying out tasks and objectives. This technology has been applied to precision agriculture, aiming to optimize processes and increase productivity. In order to address the technological tools linked to the use of drones in agriculture, a literature review was carried out. The present systematic review had as a methodology the data collection on the digital platform "Web of Science" and used as a guiding question: "How are drones used in agriculture?", aiming to identify and describe the use of drones in agricultural production chains. Based on the literature reviewed, it was found that the number of published works is incipient compared to the advancement in technologies such as satellites and drones. However, they are complex due to factors involved in the acquisition process, but even so, drones are used to map territories, identify diseases, collect data and supply a database to assist the farmer in making decisions. In agriculture, the economic and social impact on the global population, the use of technologies such as the Drone, can reduce work time and human labor, being a great ally in the improvement of agricultural processes.

Keywords: Agriculture; Drones; Technology.

Topic: **Inovação Tecnológica**

Received: **05/06/2022**

Approved: **29/06/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Adriano Bruzza 
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3140910815159665>
<http://orcid.org/0000-0001-6434-5129>
adrianoveterinaria@yahoo.com.br

Marília Paulus 
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5654531759596853>
<http://orcid.org/0000-0002-2615-5284>
mariliapaulus@hotmail.com

Regina Célia Espinosa Modolo 
Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4414964356998749>
<http://orcid.org/0000-0001-7088-2502>
reginaem@unisinos.br

Verônica Schmidt 
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1443941093004699>
<https://orcid.org/0000-0003-1666-8577>
veronica.schmidt@ufrgs.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.006.0012

Referencing this:

BRUZZA, A.; PAULUS, M.; MODOLO, R. C. E.; SCHMIDT, V.. Uso de drones no agronegócio: uma revisão sistemática. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.6, p.140-153, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.006.0012>

INTRODUÇÃO

Para Massruhá et al. (2016), as tecnologias de informação e comunicação (TIC) têm contribuído em diversas áreas do conhecimento de forma impactante, possibilitando a automatização dos processos, armazenamento de dados e a troca de informações e conhecimento. Na agricultura, o uso dessas tecnologias traz impactos diretos para os agricultores, resultando em melhorias em produtividade, gestão e custos. Os avanços da tecnologia na agricultura foram responsáveis pelo termo agronegócio 4.0, proveniente da indústria 4.0, que representa novos processos originados de avanços tecnológicos de ponta. O agronegócio 4.0 faz referência ao uso destas tecnologias, buscando estimular processos de valor agregado no setor, utilizando sistemas de rastreamento, sensores, câmeras, sistemas globais de navegação (GPS), algoritmos inteligentes, modelos matemáticos, entre outros, que poderão trazer oportunidades nos processos, produtos e negócios (SIMÕES et al., 2017).

Com estas tecnologias, o panorama da agricultura mundial vem passando por diversas evoluções impulsionadas pelo avanço tecnológico. Neste contexto, os drones surgiram para revolucionar os métodos de precisão extremamente necessários nos conceitos de produção modernos. O interesse em novas tecnologias, como o drone, tem amadurecido muito ao redor do mundo. Esse aumento no desenvolvimento de drones é devido aos avanços tecnológicos computacionais, incremento de novos softwares, materiais mais leves para sua fabricação, GPS e sensores e a miniaturização.

Analistas do setor descrevem que este modelo de aeronave movimentou US \$609 milhões em 2014 e que este valor deve chegar a US \$4,8 bilhões no mundo todo até 2021 (ANDRADE, 2016). O uso de drones e/ou VANTs (Veículos Aéreos Não Tripulados) se fortaleceu pelos recentes avanços na tecnologia da computação e desenvolvimento de sistemas globais de navegação e geoprocessamento. Estas “aeronaves” portam sensores e recursos de imagem eficientes e precisos e o uso em áreas agrícolas vem sendo facilitada pelo atual estágio de desenvolvimento tecnológico, pela sua versatilidade e, principalmente, pelo tamanho dos equipamentos, relativo baixo custo e pela necessidade de otimização da produção. Sendo assim, o presente artigo tem como objetivo identificar o uso de drones na agricultura e em quais elos das cadeias produtivas estes são utilizados.

REVISÃO TEÓRICA

Referencial teórico e revisão de literatura

Nesta seção será abordado sob o aspecto teórico do que foi proposto para esta pesquisa. O objetivo é demonstrar o embasamento da literatura sobre novas tecnologias na agricultura de precisão, agricultura 4.0, tecnologia e uso de drones na agricultura e como estes foram empregados neste estudo.

Considerando o atual cenário mundial se pode afirmar que haverá aumento no consumo de alimentos, como consequência do aumento na população mundial, e pelas tendências que demonstram que haverá mudanças no padrão de comportamento alimentar da população. Estas variáveis terão a influência das mudanças climáticas e limitações em recursos naturais, o que irá resultar na necessidade de práticas mais

sustentáveis no setor do agronegócio. As novas tecnologias aparecem como alternativa para aumentar a eficiência e capacidade de produção agrícola mundial, observando formas de garantir a sustentabilidade durante o processo de produção (FAO, 2018).

