

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC DR. LUIZ CÉSAR COUTO – QUATÁ
Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em
Agropecuária

João Vitor Dourado Valejo
Lucas Gabriel de Matos Miranda
Rafael da Silva Azevedo

**A INTEGRAÇÃO DE DRONES NA AGROPECUÁRIA: PROCESSO
TECNOLÓGICO, APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS**

QUATÁ/SP
NOVEMBRO/2025

João Vitor Dourado Valejo
Lucas Gabriel de Matos Miranda
Rafael da Silva Azevedo

A INTEGRAÇÃO DE DRONES NA AGROPECUÁRIA: PROCESSO TECNOLÓGICO, APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso técnico em Agropecuária da Etec
Dr. Luiz César Couto, orientado pelo Prof.
Wagner dos Reis, como requisito parcial para
obtenção do título de técnico em
Agropecuária.

**Quatá - SP
Novembro/2025**

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar e sintetizar o estado da arte da integração de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), ou drones, na agropecuária, com foco no progresso tecnológico, nas diversas aplicações e nos benefícios que essa tecnologia proporciona para o setor. O estudo rastreou a evolução dos VANTs desde sua origem até a inserção na Agricultura 4.0, identificando suas principais aplicações na agricultura de precisão, como mapeamento aéreo, monitoramento de culturas ou de animais e, principalmente, a pulverização de defensivos. Foram avaliados os benefícios dessa tecnologia, que incluem a precisão na aplicação de insumos, a redução de perdas por amassamento, a economia de tempo e a melhoria da segurança do aplicador, contribuindo para a sustentabilidade. Conclui-se que a adoção dos drones é fundamental para a modernização do agronegócio, exigindo, contudo, o conhecimento das boas práticas operacionais e o cumprimento da regulamentação da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Palavras-chave: Drones; VANTs; Agricultura de Precisão; Agropecuária; Pulverização.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 Terminologia	7
2.2 Tipos de plataforma.....	8
2.3 Componentes dos drones	10
2.4 Vantagens do uso do drone.....	11
2.5 Aplicações dos drones na agricultura de precisão	12
2.6 Pulverização com o Uso de Drones	15
2.6.1 Funcionamento da Pulverização com Drones	16
2.6.2 Boas Práticas e Regulamentação.....	16
2.6.3 Vantagens da Pulverização com Drones	16
2.7 Benefícios da pulverização com drones	17
2.8 Atividades Desenvolvidas pelos Drones no Campo	18
2.9 Drones em Levantamentos e Estudos de Terreno	19
2.9.1 Boas Práticas e Regulamentação.....	20
2.9.2 Principais Aplicações da Topografia com Drones.....	20
2.9.3 Tipos de Levantamento Topográfico Realizados com Drones.....	21
2.10 Monitoramento de Pastagens.....	22
2.11 Benefícios do Uso de Drones no Monitoramento de Pastagens....	23
2.11.1 Visibilidade ampla e detalhada	23
2.11.2 Sustentabilidade	23
2.11.3 Redução de custos operacionais	23
2.12 Aplicações Práticas do Uso de Drones em Pastagens	23
2.12.1 Monitoramento e Avaliação de Pastagens	23
2.12.2 Sensores de Solo e Qualidade da Pastagem	24
2.13 Imagens Aéreas Obtidas por Drones	24
2.13.1 Área de sorgo em fase de rebrota após colheita	24
2.13.2 Detalhe da área de sorgo em rebrota	25
2.13.3 Rebanho bovino visto em alta altitude	26
2.13.4 Rebanho bovino em detalhe	27
2.13.5 Instalações agropecuárias	28
2.14 Desafios.....	29

2.15 Legislação quanto ao uso de drones no Brasil	29
2.16 Valor do investimento	30
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUÇÃO

Desde seus primórdios a agricultura tem sido essencial para a sobrevivência da humanidade e por esse motivo tem se desenvolvido ao longo dos tempos, acompanhando a evolução do homem. Diante de desafios globais, como a crescente demanda por alimentos, as mudanças climáticas e a necessidade de conservação e preservação dos recursos naturais, os avanços tecnológicos na agricultura são essenciais para aumentar a sustentabilidade e produtividade (BETONI et al., 2024).

Entre os séculos XX e XXI a agricultura teve seu avanço, iniciando com a era da Agricultura 1.0, utilizando a tração animal para diversas atividades desenvolvidas no campo. Na década de 1950 a Agricultura 2.0 substituiu a tração animal pelo motor a combustão, propiciando o desenvolvimento de máquinas agrícolas. Após alguns anos, nasce a Agricultura 3.0 com o desenvolvimento do sistema Global Positioning System (GPS) que é utilizado até hoje, sendo uma grande criação, adotado entre os produtores para principalmente, o gerenciamento do plantio. E atualmente, está expandida a Agricultura 4.0, a revolução que incorporou a conectividade e automação, utilizando máquinas, veículos aéreos não tripulados (VANTS) ou drones e robôs (DOS SANTOS et al., 2019).

Drone é um termo utilizado para se referir a uma aeronave sem piloto embarcado. Originalmente, essa palavra era usada apenas para os aviões militares não tripulados. Atualmente, serve para designar os aeromodelos radiocontrolados com mais de um rotor, como os quadricópteros (SENAR, 2018).

Surgiram por volta de 1960, mas foi durante os anos 80 que começaram a chamar atenção, por conta de seus usos militares. O drone que ficou marcado na história foi desenvolvido pelo engenheiro espacial israelita Abraham (Abe) Karem em 1977, época de sua chegada aos EUA, o qual fundou a empresa Leading System, utilizando poucos recursos tecnológicos, como fibra de vidro caseira e restos de madeira (CALIXTO, s.d.).

Os drones evoluíram muito em poucos anos e passaram a contribuir em áreas que antes nem se cogitava sua presença, como na agricultura. Atualmente eles estão mais acessíveis e podem colaborar muito nas lavouras, ajudando a gestão e deixando até mesmo aumentar a produtividade das culturas (GIRALDELI, 2019).

Os primeiros registros de drones no Brasil remontam ao início dos anos 2000, mas sua história no país é bem mais antiga do que muitos imaginam. O

primeiro drone a sobrevoar os céus brasileiros foi desenvolvido pela Embraer em parceria com o Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) na década de 1980. Este projeto pioneiro, conhecido como BQM-1BR, foi concebido para fins de treinamento militar e marcou o início da era dos drones no Brasil. Contudo, o uso de drones no país permaneceu restrito ao âmbito militar por muitos anos. As Forças Armadas brasileiras viram nessa tecnologia uma oportunidade de modernizar suas operações e ampliar sua capacidade de vigilância e reconhecimento. Um exemplo notável foi o uso de drones pelos militares brasileiros em missões de paz no Haiti, demonstrando o potencial dessas aeronaves em operações internacionais (MAIS DRONE, 2024).

