



Contributo (guia) do uso de drones em agricultura

JULHO 2024

Contributo (guia) do uso de drones em agricultura

FICHA TÉCNICA

Título: Contributo (guia) do uso de drones em agricultura

Autores:

Luis Alcino da Conceição

Luis Silva

Tiago Silva Pinto

ISBN: 978-989-33-5687-7

Design e Impressão: Virgula - Design & Print

Editor: Luís Alcino Conceição

Data de edição: 2024

Presidência do CC InovTechAgro



IPP - Instituto Politécnico de Portalegre

Praça do Município, 11
7300-110 Portalegre / Portugal



ANPROMIS - Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo

Rua Mestre Lima de Freitas nº 1 - 5º andar
1549-012 Lisboa / Portugal



Sumário

Com os crescentes desafios da produção agrícola relacionados com a necessidade de aumentar a produtividade para atender à crescente procura global por alimentos, a necessidade de fazer face às alterações climáticas, e a luta contra pragas e doenças que ameaçam as culturas, é cada vez mais importante a adoção de ferramentas que permitam uma melhor gestão dos recursos disponíveis.

A transformação digital da agricultura e a utilização de tecnologias/soluções inteligentes são assim fundamentais para ajudar os agricultores a tornarem-se mais sustentáveis e a manterem-se competitivos. Uma das inovações tecnológicas nos processos de produção mais promissoras no setor agrícola é o uso de drones para a aplicação de fatores de produção, nomeadamente fertilizantes e produtos para a proteção das culturas.

Um drone, também conhecido como veículo aéreo não tripulado (VANT) ou UAV (do inglês Unmanned Aerial Vehicle), é uma aeronave que opera sem a necessidade de um piloto a bordo. Pode realizar um voo programado ou comandado em tempo real próximo de um determinado alvo, pode ser utilizado em agricultura tanto na monitorização do estado das culturas e dos efetivos pecuários, como na aplicação de fatores de produção.

Alguns indicadores apontam para que o mercado global de drones agrícolas estimado em US\$ 2,08 bilhões em 2024 deverá atingir US\$ 4,36 bilhões até 2029, com um CAGR (Taxa de Crescimento Anual Composta) de 16,05% durante esse período. A Europa é o principal mercado.

O CC Inovtechagro tem nos seus pilotos experimentais desenvolvido as competências de treino e uso deste tipo de instrumentos, tanto na monitorização das culturas como na aplicação de fatores de aplicação.

Este documento tem como objetivo apresentar uma visão sucinta, mas abrangente do contributo do uso de drones no setor agrícola, nomeadamente no que respeita à sua importância como instrumentos para a distribuição e aplicação de fatores de produção.

ÍNDICE

1. Introdução	5
2. Aplicação aérea de produtos de proteção das culturas	6
2.1. Procedimentos e condições	6
3. Drones agrícolas: tecnologias e funcionalidades	7
3.1. Definição de drone	7
3.2. Componentes principais de um drone	8
3.3. Funcionalidades dos Drones para uso agroflorestal	10
4. Uso de drones na aplicação de produtos para a proteção das culturas (PPC)	11
5. Desafios e Limitações do Uso de Drones na Aplicação de PPCs	13
5.1. Análise SWOT	18
Pontos fortes	18
Pontos fracos	18
Oportunidades	18
Ameaças	18
6. Conclusão	18
Referências	20

Introdução

O cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável exige um rápido desenvolvimento de novas tecnologias de aplicação de produtos fitofarmacêuticos que proporcionem uma proteção eficaz das culturas, assegurando simultaneamente a sustentabilidade e a competitividade da agricultura europeia. A agricultura de precisão, entendida como o conjunto de técnicas e tecnologias que permitem realizar as ações no momento certo, no local certo e nas quantidades certas, melhorando a utilização eficiente dos instrumentos de produção e minimizando o impacto no ambiente e na segurança das pessoas, faz parte da resposta para atingir os objetivos definidos. Nos últimos anos, o desenvolvimento de soluções inovadoras de tratamento fitossanitário para a agricultura de precisão intensificou-se consideravelmente.

Contudo, a aplicação aérea de produtos fitofarmacêuticos no território nacional está proibida nos termos do que se encontra estipulado no n.º 2 do art.º 15º e no art.º 34º da Lei n.º 26/2013 de 11 de abril, que regula as atividades de distribuição, venda e aplicação de produtos fitofarmacêuticos para uso profissional e que transpõe para o ordenamento jurídico interno, a Diretiva (CE) n.º 2009/128 de 21 de outubro, do Parlamento Europeu e do Conselho, que estabelece um Quadro de Ação Comunitário para o Uso Sustentável de produtos fitofarmacêuticos. Ainda, nos termos da lei, por aplicação aérea entende-se a aplicação de produtos fitofarmacêuticos com recurso a aeronaves, designadamente aviões ou helicópteros, preparados para realizarem aplicações aéreas de produtos fitofarmacêuticos.