O agronegócio alavanca a economia brasileira, que em tempos de crise e pandemia, se mantém alicerçadas na produção e exportação, fortalecendo as cadeias e os investimentos na área tecnológica. Na agricultura de precisão (AP), a busca pelo desenvolvimento sustentável é uma realidade cada vez mais atual, por meio de uso de novas tecnologias como a biotecnologia e *startups*. No agronegócio o aumento da produção visando melhor produtividade se faz necessário, assim como uso de biotecnologias associadas à menor despesa por área plantada; sendo assim, os drones se mostram eficientes e, se bem manejados, agregam maior valor atuando de forma pontual e cirúrgica. Por ser um assunto desafiador, essa tarefa de uso de novas tecnologias, vem ao encontro de identificar alguns pontos determinantes os quais devem ser delineados como fatores que podem causar uma baixa produção e conseqüente baixa produtividade necessitando de uma ferramenta tecnológica eficaz, a baixo custo e com alta precisão. As estratégias podem ser delimitadas por diferentes níveis, com graus distintos de complexidades, assim como com diferentes níveis de abordagens. Com origem na gestão da variabilidade das lavouras, AP traça um enorme desafio e, conseqüentemente, traz o avanço necessário que o agronegócio precisa. A simples razão da variabilidade é um dos argumentos da utilização desta ferramenta (MOLIN, 2017).

Outro argumento é o uso de controles biologicamente menos agressivos ao meio ambiente. Neste sentido, o controle biológico se mostra concorrente forte ao encontro com o manejo tradicional de pragas de lavouras. Algumas iniciativas de produção sustentável e de controle biológico têm sido gestadas por agricultores em alternativa aos altos custos de insumos, e menor agressão ao meio ambiente (PARRA et al., 2002).

O uso de novas tecnologias, como os drones, são ferramentas que viabilizam a agricultura 4.0 uma vez que permitem a coleta de dados em tempo real e possibilitam a otimização da produção de alimentos com redução de impactos ambientais (BRASIL, 2018).

Inovação tecnológica

Agricultura de precisão

A agricultura de precisão (AP) contempla o sistema de produção utilizada, principalmente, por agricultores cujos países possuem tecnologia avançada, chamada de *Precision Agriculture, Precision Farming, Site Crop Management* Manzatto et al. (1999).

Com a necessidade de uso de novas técnicas surgiu a AP. Conhecida como técnica de manejo que leva em consideração a variabilidade espacial e permite aplicações pontuais e específicas de insumos, tal quais fertilizantes, controle biológico, sementes e outros. O uso de tecnologia e sua variabilidade temporal é que permitem uma melhor e mais comedida utilização dos insumos, momento ideal para aplicação e o local recomendado, assim como as doses corretas, aumentando o potencial de benefícios ambientais e

econômicos (EZENNE et al., 2019).

Hoje em dia, há uma grande demanda no uso dessas ferramentas tecnológicas em áreas muito extensas e conhecidas como áreas de monocultura ou ainda homogêneas. Tendo em vista este conceito, a pontualidade na aplicação de diversos insumos como, defensivos, biofertilizantes, e biocontrole a precisão do uso de drones é uma vantagem utilizada para uma área específica, atendendo as necessidades de controle, assim as necessidades pontuais da lavoura. Geralmente, esse tipo de tecnologia é utilizado para insumos, levando a resultados em lavouras com produtividade não uniforme (CAPELLI, 1999); Tschiedel (2002) e Facco (2019), reafirmam as necessidades de controle específico.

De acordo com Roza (2000) e Batista (2016), a agricultura de precisão é considerada uma filosofia utilizada para gerenciamento agrícola, se baseia em informações exatas e pontuais e se complementa a decisões precisas. Sendo esta, uma maneira de gerenciar o campo de produção a cada metro, observando o fato que cada espaço da propriedade rural é diferente.

Diante destas observações, pode-se dizer que o geoprocessamento ganhou espaço imputável na agricultura, com a utilização de Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (SARP) atrelados a sua aplicabilidade em áreas específicas, incluindo a mensuração, análises, ou investigação, além de outros fenômenos que podem, ou não, expressar a presença de pontos sem uniformidade em pequenas ou grandes áreas de produção agrícola. Sendo assim, a utilização de técnicas de geoprocessamento facilita a detecção de possíveis alterações de nutrientes e até mesmo fitossanitários, podendo solucionar e otimizar uma melhor visão sistêmica para detecção que poderiam intervir na reflectância em energia eletromagnética de alvos pré-estabelecidos na superfície topográfica terrestre (FACCO, 2019).

Agricultura 4.0

Sabe-se que a demanda por alimentos está aumentando e, de outro lado, as mudanças climáticas e a escassez de recursos naturais estão cada vez mais dificultando a produção agrícola. Atualmente, a escassez de água atinge cerca de 40% da população e, em 2050, estima-se que esta percentagem chegará a 65% da população e, até lá, a agricultura continuará sendo o setor que mais utiliza água durante o processo de produção (FAO, 2018). De forma a aumentar a eficiência da produção, a tecnologia tem contribuído com soluções disruptivas que modificam e otimizam as etapas do ciclo produtivo em toda indústria. Com o surgimento de novas tecnologias digitais, foi possível levar este conhecimento para o campo. Sendo assim, o termo agricultura 4.0 começa a ser empregado para identificar a digitalização dos processos de produção (ZAMBON, 2019).

A agricultura 4.0 reúne tecnologias com o objetivo de otimizar as atividades agrícolas por meio de conectividade, sensoriamento remoto e outras ferramentas relacionadas à tecnologia da informação. A agricultura digital representa o encontro da agricultura com as tecnologias da informação, ciência de dados e engenharia de controle e automação. O desenvolvimento tecnológico dos processos auxilia o produtor a ter acesso às informações de análise do clima, do solo, pragas, etc. (ZAMBON, 2019).