Com a simplificação das regras para o uso de drones na agricultura, sancionadas em maio deste ano pela Agência Nacional de Aviação Civil (Anac), a utilização dos equipamentos no campo – que já vinha crescendo ano a ano na última década – deve dar um salto ainda maior. Hoje, no Brasil, há aproximadamente 113 mil drones cadastrados na Anac, sendo que, desses, cerca de 2,5 mil estão no campo. Com a mudança na resolução, as aplicações dos Vant na agricultura se expandiram, impulsionando o seu uso (BRADESCO, 2023).

O objetivo do presente trabalho é rastrear o progresso tecnológico dos VANTs desde sua origem até a atualidade, destacando sua evolução e inserção na Agricultura 4.0; identificar e descrever as principais aplicações dos drones na agricultura de precisão, com foco em mapeamento aéreo, monitoramento de culturas, pulverização de defensivos e levantamento topográfico; avaliar os benefícios de sua utilização na agropecuária, considerando sua precisão, redução de perdas, economia e melhoria da segurança do aplicador; além de associar os desafios relacionados a essa prática e discutir sua regulamentação conforme as normas da ANAC.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Terminologia

- Drone: é um termo genérico, usado para descrever desde pequenos equipamentos até aeronaves não tripuladas de aplicação militar. Nesta cartilha, o termo será usado para designar Aeronave Remotamente Pilotada, que é a

terminologia correta empregada às aeronaves não tripuladas de caráter não recreativo.

- Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT): é o termo usado para descrever todo e qualquer tipo de aeronave que não necessita de pilotos embarcados para ser guiada.
- Aeromodelo: aeronave não tripulada com propósito recreativo: esporte, lazer, hobby ou diversão.
- Aeronave Remotamente Pilotada (RPA, do inglês Remotely Piloted Aircraft): subcategoria de Veículo Aéreo Não Tripulado. O piloto não está a bordo da RPA, mas controla remotamente o equipamento por uma interface externa (controle remoto, computador, simulador, dispositivo digital, entre outros). É utilizada de modo não recreativo: pesquisa, militar e comercial.
- Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada (RPAS, do inglês Remotely Piloted Aircraft Systems): sistema formado pela aeronave com estação de pilotagem remota, link de comando que possibilita o controle da aeronave e qualquer outro equipamento de apoio, (SENAR, 2018).

2.2 Tipos de plataforma

Existem diferentes tipos de drone para diferentes finalidades, como os de asa rotativa, mais populares, e os de asa fixa, cada um com suas características e aplicabilidades.

- a) Asa rotativa: plataforma do tipo helicóptero convencional ou multirotor (com mais de um rotor), como os quadricópteros;
- b) Asa fixa: plataforma que utiliza asas similares às do avião;
- c) Asa híbrida: plataforma que utiliza tecnologia de aeronaves adaptáveis, considerada híbrida entre aeronaves de asa fixa e rotativa, (SENAR, 2018).

Figura 1: Asa Rotativa



Fonte: <https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/249-DRONES.pdf>

Figura 2: Asa Rotativa



Fonte: <https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/249-DRONES.pdf>

Figura 3: Asa Híbrida



Fonte: <https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/249-DRONES.pdf>

Quadro 2: Principais vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de drone

	Drone de asa fixa	Drone de asa rotativa
Projeto	Mais voltado para mapeamento e monitoramento de médias e grandes áreas.	Mapeamento e monitoramento de pequenas áreas, além de inspeção de obras e recursos naturais.
Aplicações mais comuns	Agricultura, mineração, topografia, monitoramento de perímetro (fronteiras), monitoramento da vida selvagem, engenharia, entre outros.	Agricultura, inspeção e fiscalização ambiental, mercado imobiliário, videografia, topografia, emergência, entre outros.
Velocidade de voo	Maior	Menor
Autonomia da bateria	Maior	Menor
Cobertura de área por voo	Maior	Menor
Pilotagem manual	Mais difícil	Mais fácil
Modo de decolagem e pouso	Horizontal	Vertical
Área de decolagem e pouso	Maior	Menor
Modo de orientação das imagens	Vertical	Vertical e oblíqua (panorâmica)

Fonte: <https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/249-DRONES.pdf>

2.3 Componentes dos drones

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, citado por Alarcão Júnior & Nuñez (2024).

Quadro 1: Tipos de sensores e respectivos usos na agricultura

Sensores	Usos na agricultura
Câmeras RGB 	Mapeamento da área plantada; monitoramento da lavoura; avaliação da qualidade do plantio; mapeamento das falhas de plantio; contagem de plantas/touceiras/árvores; inspeção de danos à lavoura causados por inundações, queimadas ou ventanias.
Câmeras multiespectrais 	Avaliação de danos causados por ataques de pragas e doenças; mapeamento de zonas de manejo; determinação de estresse nutricional; estimativas de biomassa e produtividade agrícola; detecção de infestação de ervas daninhas, entre outros.
Câmeras hiperespectrais 	Com mais de 40 bandas espectrais, esses sensores permitem detectar e mapear manchas de solo, além de testar e avaliar índices de vegetação capazes de identificar variados tipos de anomalia nas folhas.
Câmeras térmicas 	Ao fornecer estimativas de temperatura da superfície, as câmeras térmicas têm potencial para serem utilizadas em várias aplicações, incluindo inferências sobre o teor de umidade do solo e a eficiência de sistemas de irrigação.

Fonte: <https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/249-DRONES.pdf>

2.4 Vantagens do uso do drone

1. Pulverização Precisa: Seja para controlar pragas nas lavouras de milho, ou otimizar a utilização de fertilizantes foliares em lavouras de soja, a pulverização é um processo crucial. Os drones de pulverização, com sua capacidade de voo estável e precisa, garantem que cada gota de produto seja aplicada diretamente no alvo desejado. Isso minimiza o desperdício e maximiza a eficiência, resultando em melhores resultados na colheita.
2. Aplicação em Áreas de Difícil Acesso: Os drones são especialmente úteis em terrenos acidentados ou de difícil acesso, como áreas alagadas, bananais em terrenos montanhosos ou áreas florestais com acesso limitado. A capacidade de voo dos drones permite que eles se movam com mais facilidade em áreas com relevo acidentado.
3. Redução de Perdas por Amassamento: Tratores e outros equipamentos de pulverização terrestres podem causar danos significativos às culturas ao entrarem

na área para alguma operação, levando a perdas de produtividade. Por outro lado, os drones são capazes de voar sobre as plantações, eliminando completamente o risco de amassamento.