Concomitantemente, são admitidas derrogações à proibição de aplicação aérea se esta apresentar vantagens claras, reduzindo os efeitos adversos para a saúde humana e o ambiente em comparação com outros métodos de pulverização, ou se não existirem alternativas viáveis, desde que se recorra à melhor tecnologia disponível para reduzir o arrastamento da pulverização.

Não obstante o acima exposto, dado que as disposições constantes do capítulo VI da Lei nº 26/2013, atualmente em vigor, não são diretamente aplicáveis a drones e à sua operabilidade, não poderão, por esse motivo, ser realizadas aplicações de produtos fitofarmacêuticos com recurso a drones no atual enquadramento legal.

Em resposta ao envelhecimento da mão de obra na agricultura e à deslocação das pessoas para as cidades, o primeiro helicóptero de pulverização telecomandado foi desenvolvido na década de 1980, e entrou no mercado em 1990. Com o desenvolvimento do mercado dos UAV na década de 2000, surgiram muitas ideias sobre cartografia das parcelas e monitorização das culturas. À medida que se foram reduzindo a dimensão dos instrumentos de registo, começaram a estar disponíveis pequenos UAV de monitorização multi-rotor alimentados por bateria. Estes desenvolvimentos criaram muitas oportunidades para uma agricultura de precisão melhorada e personalizada. No entanto, os pequenos UAVs com 2 ou 4 motores não eram suficientemente potentes para transportar uma carga útil suficientemente grande para operações de pulverização para além de pequenas parcelas. Em 2012, surgiu um octacóptero alimentado por bateria, capaz de transportar uma carga útil maior e apoiado por um software muito útil. O desenvolvimento da pulverização por UAV está intimamente ligado ao desenvolvimento da regulamentação que pretende apoiar o sector em desenvolvimento.

Neste documento é feito um enquadramento geral dos drones agrícolas e seus constituintes, bem como dos principais potenciais e desafios na sua utilização agrícola.



2. Aplicação aérea de produtos de proteção das culturas

O regime relativo às atividades de distribuição, venda, aplicação terrestre e aérea de produtos fitofarmacêuticos e adjuvantes e procedimentos de monitorização à sua utilização, previsto na Lei n.º 26/2013 de 11 de Abril, alterada pelo DL n.º 35/2017 de 24 de março, DL n.º 169/2019 de 29 de novembro e DL n.º 9/2021 de 29 de janeiro, aplica-se a todos os utilizadores profissionais em estabelecimentos de distribuição e/ou venda, explorações agrícolas e florestais, zonas urbanas, zonas de lazer e vias de comunicação.

A aplicação aérea de produtos fitofarmacêuticos é proibida no espaço da União Europeia, podendo contudo, para alguns Estados Membros, como é o caso de Portugal, serem admitidas derrogações para situações muito específicas e bem fundamentadas (Directiva 2009/128/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de Outubro de 2009). A aplicação aérea de produtos fitofarmacêuticos tem, assim, carácter excecional, estando regulamentada pela Lei n.º 26/2013, de 11 de abril.

Só são autorizadas aplicações aéreas de produtos fitofarmacêuticos em território nacional concedidas:

- a) Pelas Direções Regionais de Agricultura e Pescas (DRAP), com base em Planos de Aplicação Aérea (PAA) previamente aprovados pela DGAV. Estes planos devem ser apresentados junto da DRAP com, pelo menos, 60 dias de antecedência em relação à data prevista para a primeira aplicação. Nestes casos, a efetiva aplicação obriga ainda à posterior apresentação de um pedido à DRAP, para cada exploração, com, pelo menos, 3 dias de antecedência;
- b) Pela Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV), em casos excecionais de emergência ou outras situações adversas não previstas.