Tecnologia e uso de drones na agricultura

O Brasil, um dos maiores produtores mundiais de grãos, possui destaque na produção de outras culturas como a cana de açúcar, além de soja e milho, que nas safras de 2017/2018 foram responsáveis por mais de 600 milhões de toneladas processadas. Visando um melhor controle e gerenciamento, as novas tecnologias surgiram com intuito de somar a cada setor do agronegócio. Entre as tecnologias que surgiram, a utilização de drones e veículos aéreos não tripulados (VANT), vem ganhando espaço nas lavouras de diversas culturas em todo País, exercendo diversas atividades. O drone pode ser utilizado em diversas instâncias e finalidades como no levantamento de imagens topográficas, gerando redução de custos no georreferenciamento e, conseqüentemente, redução nos impactos ambientais e econômicos na aplicação de defensivos de forma pontual; assim como no uso incisivo de biocontroles em pragas de lavouras. Os drones também podem ser utilizados na obtenção de imagens seriadas para mapeamento e análise de plantas invasoras e manchas de infertilidade no solo (ASSAIANTE et al., 2020).

A tecnologia de drones é uma das ferramentas utilizadas como inovadoras. As empresas desenvolvem suas atividades buscando antecipar conseqüências que venha a ser negativas, visando uma melhoria dos resultados. Em tempos de alta tecnologia, procuram adequar-se às necessidades atuais para melhor desenvolver os seus processos. Dentro do agronegócio não é diferente, tecnologia e terras sempre foram aliadas para uma melhor adequação dos recursos na terra gerando resultados cada vez mais voltados a uma boa produção. (MIRANDA et al., 2017)

Cada vez mais os agricultores confiam na agricultura de precisão e na implementação dos drones que, graças a suas capacidades de captar uma vasta quantidade de informações em cultivos de maneira precisa, ajudam a tomar decisões permitindo obter informações da vegetação sem a necessidade de estar em contato com ela (GONZÁLEZ et al., 2016).

Drones na agricultura

Inicialmente é importante destacar que drone ou VANT é um termo genérico, sem definição técnica ou legal. Esse termo teve origem nos Estados Unidos e é utilizado para todo e qualquer objeto voador não tripulado, seja para fins profissionais, recreativos ou comerciais Salgado Neto et al. (2021).

De acordo com a Sociedade Nacional de Agricultura, Borén et al. (2021), pesquisas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) ressaltam a capacidade e importância dos drones de prever o nascimento de doenças e pragas nas lavouras, além de monitorar a fertilidade do solo. De acordo com os resultados destas pesquisas, os produtores terão facilidade em encontrar o produto no mercado, tanto para pequenas propriedades como para áreas de grandes extensões, com valores variando de cinco a 120 mil reais (R \$5.000,00 a R \$120.000,00).

É fundamental ressaltar que as VANTs não podem ser comercializadas no Brasil e as empresas ou produtores que utilizam, ou vão utilizar, esta tecnologia encontram o produto direto com os fabricantes, não havendo regulamentação para seu uso comercial (SNA, 2014).

Segundo Junta et al. (2016), as perspectivas para o mercado de drones são promissoras, com a regulamentação da Agência Nacional de Aviação (ANAC) prevista para este ano, o agronegócio pode ser

favorecido em diversos aspectos, tais como o crescimento de mercado, surgimento de novas profissões - como “piloto de drones”, desenvolvimento de novas tecnologias, oferecimento de cursos específicos gerenciados por universidades em todo o país e, principalmente, substituindo tecnologias como satélites ou fotometria aéreas na agricultura, além do crescimento de softwares para variadas culturas rurais.

A agricultura moderna tem que ter a capacidade de explorar tecnologias inteligentes modernas que identificam as necessidades dos agricultores e, assim, direcionarão suas práticas agrícolas de uma forma mais eficiente. Para isso, é fundamental o avanço da tecnologia para o acesso aos dados coletados por GPS, satélites e drones uma vez que a habilidade de os executar requer transferência de dados em tempo real, com método preciso e de baixo custo, para prever e proteger o desenvolvimento de culturas agrícolas (SILVA et al., 2022).

METODOLOGIA

Para o estudo presente foi utilizado o método da revisão sistemática da literatura - RSL. Alguns autores consideram as RSL's como estudos secundários, que têm nos estudos primários suas fontes de dados. Neste contexto, os estudos primários são os artigos científicos que relatam os resultados de uma pesquisa científica. Os métodos para elaboração de revisões sistemáticas preveem 07 etapas: a. Elaboração da pergunta de pesquisa; b. Busca na literatura; c. Seleção dos artigos (decisão de inclusão ou exclusão); d. Extração dos dados; e. Avaliação da qualidade metodológica; f. Síntese dos dados; g. Redação e publicação dos resultados.

Realizou-se a pesquisa de artigos científicos na base de dados ‘Web of Science’, no período de publicações 2018 a 2021, inicialmente utilizando o tema ‘*drones AND agriculture*’, originando 1352 artigos sendo apenas 517 documentos abertos. A partir destas publicações aplicaram-se *strings* de buscas (Tabela 01), chegando-se a 15 artigos completos nos quais foram lidos os títulos e os *abstracts*, sendo selecionados artigos que 15 responderam à pergunta norteadora, observando como critérios de inclusão (i) e de exclusão (e), elencados da seguinte forma: (i) responde a pergunta de pesquisa; (i) é artigo científico; (i) artigo completo disponível (aberto); (e) não responde a pergunta de pesquisa; (e) documento que não seja artigo científico; (e) artigo repetido; (e) artigo de revisão; (e) artigo incompleto; (e) artigo não disponível ou com acesso restrito.

Tabela 1: Termos de busca, utilizados na plataforma Web of Science, 28/12/2021.