4. Monitoramento da Saúde das Plantas: Além da pulverização, os drones também são capazes de monitorar a sanidade das folhas. Utilizando equipamentos específicos, os drones podem coletar dados em tempo real sobre a condição em que se encontra a cultura, permitindo que os agricultores identifiquem rapidamente qualquer sinal de doença ou praga. Isso é muito importante para grandes culturas, como soja e milho, onde o monitoramento manual é um desafio.

5. Saúde do Aplicador: A utilização de drones na aplicação de produtos químicos reduz significativamente a exposição dos trabalhadores a esses produtos. Isso não apenas diminui o risco de problemas de saúde relacionados à exposição a produtos químicos, mas também aumenta a segurança geral no local de trabalho. É um benefício importante, principalmente quando se trata da aplicação de agrotóxicos, que podem apresentar riscos à saúde humana se manipulados incorretamente.

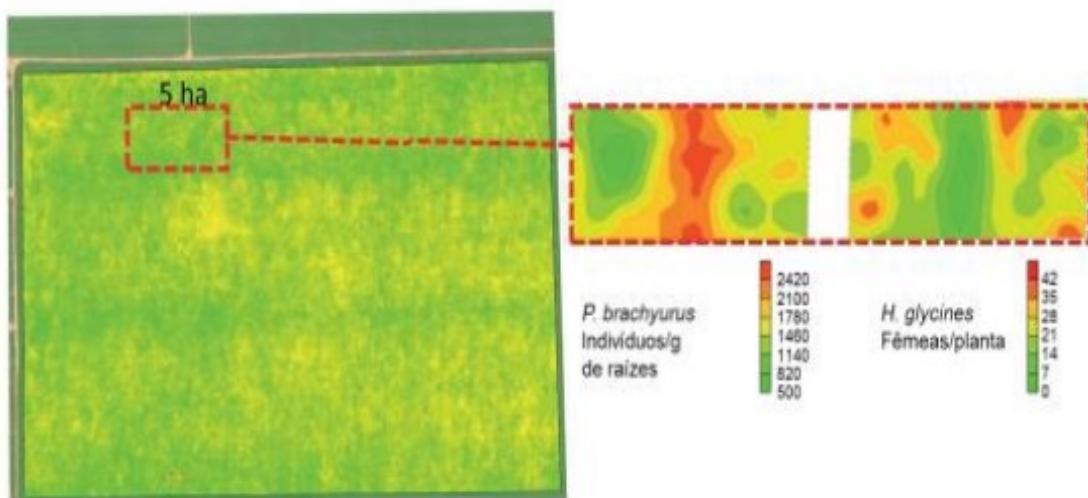
6. Economia de Tempo e Esforço: Trabalhar no meio agrícola é um trabalho árduo e os drones ajudam a aliviar parte dessa carga. Eles podem realizar tarefas de pulverização muito mais rápido do que seria possível manualmente. Por exemplo, uma área que poderia levar um dia inteiro para ser pulverizada manualmente, pode ser coberta por um drone em uma fração desse tempo.

7. Sustentabilidade: Finalmente, os drones também contribuem para a sustentabilidade da agricultura. Ao melhorar a precisão da pulverização e reduzir o desperdício. Menos desperdício de produtos significa menos contaminação do solo e da água, o que é benéfico para o meio ambiente a longo prazo, (CAMPOAR, 2023).

2.5 Aplicações dos drones na agricultura de precisão

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 4 e a Figura 5). Eles afirmam que os drones podem oferecer uma maneira mais eficiente e precisa de realizar essas tarefas do que os métodos tradicionais, citado por Alarcão Júnior & Nuñez (2024).

Figura 4: Identificação de ataque de nematoides pelo drone



Fonte:https://www.researchgate.net/publication/374461358_O_uso_de_drones_na_agricultura_40

Figura 5: Identificação de regiões com falhas na semeadura pelo drone



Fonte:https://www.researchgate.net/publication/374461358_O_uso_de_drones_na_agricultura_40

TABELA 1 – DRONES: APLICAÇÕES E POSSIBILIDADES

APLICAÇÕES	POSSIBILIDADES
Mapeamento aéreo	Um dos usos mais comuns para o drones, são aliados a softwares para análise das imagens captadas. Podem contar as plantas e identificar falhas nas linhas de plantio; identificar pragas, doenças e deficiência nutricional; excesso de irrigação; onde despejar fertilizantes, etc.
Demarcação	Os drones podem mostrar quais áreas da sua fazenda estão propícias para o plantio através de fotos e imagens tiradas de maneira fácil e rápida.
Pulverização	Mapeando a topografia do solo para identificar as áreas que precisam da utilização da pulverização, os drones podem realizar a aplicação do produto com maior precisão, agilidade e economia.
Irrigação	Esta aplicação é muito eficiente, pois os drones conseguem identificar com um sobrevoo a presença de regiões que precisam de irrigação.
Georreferenciamento	O drone realiza o trabalho de levantamento de dados, como suas coordenadas, (altitude, latitude, longitude), permitindo limitar a área agrícola.

Fonte:https://www.researchgate.net/publication/379497516_BENEFICIOS_DESAFIOS_E_LEGISLACOES_PARA_UTILIZACAO_DE_DRONES_NA_PRODUCAO_AGRICOLA_UMA_REVISAO_DA_LITERATURA

TABELA 2 – DRONES: APLICAÇÕES NA PECUÁRIA

APLICAÇÕES	POSSIBILIDADES
Monitoramento do rebanho	Permite localizar, contar e acompanhar os animais rapidamente, sem causar estresse e cobrindo grandes áreas.
Vigilância e segurança	Ajuda a identificar invasões, predadores e situações de risco, aumentando a proteção da propriedade.
Verificação de pastagens	avalia a qualidade do pasto, detecta áreas degradadas e orienta o manejo rotacionado.
Inspeção de cercas e estruturas	facilita encontrar falhas em cercas, porteiros e verificar bebedouros ou cochos sem deslocamento.
Auxílio no manejo	apoia na condução do gado e reduz o tempo de trabalho em grandes áreas.
Saúde animal	permite detectar ferimentos, comportamentos anormais e, com sensores, identificar sinais de doenças.