A concessão das autorizações de aplicação aérea de produtos fitofarmacêuticos só pode ter lugar quando não existam alternativas viáveis, ou existam vantagens claras em termos de menores efeitos na saúde humana e no ambiente, em comparação com a aplicação de produtos fitofarmacêuticos por via terrestre. Para a concessão da autorização de aplicação aérea é necessário que exista um Plano de Aplicação Aérea (PAA) aprovado ou pedido de aplicação aérea efetuado, elaborados por um técnico habilitado (formulários de pedido abaixo):

- Plano de aplicação aérea
- Pedido de aplicação aérea
- Pedido de aplicação aérea para situações de emergência ou outras situações adversas não previstas
- Modelo de ficha de registo de aplicação aérea

2.1. Procedimentos e condições

Sem prejuízo do que se encontra disposto no Capítulo VI da Lei n.º 26/2013 de 11 de abril, nos termos do previsto no seu artigo 37.º na elaboração do Plano de Aplicação Aérea (PAA) devem ainda ser considerados os aspetos expressos em Ofício circular n.º 03/2022, da DGAV, datado de 15 de fevereiro de 2022 e a lista de produtos fitofarmacêuticos expressamente autorizados para aplicação aérea, da DGAV, datada de 27 de fevereiro de 2022.



Pode elaborar e subscrever os Planos de Aplicação Aérea (PAA) e os pedidos de aplicação aérea (PA), nas suas explorações agrícolas ou florestais, quem comprove dispor de:

- a) Certificado de aproveitamento na avaliação final da ação de formação de aplicação de produtos fitofarmacêuticos e das respetivas ações de atualização (previstas na alínea b) do n.º 6 do artigo 24.º da Lei nº 26/2013);
- b) Formação de nível técnico-profissional ou superior na área agrícola ou florestal que, no mínimo, demonstre a aquisição de competências sobre as temáticas constantes das ações de formação referidas na alínea anterior;
- c) Habilitação como técnico responsável, nos termos do artigo 7.º da Lei nº 26/2013.

O interessado pode, em alternativa, ser representado por técnico que comprove possuir os requisitos previstos nas alíneas b) ou c) anteriores, sendo ambos responsáveis pelo cumprimento dos deveres previstos na presente lei. O PAA pode ser elaborado por representantes de um conjunto de interessados e incidir sobre uma ou mais explorações agrícolas ou florestais.

3. Drones agrícolas: tecnologias e funcionalidades

3.1. Definição de drone

Um drone, também conhecido como veículo aéreo não tripulado (VANT) ou UAV (do inglês Unmanned Aerial Vehicle), é uma aeronave que opera sem a necessidade de um piloto a bordo. A sua operação é controlada remotamente por um operador humano ou, em alguns casos, de forma autónoma por meio de sistemas de controlo automatizados que seguem um conjunto pré-programado de instruções.

Os drones podem variar desde pequenos dispositivos de alguns centímetros a grandes aeronaves de vários metros de envergadura. As configurações também variam, incluindo as versões de asa fixa e asa rotativa – estes animados de movimento por um número variado de motores - multirrotores (ex. quadricópteros, hexacópteros), e ainda modelos híbridos.

A Figura 1 mostra um modelo de drone de asa fixa e de asa rotativa, o Quadro I mostra comparativamente algumas características dos equipamentos de asa fixa vs asa rotativa.



Figura 1. Drone de asa fixa (à esquerda) e de asa rotativa (à direita)

Quadro I. Drone de asa fixa VS asa rotativa

	Drone de asa fixa	Drone de asa rotativa
Projeto (dimensão)	Cartografia e monitorização de médias e grandes áreas	Cartografia e monitorização em áreas de menor dimensão
Aplicações mais comuns	Agricultura, topografia, monitorização da vida selvagem	Agricultura, avaliação ambiental, pecuária em campo
Velocidade de voo	Maior	Menor
Autonomia da bateria	Maior	Menor
Cobertura área de voo	Maior	Menor
Comando de voo manual	Mais difícil	Mais fácil
Modo de descolagem e pouso	Horizontal	Vertical
Área de descolagem	Maior	Menor
Modo de orientação das imagens	Vertical	Vertical e oblíqua (Panorâmica)



3.2. Componentes principais de um drone

Existem atualmente vários fabricantes e modelos de drones em comercialização. Os drones agrícolas estão equipados com uma variedade de tecnologias avançadas que os tornam ferramentas eficazes para a gestão, monitorização das culturas e ou aplicação de fatores de produção. Independentemente do fabricante, a sua constituição apresenta os seguintes componentes (Figura.1):

- Estrutura: a estrutura ou chassis de base sintética, metálica ou mista; rígida ou parcialmente desmontável suporta todos os componentes do drone
- Bateria: fonte de energia elétrica, que pode ser de lítio-polímero (LiPo) ou outro tipo de bateria recarregável. Dependendo do tipo de drone, altitude de voo, condições atmosféricas e peso, os modelos mais comuns apresentam autonomia de voo entre 10 a 20 minutos.

- Motores e Hélices: órgãos responsáveis pelo movimento e manobrabilidade do drone.