Strings	AND / NOT	Strings	Nº Artigos	Nº Artigos abertos	Nº utilizados
Drone	And	Agriculture	1352	517	0
Drone	And	Soybean Crop	13	5	3
Drone	And	Corn Crop	22	13	3
Drone	And	Rice Crop	29	12	5
Drone	And	Fruit Growing	5	2	1
Drone	And	Pasture	18	10	3
Drone	Not	Cattle	7	3	0
Total					15

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta os artigos selecionados para a extração dos dados. O Quadro contém o título,

ano de publicação, periódico em que foi publicado, os autores e a área do agronegócio.

Quadro 1: Descrição dos 15 artigos selecionados.

Nº	Título	Ano	Periódico	Autores	Área agronegócio	Utilização
A1	GIS-Based Analysis for UAV-Supported Field Experiments Reveals Soybean Traits Associated With Rotational Benefit	2021	Fronteiras Em Plant Science	Fukano et al.	Cultura da soja	Produção de grãos e rotação de culturas
A2	Closing the Phenotyping Gap: High Resolution UAV Time Series for Soybean Growth Analysis Provides Objective Data from Field Trials	2020	Remote Sensing	Serrano et al.	Cultura da soja	Produção, tecnologia e Genética
A3	Yield prediction by machine learning from UAS-based multi-sensor data fusion in soybean	2020	Plant Methods	Huerta et al.	Cultura da soja	Produção, tecnologia e Genética
A4	Digital Count of Corn Plants Using Images Taken by Unmanned Aerial Vehicles and Cross Correlation of Templates	2020	Agronomy-Basel	Martinez et al.	Cultura do milho	Produção e monitoramento
A5	Weed discrimination based on the spectral response of the corn crop, Manabi, Ecuador	2021	Revista De La Facultad De Agronomia De La Universidad Del Zulia	Intriago et al.	Cultura do milho	Produção, monitoramento de pragas e doenças
A6	Use of unmanned aircraft systems (UAS) and multispectral imagery for quantifying agricultural areas damaged by wild pigs	2019	Crop Protection	Fischer et al.	Cultura do milho	Produção, monitoramento de pragas e doenças
A7	Examination of appropriate observation time and correction of vegetation index for drone-based crop monitoring	2021	Journal Of Agricultural Meteorology	Hama et al.	Cultura do arroz	Produção, monitoramento
A8	Estimating Rice Agronomic Traits Using Drone-Collected Multispectral Imagery	2019	Remote Sensing	Stavrakoudis et al.	Cultura do arroz	Produção e adubação
A9	Assessing Correlation of High-Resolution NDVI with Fertilizer Application Level and Yield of Rice and Wheat Crops using Small UAVs	2019	Remote Sensing	Guan et al.	Cultura do arroz	Produção e adubação
A10	Feasibility of Combining Deep Learning and RGB Images Obtained by Unmanned Aerial Vehicle for Leaf Area Index Estimation in Rice	2021	Remote Sensing	Yamaguchi et al.	Cultura do arroz	Produção e monitoramento
A11	Estimating the Protein Concentration in Rice Grain Using UAV Imagery Together with Agroclimatic Data	2020	Agronomy-Basel	Hama et al.	Agroclimatologia e cultura do arroz	Produção proteína grão
A12	Pear Flower Cluster Quantification Using RGB Drone Imagery	2020	Agronomy-Basel	Vanbrabant et al.	Fruticultura	Produção e qualidade
A13	Reaching new heights: can drones replace current methods to study plant	2018	Plant Ecology	Tay et al.	Forragicultura	Produção de pastagens

analíticas apoiadas por unidade de UAV em experimentação, e utilizar em plantas silvestres com objetivo de melhorar a forma de produção dos experimentos e sua condução.

Serrano et al. (2020), sobre as abordagens a campo, afirmam que os drones auxiliaram na fenotipagem da soja e na relação com crescimento da cultura. Os autores salientam que o momento mais importante do uso do drone ocorre no crescimento da cultura para permitir suficiente senescência e melhores observações em todo o período da cultura da soja, em contraponto aos métodos tradicionais de monitoramento da cultura Yin et al. (2003).

Ainda assim, reforçando os dados de Serrano et al. (2020), os fenótipos das plantas obtidos e derivados a partir do VANT, podem ser usados diretamente no contexto de melhoramento, estes inclusive relevantes para algumas intercorrências como supressão de plantas daninhas, risco de acamamento, altura das plantas, crescimento, ou seja, com grandes quantidades de dados coletados pelos UAV e com boa resolução temporal, será um fator decisivo na tomada de decisão.

De acordo com Huerta et al. (2020), as imagens coletas por drones podem reconstruir áreas de estudo, dando suporte à avaliação dinâmica de crescimento da soja e suas características fisiológicas, que variam como volume e altura. O autor salienta o grande potencial das aeronaves não tripuladas (UAS) no objetivo de prever o rendimento da soja a partir de ferramentas tecnológicas acopladas a elas de forma precisa, econômica e rápida gerando alto rendimento de informação.

Já Martinez et al. (2020), observaram na cultura do milho o fator de densidade como característica mapeada pelos drones. Na utilização de sensores em veículos não tripulados é possível avaliar a densidade de plantas em plantio e precisar com mais eficiência o manejo da cultura. De acordo com pesquisas (GNÄDINGER et al., 2017; ZHAO et al., 2018; CHEN et al., 2017; SANKARAN et al., 2017; JIN et al., 2017), a agricultura de precisão facilita o manejo das lavouras de forma diferenciada, embasada no conhecimento da exploração agrícola.