Fonte: Autores

2.6 Pulverização com o Uso de Drones

A pulverização com drone é uma tecnologia que permite aplicar defensivos agrícolas, bioinsumos ou fertilizantes foliares diretamente sobre a lavoura de forma aérea, extremamente precisa, sem pisoteio e com redução expressiva na deriva (BRAÉRO, 2025).

Os primeiros testes com drones para essa finalidade começaram em 2017, em Porto Alegre, com o modelo Pelicano da Skydrones. A primeira aplicação em campo ocorreu em Pelotas, com o uso de um herbicida dessecante aplicado com drone no preparo de áreas para o sistema de plantio direto de soja e arroz (MENDES, 2019).

A pulverização com drone é um processo em que a aeronave percorre o plantio abastecida com tanque de defensivo agrícola. Desta forma o drone cobre uma área de forma eficaz e segura, sem que o produtor tenha contato direto com o produto. Todo o processo é feito de forma remota e há otimização do processo de pulverização. Levando esses aspectos em consideração, hoje iremos mostrar um guia completo de como funciona e suas vantagens (GRUPO DR1, 2020).

2.6.1 Funcionamento da Pulverização com Drones

A pulverização com drones é feita através de um estudo prévio do local. Uma vez mensurado o local a ser aplicado o defensivo agrícola, a calda é preparada com o mínimo contato humano e abastecida nos tanques acoplados ao drone. Então, o drone sobrevoam o local aplicando os produtos com seus bicos pulverizadores. Os bicos borrifam de forma que tenha amplo alcance e aplicação efetiva, economizando produto. Vale lembrar que os bicos podem ser ajustados para diversas plantações (GRUPO DR1, 2020).

A pulverização com drones pode ser feita com ou sem auxílio de um controlador, e é feita de forma semelhante aos pulverizadores: avalia-se o alvo e estágio da cultura, define-se a ponta, forma do jato e vazão etc. Alguns estudos mostram que a pulverização com drones teve maior eficiência no controle de pragas do que a pulverização manual em diversas culturas como arroz, batata e trigo (MACHADO, s.d.).

2.6.2 Boas Práticas e Regulamentação

O uso de drones para a pulverização deve seguir as boas práticas já realizadas em pulverizações terrestres. Uma aplicação com qualidade depende de fatores como condições favoráveis do clima, uso de pontas de pulverização corretas, ajuste do volume de calda, parâmetros operacionais, momento certo de aplicação e respeitar as recomendações da bula. Além disso, deve obedecer às normativas legais, considerando os padrões de segurança e a regulamentação do Código Brasileiro de Aeronáutica, sob fiscalização da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), (MACHADO, s.d.).

2.6.3 Vantagens da Pulverização com Drones

O drone se mostra extremamente eficaz em áreas de difícil acesso, onde máquinas tradicionais não conseguem chegar. O drone consegue levar o produto a partes mais internas do dossel — a camada superior de folhas da plantação —, que normalmente não são alcançadas por outros métodos de pulverização, (MENDES, 2019).

Na lavoura você pode dispensar certos equipamentos que são utilizados de forma tradicional, pois o drone só precisa de ajuste no bico e o preparo adequado para pulverização, bem como uma análise prévia. Com a aplicação por drones, não

há perda de plantio com degradação, como em aplicações por trator, já que o drone sobrevoa o cultivo, sem danificar a vegetação, (GRUPO DR1, 2020).

Após o término de cada carga, o drone retorna automaticamente ao ponto de abastecimento, recarrega calda e bateria e volta ao campo, até concluir toda a área programada, (BRAÉRO, 2025).

2.7 Benefícios da pulverização com drones

- ❖ Grande precisão na aplicação de defensivos: Por meio de mapas gerados previamente, os drones terão a capacidade de efetuar a pulverização em áreas bastante específicas da lavoura;
- ❖ Eficiência no uso de produtos: Devido à maior precisão e possibilidade de rastreamento por sistemas de GPS agrícola, os drones podem pulverizar diferencialmente em áreas contrastantes. Isso gera economia e aumenta eficiência do processo;
- ❖ Diminuição da necessidade de mão de obra: Os drones são equipamentos que podem voar por conta própria ou serem controlados por apenas uma pessoa. Tal benefício diminui os riscos de erros humanos, além de reduzir a exposição de operadores a produtos químicos;
- ❖ Diminuição da compactação do solo e danos às plantas: o uso de drones evita problemas comuns no uso de tratores. Ele não causa compactação do solo e nem danos de derrubada ou arranquio de plantas, comuns em outras técnicas;
- ❖ Permite pulverização em terrenos em declive ou com alta umidade de solo: Não são raras as áreas em que as condições do terreno muitas vezes limitam a entrada de máquinas mais pesadas. Para drones, essa dificuldade não existe;
- ❖ Podem ser usados em culturas com estágio avançado de desenvolvimento: Culturas com estágios mais avançados de desenvolvimento limitam a entrada de certas máquinas. Novamente, os drones eliminam essa dificuldade (PERFECT FLIGHT, 2023).