- Sistema de Controlo de Voo (remoto ou autónomo): o "cérebro" do drone, órgão que inclui microcontroladores, giroscópios, e acelerómetros para estabilização e navegação. Os drones podem ser controlados à distância por um operador usando um controlador ou computador, ou podem voar autonomamente seguindo coordenadas georreferenciadas e instruções programadas. O voo autónomo permite a capacidade de operar de forma independente com base em rotas e tarefas programadas, reduzindo a necessidade de intervenção humana constante.

- Módulo de Comunicação: sistema que permite a comunicação entre o drone e o sistema de controlo de voo, geralmente via radiofrequência apoiada por softwares de planeamento e análise de dados de voo.

Softwares de Planeamento de Voo e Análise de Dados

- Planeamento de Missão: ferramentas que permitem aos operadores programar rotas de voo e tarefas específicas, como mapeamento, pulverização e monitorização.

- Análise de Dados Agrícolas: Software que processa e analisa os dados recolhidos pelos sensores e câmaras, gerando relatórios e mapas de saúde das culturas, identificação de pragas, e outras métricas importantes.

- Telemetria em Tempo Real: Transmissão de dados ao vivo entre o drone e a estação de controle, permitindo a monitorização contínua e ajustes imediatos durante as operações.

- Conectividade com Redes de Internet das Coisas (IoT): Integração com outros dispositivos agrícolas conectados, como sensores de solo e clima, para uma gestão agrícola mais holística e inteligente.

- Inteligência Artificial: Algoritmos que analisam padrões e dados coletados, ajudando na identificação de problemas, previsões de rendimento, e recomendações de manejo.

- Sistema de Georreferenciação: sistema que permite a navegação e posicionamento preciso dos drones, essencial para a aplicação exata de produtos e/ou a criação de mapas detalhados das culturas. Para precisão centimétrica em tempo real podem incluir tecnologia RTK (Real-Time Kinematic).

- Sensores de Proximidade (e de Ativação Automática): detetam obstáculos no caminho do drone, permitindo a navegação segura com correção da rota. Função de emergência e regresso à base no caso de perda de comunicação entre o drone e a estação de controle.



• Sensores e Câmaras: os drones podem ser equipados com uma variedade de sensores, como câmaras de imagem visível (RGB), multiespectral ou hiperespectral, sensores de imagem térmica, LiDAR, e outros dispositivos que permitem a recolha de dados em tempo-real.

-Câmaras RGB: câmaras pancromáticas que capturam imagens em cores reais (bandas espectrais correspondentes às cores encarnada (R), verde (G) e azul (B)), úteis para a inspeção visual das culturas e efetivos animais.

-Câmaras Multiespectrais ou hiperespectrais: Capturam imagens em várias bandas nas regiões do visível e do infravermelho no espectro de luz, permitindo a obtenção de dados detalhados sobre a saúde das plantas e o cálculo de índices como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI).

-Câmaras Térmicas: detetam variações de temperatura nas plantas, no solo e nos animais, auxiliando na identificação de stresse hídrico, doenças e pragas. Podem ser também utilizadas na deteção de animais e seu estado de saúde, ninhos ou abrigos.

-LIDAR (Light Detection and Ranging): sensor que utiliza laser para criar mapas tridimensionais precisos do terreno e das culturas, útil para topografia e planeamento de operações de rega.