A contagem de plantas de milho, na forma de correlação cruzada, economiza tempo e dinheiro e, assim, a ferramenta tecnológica (VANT) é vista como bons olhos (MARTINEZ et al., 2020).

Absolutamente a agricultura de precisão (AP) direciona a melhores ganhos, maior eficiência, melhor sustentabilidade e rentabilidade, assim proporciona maiores benefícios no quesito de reduzir os impactos ambientais na agricultura e riscos econômicos, controlando e melhorando a qualidade em seus rendimentos. Ainda, de acordo com os resultados deste artigo entende que pode se diferenciar o crescimento precoce da cultura do milho com auxílio da AP e especificamente com a tecnologia de drones, facilitando planejamento de controles agronômicos (INTRIAGO, 2021).

Esta abordagem tem um direcionamento para o monitoramento de pragas de lavoura de milho e grande importância pois as perdas, no entanto são tratadas de forma peculiar em milhares monitorados por VANT, a qual mostrou ser útil para lavouras que foram danificadas por porcos selvagens (FISCHER et al., 2019). A precisão em estimar os danos por pragas selvagens é notória, especialmente em culturas de perfil alto como milho que estão além da altura do observador. Os UAS fornecem uma visão ampla e panorâmica, rápida e pontual (ENGEMAN et al., 2018). Os sistemas de monitoramento remoto de aeronaves não

tripuladas são de uma tecnologia emergente com amplo crescimento e fazem sinergia aos tópicos de recursos naturais, industriais na agricultura de precisão (ANDERSON et al., 2013; CHRISTIANSEN et al., 2017).

A economia de mão de obra é um entrave na agricultura convencional; no entanto, o uso de novas tecnologias de informação gera uma redução deste tipo de mão de obra, necessitando de gerenciamento treinado, capacitado e inovador para melhorar a qualidade das colheitas da cultura do arroz (HAMA et al., 2021), ainda mais no uso dos drones de sensoriamento remoto que favorecem na diferenciação em avaliar o crescimento que pode mudar, conforme a luminosidade solar.

Hashimoto et al. (2019), complementam que há melhor época para utilização da ferramenta drone com altitude, posição solar e ventos, proporcionando melhor qualidade nas imagens e dados. Por fim, não menos importante neste período de tempo, as plantas de arroz são revestidas por orvalho na primeira hora da manhã, o que podem interferir na coleta e medições do uso de drones (PAUL et al., 1986; MARESMA et al., 2020).

Stavrakoudis et al. (2019), analisaram a produção de biomassa em plantas da cultura do arroz, afirmando a adoção de práticas mais eficientes no manejo da AP; no entanto, a aquisição de imagens pode ser ineficiente no que tange a tempo e recurso.

Já alguns estudos com pequenos veículos aéreos não tripulados podem determinar valores de índices de vegetação da cultura do arroz por diferença normatizada (NDVI), com alta resolução, Guan et al. (2019), complementam que a viabilidade no uso de pequenos VANTs podem ser positivas no auxílio de pequenos produtores de arroz. Um fator importante para o crescimento foliar é a medição pelo seu índice, ou seja, índice de área foliar (IAF) que podem ser previstos na cultura do arroz e de grande importância para prever a produtividade da cultura. O uso de veículo aéreo não tripulado (UAV), de acordo com Yamaguchi et al. (2021), mostrou se eficiente com baixo custo,

Hama et al. (2020), trazem à tona um tópico importante relacionado ao aquecimento global e ações que interferem nas mudanças climáticas, assim como os nutrientes em uma produção como a do arroz. Para adaptar uma cultura é necessário monitorar o risco ambiental que as mudanças climáticas podem representar na agricultura. Em relação ao teor de proteína do grão de arroz e as variáveis meteorológicas, ambas podem ser monitoradas por sensoriamento remoto de drones e dados por eles coletados.

Na presente pesquisa, Vanbrabant et al. (2020), na grande área da fruticultura, explanam sobre o uso dos drones com enorme potencial para estimativas nesta área, principalmente na fase de floração e a quantificação de aglomerados, mesmo que ainda não satisfatório.

De acordo com Tay et al. (2018), os VANT's oferecem novos meios como ferramentas de monitoramento das populações de forragens a partir das imagens obtidas, o que demonstra potencial nos novos métodos de monitoramento de espécies. Tay (2018), ainda citam que o baixo custo na aquisição das UAVs chegará, aumentando o uso dos mesmos. Lu et al. (2017), frisam que métodos de amostragem devem tender a padronização quando encontradas de forma heterogênea em levantamentos a campo.

No entanto, Michez et al. (2019), lembram que as ferramentas tradicionais utilizadas pelos agricultores em pastagens são muito estáticas, necessitando novas tecnologias, uma delas, que vem ao

encontro da praticidade e adaptabilidade com o uso de sistemas aéreos não tripulados (SANTS). A aplicação na pecuária tem potencial em promover, além do manejo das pastagens, o manejo dos rebanhos. Já Michez et al. (2020), salientam que poucos estudos investigam o uso de drones para qualidade da forragem e composição química.

CONCLUSÕES

Na agricultura, pelo seu impacto econômico e social na população global, o uso de tecnologias como o Drone, pode reduzir tempo de trabalho, recursos e mão-de-obra humana, sem falar dos aspectos relacionados à sustentabilidade e respeito ao ambiente. Estas tecnologias levaram a uma nova revolução chamada agricultura de precisão, baseada na observação e medição da variabilidade inter e entre campo nas culturas. Neste contexto, o uso de imagem hiperespectral, primeiro usada em satélites e depois em aeronaves tripuladas, composto por centenas de bandas espectrais que facilitam a conversão de dados ocultos em informações úteis, é uma tecnologia chave neste cenário. Ding et al. (2018), trazem outra preocupação quanto à segurança, que é a utilização de drones amadores. Para os autores,

Os Drones têm atraído cada vez mais atenção devido às suas aplicações ilimitadas em comunicações, fotografia, agricultura, vigilância e vários serviços públicos. No entanto, a implantação de drones amadores apresenta várias ameaças à segurança, proteção e privacidade. Para lidar com esses desafios, a vigilância de drones amadores se tornou um tópico muito importante, mas amplamente inexplorado.