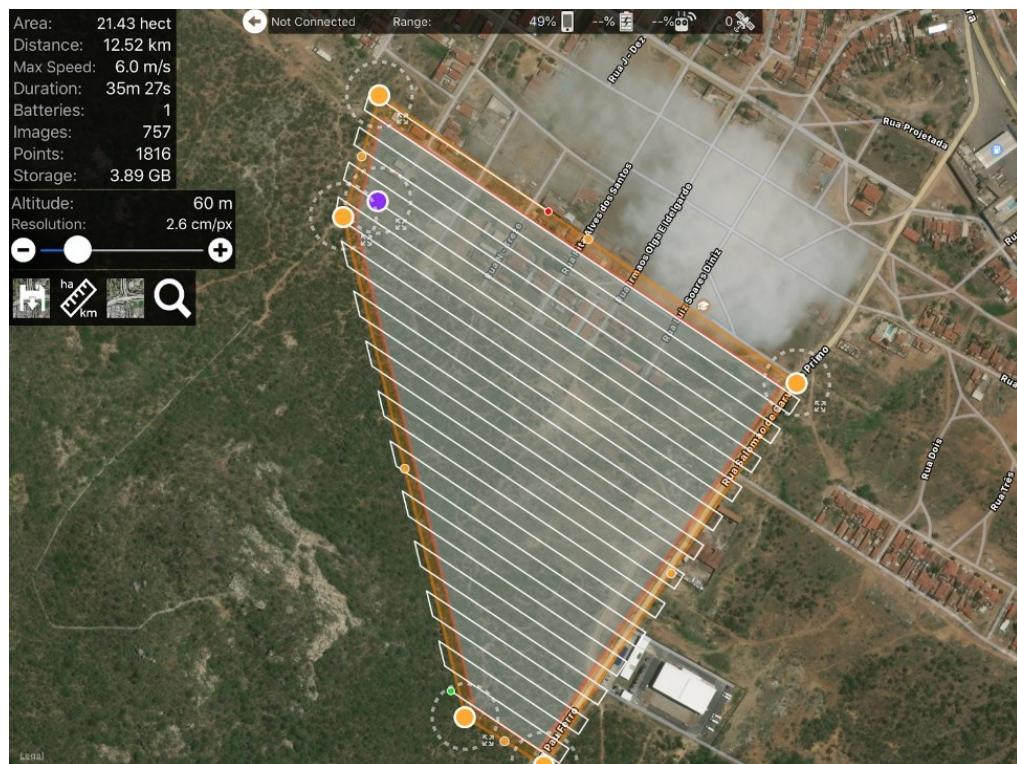
2.8 Atividades Desenvolvidas pelos Drones no Campo

De acordo com Bastos (2015), essas são as atividades que os drones desempenham no campo que merecem destaque: A análise de cultura talvez seja o principal uso do drone na agricultura, realizam detecção de pragas ou doenças, falhas no plantio, excesso ou escassez de irrigação e análise da plantação, através de softwares que capturam imagens.

O drone paira sob a cultura capturando imagens que em softwares são organizadas cronologicamente, possibilitando verificar o desenvolvimento da safra. Através de imagens capturadas pelos drones em seu vôo e utilização de softwares, possibilita-se a realização de medições no campo (BASTOS, 2015).

Com as imagens capturadas pelos drones, é possível demarcar áreas, selecionando os melhores locais para realizar o plantio e até mesmo para demarcar fontes de água e rios para preservação, como demonstra a (Figura 6) (GIRALDELI, 2019).

Figura 6: Demarcação de terreno realizada por drone



Fonte: Geosensori, 2019

2.9 Drones em Levantamentos e Estudos de Terreno

O drone chegou para aperfeiçoar os levantamentos topográficos, pelo fato do seu uso ser simples e prático quando comparado a outros métodos de levantamento. Nele, basta traçar seu plano de voo (onde será definida a altura, a área a ser explorada, a velocidade e também a quantidade de imagens que serão coletadas pelo VANT) em um computador, ou qualquer outro dispositivo eletrônico que permita fazer esse plano, e em seguida é necessário apenas colocá-lo em execução, para que o drone fotografe toda a área planejada (FIGUEREDO; NETO, 2019).

Os drones são capazes de cobrir áreas extensas em um espaço de tempo notavelmente curto especialmente em terrenos acidentados, em regiões remotas e perigosas, ou seja, com a utilização dos drones, uma tarefa que demoraria dias, pode ser realizada em questão de horas. Essa velocidade sem precedentes tem implicações significativas para prazos de projeto e tomada de decisões. No âmbito do mapeamento topográfico, a alta precisão na coleta de dados é de primordial importância. Os drones modernos são equipados com uma variedade de sensores avançados, incluindo LiDAR (Light Detection and Ranging) e câmeras de alta resolução, que possibilitam a obtenção de informações topográficas com uma precisão inigualável (GOMES et al., 2024)

Segundo Fortunato (2018), os drones são mais produtivos para georreferenciamento de grandes áreas de riscos e regiões inacessíveis. Além dessa, outra grande vantagem é que esse VANT junta todas as imagens coletadas em uma só (em 3D) e faz todo um levantamento da altimetria do local estudado, que facilita bastante para um possível aterro ou corte de terra na área. Mas, infelizmente, não é possível utilizar esse VANT em todas as ocasiões, uma vez que em um local muito nublado, sujeito à chuva, ou até mesmo com grande intensidade de vento impossibilita tal trabalho, citado por Figueiredo; Neto (2019).

Figura 7: Levantamento topográfico realizado pelo drone



Fonte: https://www.researchgate.net/publication/374461358_O_uso_de_drones_na_agricultura_40

2.9.1 Boas Práticas e Regulamentação

O processo de topografia com drones é simples e eficiente. Em primeiro lugar, é programado um voo autônomo, no qual o drone sobrevoa a área a ser mapeada. Durante o voo, ele captura imagens aéreas de alta definição, que posteriormente são processadas para gerar modelos tridimensionais e ortomosaicos da área estudada. Aplicativos como o Drone Harmony são essenciais para a realização de voos autônomos, garantindo precisão e qualidade nas imagens obtidas durante os trabalhos de topografia. Tudo isso, com precisão e agilidade (GEOURBE, s.d.).

2.9.2 Principais Aplicações da Topografia com Drones

- ✓ Levantamentos detalhados de terrenos;
- ✓ Divisão e unificação de propriedades (desmembramento e aglutinação);
- ✓ Correção e ajuste de áreas registradas (retificação de áreas);
- ✓ Mapeamento e cadastro de vias (rodovias, ferrovias e ciclovias);
- ✓ Extração precisa de dimensões e medidas;
- ✓ Identificação de áreas de drenagem e gestão hídrica;
- ✓ Planejamento e execução de terraplenagem;

- ✓ Definição e criação de curvas de nível (terraceamento); Projetos de movimentação de terra (aterro/corte);
- ✓ Atualização de registros imobiliários e cartoriais (como matrículas de imóveis);
- ✓ Marcação de obras lineares (como estaqueamento de rodovias); Certificação ambiental e fundiária de propriedades rurais;
- ✓ Gestão de áreas de risco e monitoramento ambiental;
- ✓ Avaliação de mudanças geográficas e ocupação do solo;
- ✓ Monitoramento de obras de grande escala, como barragens e loteamentos;
- ✓ Inventário de florestas e áreas de preservação, com foco em sustentabilidade;
- ✓ Mapeamento urbano para planejamento e desenvolvimento de cidades inteligentes (GEOURBE, s.d.).