Foi visto, na presente pesquisa, que drones instrumentados com os mais diversos programas possíveis, mas adequadamente a cada um sendo apropriado ao seu contexto e objetivo do agricultor, fornecem informações importantes sobre áreas cultivadas de forma rápida e com baixo custo, permitindo uma produção mais eficiente e controlada.

O drone é mais um grande aliado no aperfeiçoamento de processos agrícolas. Traz, ainda, possibilidades adicionais de gestão de informação e tão essencial para a agricultura de precisão, para que seja possível ao produtor obter, quase em tempo real, informações sobre a produção. O investimento em drones na agricultura é compensado pela sua versatilidade, uma vez que ele desempenha várias funções no campo reduzindo relativamente seu custo inicial, como foi visto nos resultados alcançados pela presente pesquisa.

Como todo tipo de tecnologia, observa-se que os drones continuarão em ascensão, podendo futuramente ser barateados, sendo utilizado em vários tipos de produtos advindos do campo e lavouras. O uso de drones no setor da agricultura é de suma importância, pois torna os mercados do agro mais eficientes, aumentando em alguns aspectos sua produção, como também possibilita uma produção mais limpa, pois se trata de uma tecnologia mais sustentável. Outra importância desta tecnologia é a sua integração com outros processos provenientes do setor, pois seu controle em tempo real pode trazer informações importantes para a sequência de atividades.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, K.; GASTON, K. J.. Veículos aéreos não

tripulados leves revolucionarão a ecologia espacial Frente.

Eco Ambiente, v.11, p.138-146, 2013.

ANDRADE, R. O.. Drones sobre o campo: avanços tecnológicos ampliam as possibilidades do uso de aeronaves não tripuladas na agricultura. **Revista Fapesp**, n.239, 2016.

APPUNU, C. C.; SEM, D.; SINGH, M. K.; DH, B.. Variação no desempenho simbiótico de linhagens de *Bradyrhizobium japonicum* e cultivares de soja em condições de campo. **J. Cent. EUR. Agrícola**, v.9, p.185-189, 2008.

ASSAIANTE, B. A. S.; CAVICHIOLI, F. A.. A Utilização De Veículos Aéreos Não Tripulados (Vant) na Cultura da Cana-de-Açúcar. Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga - Taquaritinga - São Paulo - Brasil. **Interface Tecnológica**, v.17, n.1, 2020. DOI: <http://doi.org/10.31510/infav.17i1.804>

BATISTA, J. A.. **Adoção da agricultura de precisão na Amazônia**: estudo de caso na região cone sul do Estado de Rondônia. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

BORÉN, A.; QUEIROZ, M. D.; VALENTE, M. S. D.; PINTO, C. A. F.. **Agricultura Digital**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.

BRASIL. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Agricultura de precisão**: operação de drones. Brasília: Senar, 2018.

CAPELLI, N. L.. **Agricultura de precisão**: Novas tecnologias para o processo produtivo. UNICAMP, 1999.

CARDINALE, B. J.; WRIGHT, J. P.; CADOTTE, M. W.; CARROLL, I. T.; HECTOR, A.; SRIVASTAVA, D.. Os impactos da diversidade vegetal na produção de biomassa aumentam ao longo do tempo devido à complementaridade das espécies. **Proc. Nacional Acad. Sci.**, v.104, p.18123-18128, 2007.

CHEN, R.; CHU, T.; LANDIVAR, J.; YANG, C.; MAEDA, M.. **Monitoramento da germinação do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) usando imagens de UAS de ultra-alta resolução**. *Preciso Agrícola*, 2017.

CHRISTIANSEN, M. P.; LAUREN, M. S.; JORGENSEN, R. H.; SKOVEN, S.; GISLUM, R... **Projetando e testando um sistema de mapeamento UAV para levantamento de campo agrícola Sensores**. 2017.

DING, G.; ZHANG, Q.; WU, L. L. Y.. **An amateur drone surveillance system based on the cognitive**. Internet of Things IEEE access, 2018.

ENGEMAN, R. M.; TERRY, J.; STEPHENS, L. R.; GRUVER, K. S.. **Prevalência e quantidade de danos de suínos selvagens em culturas de três fileiras no planejamento proteção de colheita**. 2018.

EZENNE, G. I.; JUPP, L.; MANTEL, S. K.; TANNER, J. L.. Current and potential capabilities of us for crop water productivity in precision agriculture. **Agricultural Water Management**, v.218, p.158-164, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.034>

FACCO, F. L. B.. Utilização De Sistemas De Aeronaves Remotamente Pilotadas Na Agricultura de Precisão. **Revista**

Geonorte, v.10, n.34, p.129-152, 2019. DOI: <http://doi.org/10.21170/geonorte.2019.V.10.N.34.129.152>

FAO. Food and Agriculture Organization. **The future of food and agriculture**: alternative pathways to 2050: summary version. Rome: FAO, 2018.

FISCHER, J.; GREINER, K.; LUTMAN, M.; WEBBER, B. L.; VERCAUTEREN, K.. Use of unmanned aircraft systems (UAS) and multispectral imagery for quantifying agricultural areas damaged by wild pigs. **Crop Protection**, n.125, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104865>

FUKANO, Y.; GUO, W.; AOKI, N.; OOTSUKA, S.; NOSHITA, K.; UCHIDA, K.; KATO, Y.; SASAKI, K.; KAMIKAWA, S.; KUBOTA, H.. GIS-Based Analysis for UAV-supported field experiments reveals soybean traits associated with rotational benefit. **Frontiers in Plant Science**, v.12, 2021. DOI: <http://doi.org/10.3389/fpls.2021.637694>

GNÄDINGER, F.; SCHMIDHALTER, U.. Contagens digitais de plantas de milho por Veículos Aéreos Não Tripulados (UAVs). **Remote Sens**, 2017.

GONZÁLEZ, A.; AMARILLO, G.; AMARILLO, M.; SARMIENTO, F.. Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. Universidad de Cundinamarca; Universidad Nacional Abierta y a Distancia; Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. **Revista Especializada en Ingeniería Publicaciones e Investigación**, v.10, 2016. DOI: <http://doi.org/10.22490/25394088.1585>

GUAN, S.; FUKAMI, K.; MATSUNAKA, H.; OKAMI, M.; TANAKA, R.; NAKANO, H.; SAKAI, T.; NAKANO, K.; OHDANE, H.; TAKAHASHI, K.. Assessing correlation of High-Resolution NDVI with Fertilizer application Level and Yield of Rice and Wheat Crops using Small UAVs. **Remote Sens**, v.12, n.112, 2019. DOI: <http://doi.org/10.3390/rs11020112>

HAMA, A.; TANAKA, K.; CHEN, B.; KONDOH, A.. Examination of appropriate observation time and correction of vegetation index for drone-based crop monitoring. **Journal of Agricultural Meteorology**, v.77, n.3, 2021. DOI: <http://doi.org/10.2480/agrmet.D-20-00047>

HAMA, A.; TANAKA, K.; MOCHIZUKI, A.; TSURUOKA, Y.; KONDOH, A.. Estimating the protein concentration in rice grain using UAV imagery together with agroclimatic data. **Agronomy**, v.10, n.431, 2020. DOI: <http://doi.org/10.3390/agronomy10030431>

HASHIMOTO, N.; SAITO, Y.; MAKI, M.. Simulation of reflectance and vegetation indices for unmanned aerial vehicle (UAV) monitoring of paddy fields. **Remote Sensing**, v.11, p.2119-2132, 2019. DOI: <http://doi.org/10.3390/rs11182119>

HUERTA, M. H.; GONZÁLEZ, P. R.; RAINEY, K.. Yield prediction by machine learning from UAS-based multi-sensor data fusion in soybean. **Plant Methods**, v.16, n.78, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1186/s13007-020-00620-6>

INTRIAGO, C., GIL, H.. Discriminación de malezas basada en la respuesta espectral del cultivo de maíz, Manabí, Ecuador. **Rev. Fac. Agron., Luz**, v.38, n.4, 2021. DOI: [http://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n4.03](http://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n4.03)

JIN, X.; LIU, S.; BARET, F.; HEMERLÉ, M.; COMAR, A.. **Estimativas de densidade de plantas de culturas de trigo na emergência de imagens de UAV de altitude muito baixa**. Sensor Remoto Ambiente, 2017.

JUNTA, R; CAVICHIOLI, F. A.. Revolução dos drones na agricultura. In: SINTAGRO - SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA EM AGRONEGÓCIO, 8. **Anais**. Guarulhos: FATECLOG, 2016.

KLAUSER, F.. **Surveillance Farm**: Towards a Research Agenda on Big Data Agriculture. Surveillance & Society, 2018.

LU, B.; HE, Y.. Classificação de espécies usando imagens de alta resolução espacial adquiridas por veículos aéreos não tripulados (UAV) em uma pastagem heterogênea. **ISPRS J. Photogramm Remote Sens**, v.128, p.73-85, 2017.

MANZATTO, C. V.; BHERING, S. B.; SIMÕES, M.. **Agricultura de precisão**: propostas e ações da Embrapa Solo. EMBRAPA Solos, 1999.

MARESMA, A.; CHAMBERLAIN, L.; TAGARAKIS, A... Accuracy of NDVI-derived corn yield predictions is impacted by time of sensing. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.169, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105236>

MARTINEZ, H.; MAGDALENO, H. F.; GARDEZI, A. K.; HERNÁNDEZ, R. A.; CHÁVEZ, L. T.; PENA, V. M.; MANCILLA, O.. Digital count of corn plants using images taken by unmanned aerial vehicles and cross correlation of templates. **Agronomy**, v.10, n.469, 2020. DOI: <http://doi.org/10.3390/agronomy10040469>

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A.. Agricultura Digital. **RECoDAF: Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v.2, n.1, p.72-88, 2016.