2.9.3 Tipos de Levantamento Topográfico Realizados com Drones

O levantamento topográfico com drones pode ser classificado em diferentes tipos, cada um atendendo a propósitos específicos e utilizando técnicas variadas de coleta de dados:

- I. Levantamento Aéreo Ortomosaico: Este método consiste na captura de várias imagens aéreas que, quando processadas, se juntam para criar uma imagem fiel e detalhada do terreno. O ortomosaico é utilizado para planejamento e análise de grandes áreas.
- II. Modelagem 3D: Usando imagens capturadas por drones, é possível criar modelos tridimensionais de terrenos e estruturas. Esses modelos são úteis em projetos de engenharia, arquitetura e monitoramento de obras.
- III. Mapeamento LiDAR: Com o uso de sensores LiDAR (Light Detection and Ranging), drones podem gerar mapas topográficos de alta precisão, capturando informações sobre elevações e características do solo. Este método é muito eficiente em áreas florestais.

- IV. Levantamento de Terras Agrícolas: Drones são usados para monitorar lavouras e coletar dados sobre a topografia do solo, ajudando os agricultores a tomar decisões mais eficazes sobre plantio e manejo.
- V. Inspeção de Infraestrutura: Além do levantamento topográfico clássico, drones são utilizados para inspecionar pontes, estradas e outras estruturas, permitindo uma visualização detalhada e identificação de possíveis problemas sem a necessidade de acesso físico.

Cada um desses tipos de levantamento oferece benefícios específicos e contribui para uma variedade de aplicações na construção civil, agricultura e engenharia, evidenciando a versatilidade do uso de drones nessa área (COSTA, s.d.).

2.10 Monitoramento de Pastagens

O monitoramento de pastagens é fundamental para garantir a produtividade e a sustentabilidade na pecuária. Uma inovação tecnológica que vem transformando essa prática é o uso de drones, proporcionando uma alternativa moderna e eficiente para a coleta de dados. Esses veículos aéreos não tripulados estão revolucionando o setor agrícola ao oferecer uma visão abrangente e detalhada das áreas de pastagem (AGROFATO, 2024).

Ao usar drones, os pecuaristas conseguem tomar decisões mais informadas sobre o manejo do gado, a qualidade do pasto e a saúde do solo. O uso de drones na pecuária está se tornando cada vez mais comum devido à sua capacidade de aumentar a eficiência do manejo e melhorar a produtividade de forma sustentável (MARTINEZ, 2024).

Em sistemas de produção pecuária, o manejo adequado das pastagens é crucial para a saúde e o bem-estar do gado. Com o monitoramento de pastagens, é possível avaliar a disponibilidade e qualidade da forragem, identificar áreas degradadas e determinar o momento ideal para o manejo, contribuindo para o aumento da produtividade e preservação do solo. No entanto, métodos convencionais de monitoramento, como a inspeção visual, podem ser demorados, custosos e limitados, especialmente em grandes propriedades rurais. Nesse contexto, o uso de drones tem se mostrado uma ferramenta promissora e prática (AGROFATO, 2024).

2.11 Benefícios do Uso de Drones no Monitoramento de Pastagens

2.11.1 Visibilidade ampla e detalhada

Com um drone para monitoramento de áreas de pastagem, é possível obter uma visão ampla de grandes extensões de terra em pouco tempo. Isso facilita a identificação de problemas como áreas com crescimento desigual de vegetação, presença de pragas ou doenças, e até mesmo condições de solo. Essa visibilidade detalhada permite que os gestores tomem decisões mais informadas e ágeis, garantindo que intervenções necessárias sejam realizadas de maneira oportuna (DRONIUS, 2025).

2.11.2 Sustentabilidade

O monitoramento eficiente com drones permite um uso mais racional dos recursos, evitando o superpastejo e reduzindo a necessidade de fertilizantes e herbicidas, o que contribui para a preservação do solo e para práticas agrícolas mais sustentáveis (AGROFATO, 2024).

2.11.3 Redução de custos operacionais

Ao evitar a degradação do solo e melhorar a gestão da pastagem, os drones ajudam a reduzir os custos com recuperação de áreas degradadas. Além disso, ao monitorar o rebanho de forma mais eficiente, os drones diminuem a necessidade de investimentos em mão de obra para inspeção e manejo. Com o uso adequado dos drones, o produtor também consegue evitar perdas por conta de doenças não detectadas a tempo ou de animais desaparecidos (MARTINEZ, 2024).

2.12 Aplicações Práticas do Uso de Drones em Pastagens

2.12.1 Monitoramento e Avaliação de Pastagens

Uma das aplicações mais valiosas do drone para monitoramento de pastagem é a capacidade de realizar inspeções aéreas que oferecem uma visão completa do campo. Os drones equipados com câmeras de alta resolução podem capturar imagens que ajudam na identificação de áreas com problemas, como a presença de pragas ou doenças nas plantas. Além disso, é possível avaliar a

distribuição da forragem, permitindo uma gestão mais eficiente do pasto (DRONIUS, 2025).

2.12.2 Sensores de Solo e Qualidade da Pastagem

Drones de monitoramento de pastagem podem trabalhar em conjunto com sensores de solo, que medem a umidade, a temperatura e os nutrientes disponíveis no solo. Essas informações são cruzadas com os dados capturados pelos drones, permitindo assim que o produtor entenda melhor como o pasto está reagindo às condições climáticas e ao manejo do rebanho. Com esses dados, é possível ajustar a rotação de pastagens e a irrigação, garantindo uma produção mais sustentável e eficiente (MARTINEZ, 2024).

2.13 Imagens Aéreas Obtidas por Drones

Durante a realização deste trabalho, foram capturadas imagens aéreas com o uso de drones nas instalações da Etec Dr. Luiz César Couto. Essas imagens contemplam diferentes aspectos da realidade agropecuária local, incluindo a visualização de animais, estruturas físicas de apoio e áreas cultivadas. O uso de drones possibilitou o registro de informações de maneira detalhada e abrangente, proporcionando uma visão panorâmica que auxilia na análise e no entendimento das práticas agrícolas e zootécnicas desenvolvidas na instituição.

2.13.1 Área de sorgo em fase de rebrota após colheita

Imagen aérea capturada por drone mostrando a área anteriormente cultivada com sorgo. Após a colheita, observa-se que, após a colheita, a rebrota não ocorreu de forma uniforme, apresentando falhas em alguns trechos. Além disso, há a presença de ervas daninhas competindo com o sorgo e trechos de solo exposto, o que compromete a cobertura adequada do terreno.