MICHEZ, A.; LEJEUNE, P.; BAUWENS, S.; HERINAIA, A. L.; BLAISE, Y.; CASTRO, E.; MUNOZ, E. C.; LEBEAU, F.; BINDELLE, J.. Mapping and monitoring of biomass and grazing in pasture with an unmanned aerial system. **Remote Sens**, v.11, n.473, 2019. DOI: <http://doi.org/10.3390/rs11050473>

MICHEZ, A.; PHILIPPE, L.; DAVID, K.; CRÉMER, S.; CHRISTIAN, D.; BINDELLE, J.. Can low-cost unmanned aerial systems describe the forage quality heterogeneity? Insight from a timothy pasture case study in Southern Belgium. **Remote Sens**, v.12, n.1650, 2020. DOI: <http://doi.org/10.3390/rs12101650>

MIRANDA, A. C. C.; VERISSIMO, A. M.; CEOLIN, A. C.. Agricultura de precisão: um mapeamento da base da SciELO. **Revista Gestão Org. Universidade Rural do Pernambuco**, v.15, p.129-137 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.21714/1679-18272017v15Ed.p129-137>

MOLIN, J. P.. **Agricultura de precisão**: números do mercado brasileiro - boletim técnico número 03. USP ESALQ, 2017.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; FERREIRA, B. S. C.; BENTO, J. M. S.. **O Futuro do Controle Biológico**. Piracicaba: Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, Esalq/USP, 2002.

PAUL, J.; PINTER, J. R.. 1986: Effect of dew on canopy

reflectance and temperature. **Remote Sensing of Environment**, v.19, p.187-205, 1986. DOI: [http://doi.org/10.1016/0034-4257\(86\)90071-4](http://doi.org/10.1016/0034-4257(86)90071-4)

ROZA, D.. Novidade no campo: Geotecnologias renovam a agricultura. **Revista InfoGEO**, n.11, 2000.

SANKARAN, S.; QUIRÓS, J. J.; KNOWLES, N. R.; KNOWLES, L. O.. Estimativa baseada em imagens aéreas de alta resolução da emergência de culturas em batatas. **Sou. J. Batata Res.**, v.94, p.658-663, 2017.

SALGADO NETO, A. S.; CALDEIRA, N. L.; FARIA, M. S. P.. **Estudo de caso**: análise de imagens geradas por vant (drone) para o monitoramento e controle do avanço de obras de infraestrutura. Joinville: UNISOCIESC, 2021.

SASAKI, T.; YOSHIHARA, Y.; TAKAHASHI, M.; BYAMBATSETSEG, L.; FUTAHASHI, R.; NYAMBAYAR, D.. Respostas diferenciais e mecanismos de produtividade após cenários experimentais de perda de espécies. **Oecologia**, v.183, p.785-795, 2017.

SERRANO, I. B.; SWAEF, T.; QUATAERT, P.; APER, J.; SALEEM, A.; SAEYS, W.; SOMERS, B.; RUIZ, I. R.; LOOTENS, P.. Closing the phenotyping gap: high resolution uav time series for soybean growth analysis provides objective data from field trials. **Remote Sens**, v.12, n.1644, 2020. DOI: <http://doi.org/10.3390/rs12101644>

SILVA, F. J.; SABINO, G. F.; SANTOS, K. O.; LIMA, O. C.; JÚNIOR, R. C. P.. A importância da tecnologia para a agricultura moderna. **Scientia Generalis**, v.2, n.1, p.143-143, 2022.

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

STAVRAKOUDIS, D.; KATSANTONIS, D.; KADOGLIDOU, K.; KALAITZIDIS, A.; GITAS, I.; Z.. Estimating rice agronomic traits using drone-collected multispectral imagery. **Remote Sens**, v.11, n.545, 2019. DOI: <http://doi.org/10.3390/rs11050545>

TAY, J.; ERFMEIER, A.; KALWIJ, J.. Reaching new heights: can drones replace current methods to study plant population dynamics? **Plant Ecol.**, n.219, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03549.x>

TILMAN, D.; REICH, P. B.; KNOPS, J. M. H.. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. **Nature**, v.441, p.629-632, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1038/nature04742>

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F.. Introdução à Agricultura de Precisão: Conceitos e Vantagens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.159-163, 2002.

VANBRABANT, Y.; DELALIEUX, S.; TITS, L.; PAULY, K.; VANDERMAESEN, P.; SOMERS, B.. Pear Flower cluster quantification using RGB drone imagery. **Agronomy**, v.10, n.407, 2020. DOI: <http://doi.org/10.3390/agronomy10030407>

YAMAGUCHI, T.; TANAKA, Y.; IMACHI, Y.; YAMASHITA, KATSURA, K.. Feasibility of combining deep learning and RGB images obtained by unmanned aerial vehicle for leaf area

index estimation in Rice. **Remote Sens**, v.13, n.84, 2021.

DOI: <http://doi.org/10.3390/rs13010084>

YIN, X.; GOUDRIAAN, J.; LANTINGA, E. A.; VOS, J.; SPIERTZ, H. J.. A flexible sigmoid function of determinate growth. **Ann. Bot. Pub. Med.**, v.91, p.361-371, 2003.

DOI: <http://doi.org/10.1093/aob/mcg029>

ZAMBON, I.; EGIDI, G.; SAPORITO, G. M.; CECCHINI, M.. Revolution 4.0: Industry vs. agriculture in a future development for SMEs. **Processes**, v.7, n.1, p.36, 2019. DOI: <http://doi.org/10.3390/pr7010036>

ZAVALETA, E. S.; PASARI, J. R.; HULVEY, K. B. E.; TILMAN, G. D.. Sustentar múltiplas funções ecossistêmicas em comunidades de pastagens requer maior biodiversidade. **Proc. Nacional Acad. Sci.**, v.107, p.1443-1446, 2010.

ZHAO, B.; ZHANG, J.; YANG, C.; ZHOU, G.; DING, Y.; SHI, Y.; ZHANG, N.; XIE, J.; LIAO, Q.. Contagem de mudas de colza e avaliação do desempenho da semeadura em dois estágios iniciais de crescimento com base em imagens de veículos aéreos não tripulados. **Planta Sci.**, 2018.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea (https://opensea.io/HUB_CBPC), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157890165220311041/>