Figura 8: Área de sorgo em fase de rebrota após colheita



Fonte: Autores

2.13.2 Detalhe da área de sorgo em rebrota

Registro aéreo aproximado da área de sorgo evidenciando a falta de cobertura uniforme do solo. Nota-se que, em diversos pontos, a rebrota não ocorreu, permitindo o desenvolvimento de ervas daninhas. Essa situação pode afetar a produtividade e demonstra a importância do monitoramento por drones para identificar precocemente falhas no cultivo.

Figura 9: Detalhe da área de sorgo em rebrota



Fonte: Autores

2.13.3 Rebanho bovino visto em alta altitude

Imagen aérea capturada por drone mostrando o gado distribuído em uma ampla área de pastagem. A fotografia, obtida de uma altitude mais elevada, possibilita uma visão panorâmica da dispersão dos animais, bem como a análise do uso do espaço e do estado da pastagem. Nessa perspectiva, também é possível observar as curvas de nível que estruturam a área e os caminhos formados pelo trânsito dos bois, evidenciando o impacto do deslocamento do rebanho sobre o terreno.

Figura 10: Rebanho bovino visto em alta altitude



Fonte: Autores

2.13.4 Rebanho bovino em detalhe

Registro aéreo aproximado dos animais, evidenciando de forma mais clara a quantidade, a diversidade e o comportamento do gado em área de descanso e alimentação. Essa perspectiva em baixa altitude complementa a visão geral fornecida pela imagem anterior, permitindo maior precisão na avaliação do rebanho.

Figura 11: Rebanho bovino em detalhe



Fonte: Autores

2.13.5 Instalações agropecuárias

Imagen aérea obtida por drone que mostra as principais estruturas de apoio às atividades agropecuárias, como a instalação destinada à ordenha e o chiqueiro. A fotografia permite visualizar a organização espacial das construções, facilitando o planejamento e a análise do manejo produtivo dentro da instituição.

Figura 12: Instalações agropecuárias



Fonte: Autores

2.14 Desafios

Segundo Gonçalves, 2023, os drones agrícolas enfrentam um desafio intrínseco relacionado à sua capacidade de carga. Em comparação com os pulverizadores ou aviões agrícolas, sua capacidade de transportar insumos é substancialmente menor. Isso se torna uma consideração crítica em operações que abrange vastas áreas, onde a limitação de carga pode impactar a eficiência operacional. A autonomia de voo dos drones é diretamente influenciada pela capacidade da bateria. A necessidade de recargas frequentes, especialmente em operações abrangentes, pode resultar em paradas que afetam a eficiência e produtividade. A limitação na autonomia destaca a importância de estratégias de gerenciamento de tempo e logística para otimizar o uso dessas tecnologias. Drones são mais sensíveis a condições climáticas adversas, como ventos fortes, chuvas intensas e temperaturas extremas. Esses fatores podem comprometer a capacidade de voo dos drones, afetando a qualidade das operações agrícolas. Estratégias de programação e monitoramento meteorológico são essenciais para mitigar os impactos negativos dessas condições. O investimento inicial na aquisição de drones agrícolas, juntamente com os custos associados ao treinamento necessário para operá-los, representa um desafio financeiro considerável. Além disso, a manutenção regular e a substituição de peças danificadas podem gerar custos adicionais ao longo do tempo. Agricultores precisam avaliar cuidadosamente esses custos em relação aos benefícios potenciais citados por Moraes et al, 2024

2.15 Legislação quanto ao uso de drones no Brasil

A legislação brasileira, especificamente a Nº 298 de 22/09/2021 do MAPA, estabelece requisitos rigorosos para o uso de drones na agricultura. Esses requisitos incluem a necessidade de o operador ser maior de idade, habilitado, capacitado e registrado. A ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) exige registro para todas as aeronaves não tripuladas acima de 250 gramas, juntamente com a obrigação de obter seguro RETA (Responsabilidade Civil do Explorador ou transportador Civil Aéreo) para garantir a segurança das operações. A ANAC e o DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) regulamentam o uso de drones em todo o território nacional, exigindo autorizações específicas para operações em áreas rurais, exceto para fins recreativos. A importação de drones requer

homologação da ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações), enquanto o Ministério da Defesa proíbe o mapeamento de áreas superiores a 15 km². Embora a legislação seja restritiva, há esforços para aprimorar regulamentações e facilitar o uso de drones na agricultura, com apelos para investimentos em políticas públicas, capacitação e tecnologias específicas para o setor agrícola (Alarcão Junior & Nunez, 2024).

2.16 Valor do investimento

De acordo com a Fundação Roge (2023), o preço dos drones agrícolas varia conforme o modelo e os recursos, podendo ir de R\$ 4.000,00 a até 3 milhões de reais. Além disso, há a opção de contratar empresas terceirizadas. Esse investimento pode ser vantajoso, pois auxilia na identificação de pragas e doenças, permitindo ações preventivas e aumentando a produtividade.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), ou drones, na agropecuária representa um marco na evolução para a Agricultura 4.0, conforme analisado neste trabalho, que sintetizou o progresso tecnológico, as aplicações e os benefícios dessa ferramenta. O estudo confirmou que os drones são essenciais para a agricultura de precisão, destacando-se em tarefas como mapeamento, monitoramento e, principalmente, na pulverização precisa de insumos, o que resulta em benefícios multifacetados, como a redução de perdas, a economia de recursos, a melhoria da segurança do aplicador e a promoção da sustentabilidade. Conclui-se que a adoção dos VANTs impulsiona a eficiência e a produtividade do setor, mas exige o conhecimento das boas práticas operacionais e o cumprimento rigoroso da regulamentação da ANAC, sendo fundamental o investimento contínuo em pesquisa e capacitação para que o agronegócio brasileiro explore plenamente o potencial dessa tecnologia.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFATO. **Uso de drones para monitoramento de pastagens: tecnologia, benefícios e aplicações.** Agrofato, 25 out. 2024. Disponível em:

<https://agrofato.com.br/2024/10/25/uso-de-drones-para-monitoramento-de-pastagens-tecnologia-beneficios-e-aplicacoes/>. Acesso em: 27 out. 2025.

ALARCÃO JÚNIOR, José Carlos de; NUÑEZ, Daniel Noe Coaguila. **O uso de drones na agricultura 4.0.** Brazilian Journal of Science, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2023.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/374461358_O_uso_de_drones_na_agricultura_40. Acesso em: 13 ago. 2025.

BASTOS, Teresa. **15 usos de drones na agricultura e pecuária.** Globo Rural, 2015. Disponível em: <https://globorural.globo.com/Noticias/Pesquisa-e-Tecnologia/noticia/2015/05/15-usos-de-drones-na-agricultura-e-na-pecuaria.html>. Acesso em: 03/09/2025

BETONI, Priscilla de Oliveira; SILVA, Nilza Nascimento da; STUCHI, Elisangela Mara de Souza; INOUE, Miriam Hiroko. **O uso de drones na agricultura de precisão: uma revisão.** Lumen et Virtus, São José dos Pinhais, v. 15, n. 41, p. 5658-5670, 2024. Disponível em:

<https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/870>. Acesso em: 07 maio 2025.

BRAÉRO. **Drones para levantamento topográfico — como funciona e quais os benefícios na agricultura.** Braéro – Engenharia e Geotecnologias, 1 jul. 2025. Disponível em: <https://braero.com.br/pulverizacao-com-drone-como-funciona-e-quais-os-beneficios-na-agricultura/>. Acesso em: 27 out. 2025.

BRADESCO. **Drones na agricultura: 6 razões para investir no equipamento.** Globo Rural, 2023. Disponível em: <https://globorural.globo.com/conteudo-de-marca/bradesco/tecnologia-e-inovacao/noticia/2023/11/drones-na-agricultura-6-razoes-para-investir-no-equipamento.ghtml>. Acesso em: 07 maio 2025.

CALIXTO, Felipe. **História dos drones: como surgiram? Para que servem?.** Itarc, s.d. Disponível em: <https://itarc.org/historia-dos-drones/>. Acesso em: 07 maio 2025.

CAMPOAR. **7 benefícios dos drones de pulverização para sua produção agrícola.** Campoar Drones, 30 jul. 2023. Disponível em:

<https://campoardrones.com/index.php/2023/07/30/7-beneficios-dos-drones-de-pulverizacao-para-sua-producao-agricola/>. Acesso em: 02 abr. 2025.

COSTA, André. **Levantamento topográfico com drone: tudo que você precisa saber.** Rural Engenharia, [s.d.]. Disponível em:

<https://www.rural.eng.br/blog/categorias/artigos/levantamento-topografico-com-drone-tudo-que-voce-precisa-saber>. Acesso em: 24 ago. 2025.

DOS SANTOS, T. C., ESPERIDIÃO, T. L., & AMARANTE, M. dos S. (2019).

AGRICULTURA 4.0: SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE PRODUÇÃO.

Revista Pesquisa E Ação, 5(4), 122-131. Disponível em:

<https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/768>. Acesso em: 01 de abr. de 2025.

DRONIUS. **Drone para monitoramento de áreas de pastagem: a revolução agrícola.** Manutenção Drones Agrícolas, 30 mar. 2025. Disponível em:

<https://manutencaodronesagricolas.com.br/drone-monitoramento-pastagem/>. Acesso em: 27 out. 2025.

FIGUEREDO, Ruan Henrique Barros; NETO, Miguel Ferreira. **Estudo de caso: custo-benefício de levantamentos topográficos planimétricos realizados sob o uso de drone, georreferenciamento RTK e estação total**. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/0b4189b7-239f-4450-ab34-948c146af0f2/content>. Acesso em: 24 ago. 2025.

FUNDAÇÃO ROGE. **O uso do drone a favor do campo**. [2023]. Delfim Moreira, MG. Disponível em: <https://www.fundacaoroge.org.br/blog/o-uso-do-drone-a-favor-do-campo>. Acesso em: 22 ago. 2025.

GEOURBE. **Drones para levantamento topográfico**. Geourbe – Engenharia e Geotecnologias, [s.d.]. Disponível em: <https://geourbe.com.br/drones/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

GIRALDELI, Ana Lígia. **Drones na Agricultura: guia completo para aumentar a produtividade**. Blog Aegro, 5 abr. 2019. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/drones-na-agricultura/>. Acesso em: 07 maio 2025.

GOMES, Anthony de Almeida da Rocha, et al. **O uso de drones para mapeamento topográfico**. Revista de Gestão e Secretariado – GeSec, São José dos Pinhais, PR, v. 15, n. 5, p. 1–14, 2024. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/3799/2399>. Acesso em: 24 ago. 2025.

GRUPO DR1. **Conheça a técnica da pulverização com drones**. Blog Grupo DR1 – Drones, Inovação, Empresas, Mercado, 2020. Disponível em: <https://blog.grupodr1.com.br/tecnica-da-pulverizacao-com-drones/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

MAIS DRONE. **Quando o drone chegou no Brasil: história, evolução e impacto**. Mais Drone, 13 dez. 2024. Disponível em: <https://maisdrone.com.br/quando-o-drone-chegou-no-brasil-historia-evolucao-e-impacto/>. Acesso em: 07 maio 2025.

MACHADO, Anderson Wolf. **Aplicação de defensivos com drones**. Agrolink, s.d. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/tecnologia-de-aplicacao/aplicacao-aerea/aplicacao-de-defensivos-com-drones_481651.html. Acesso em: 27 out. 2025.

MARTINEZ, Luzia. **Drones de monitoramento de pastagem**. 123 Ecos, 20 set. 2024. Disponível em: <https://123ecos.com.br/docs/drones-de-monitoramento-de-pastagem/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

MENDES, Luis Gustavo. **Drone para Pulverização Agrícola: Guia Completo, Preços e Modelos**. Blog da Aegro – Gestão de Fazenda, 20 mai. 2019. Disponível em: <https://aegro.com.br/blog/drone-para-pulverizacao/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

MORAES, Lucas Rodrigues de et al. **Benefícios, desafios e legislações para utilização de drones na produção agrícola: uma revisão da literatura**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 3, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/379497516_BENEFICIOS_DESAFIOS_E_LEGISLACOES_PARA_UTILIZACAO_DE_DRONES_NA_PRODUCAO_AGRICOLA_UMA_REVISAO_DA_LITERATURA. Acesso em: 22 ago. 2025.

PERFECT FLIGHT. Pulverização com drones: Quais são os principais benefícios dessa técnica. Perfect Flight, 14 jul. 2023. Disponível em: <https://www.perfectflight.com.br/post/pulverizacao-com-drones>. Acesso em: 02 abr. 2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). Agricultura de precisão: operação de drones. Brasília: SENAR, 2018. 18 p. il. (Coleção SENAR, n. 249). ISBN 978-85-7664-198-8. Disponível em: <https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/249-DRONES.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2025.