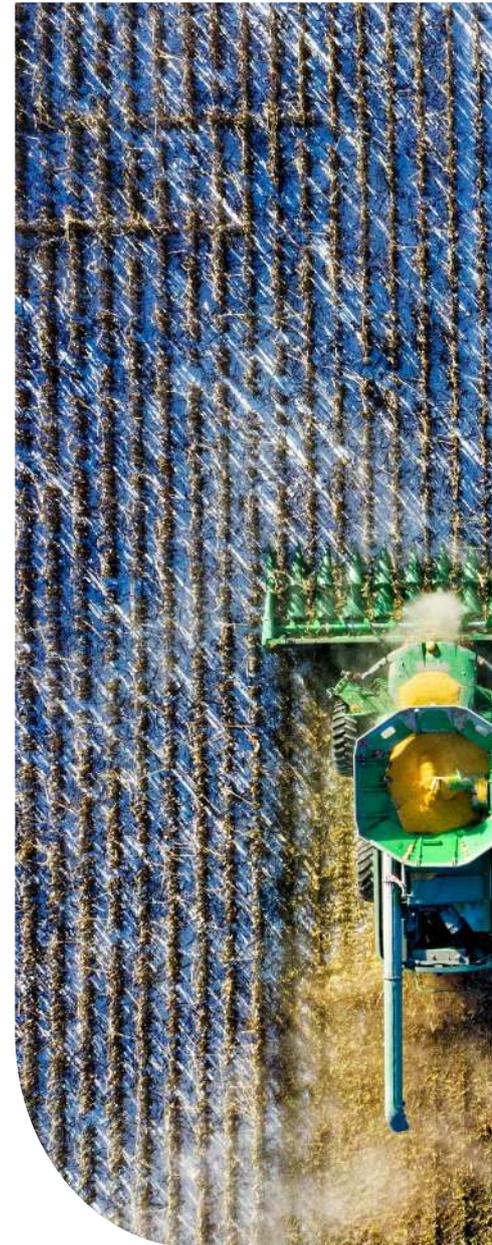


Figura 1. Ilustração dos componentes principais de um drone para monitorização das culturas

Existem vários tipos de drones que podem ser equipados com componentes específicos que permitam a sua utilização em várias tarefas, nomeadamente:

- Atomizadores de pulverização;
- Distribuidores de sementes;
- Transporte de pequenas cargas.

3.3. Funcionalidades dos drones para uso agroflorestal

Os drones surgem como uma ferramenta de apoio cada vez mais essencial à agricultura de precisão. A sua capacidade de localizar o problema permite que o empresário agrícola consiga detetar anomalias e saiba precisar as áreas que exigem uma abordagem diferente na produção, aumentando desta forma a rentabilidade da exploração. Hoje são várias as aplicações dos drones em Agricultura, Floresta ou Pecuária (Quadro abaixo).

Uso	Descrição
Cartografia	A cartografia dos campos e das pastagens pode não estar disponível, atualizada ou suficientemente precisa. Os UAVs são importantes para estabelecer e atualizar o conjunto de base local de informação geográfica.
Vigilância e controlo das culturas	Os sensores de infravermelhos próximos (NIR) podem monitorizar a fotossíntese das culturas. Os dados interpretados através do Índice Vegetativo por Diferença Normalizado (NDVI) podem ser utilizados para determinar o estado sanitário das plantas, o stress hídrico e estado nutricional, bem como o stress causado por pragas e doenças.
Aplicação de produtos para a proteção das culturas	Um drone oferece a oportunidade de uma aplicação mais eficiente em pequenos campos, sistemas de cultivo com água como o arroz, em zonas de declive acentuado ou menos acessíveis, ou simplesmente em campos convencionais como solução de recurso em caso de incapacidade de utilização do trator (ex. situações de encharcamento do solo em períodos de inverno). O uso de sensores de localização GNSS, eco ultrassónico e lasers permitem estabilizar com rigor centimétrico a altura acima da cultura.
Eficiência de rega	Sensores hiper espectrais ou térmicos podem ser utilizados para identificar poças de água ou equipamentos avariados.
Controlo de efetivos pecuários	A simples utilização de sensores RGB (frequência da radiação do espectro visível) permite a localização e observação à distância do estado dos animais em pastoreio. Quando conjugado com outras tecnologias, o drone pode ajudar na condução dos animais entre parcelas (função cajado voador) ou mesmo na identificação de animais em estro fisiológico.
Controlo de espécies selvagens	Através de sensores térmicos pode ser feita a Identificação de áreas de nidificação e presença de espécies animais selvagens em áreas de produção.



4. Uso de drones na aplicação de produtos para a proteção das culturas (PPC)

O uso de drones para a deteção remota e aplicação de PPC permite uma aplicação de dose variável e pode levar a uma diminuição de 50% na quantidade do produto aplicado. Embora os drones possam não parecer competitivos comparativamente aos equipamentos mecanizados convencionais, o acesso de drones a esses campos não é limitado pelas condições do solo húmido e, portanto, oferece flexibilidade. Vários drones podem ser operados em conjunto no que é chamado de "tecnologia de enxame" para cobrir uma área maior de culturas num curto espaço de tempo. A utilização de drones na aplicação de PPC oferece uma série de benefícios que contribuem para a eficiência, formatação, sustentabilidade e segurança das operações agrícolas. Nomeadamente por poderem incluir na sua construção sistemas de pulverização e sistemas de distribuição de produtos sólidos.

Sistemas de pulverização e dispensadores

- Tanques e Bicos de Pulverização: Equipamentos especializados para a aplicação de produtos líquidos, projetados para garantir a distribuição uniforme e precisa sobre as culturas.
- Controle de Vazão, Dose Programada e Dose Variável: Tecnologias que ajustam automaticamente a quantidade de produto aplicado com base na velocidade e altitude do drone, minimizando o desperdício e maximizando a eficácia.

Sistemas de distribuição de produtos sólidos

- Depósitos e discos de distribuição: Equipamentos especializados para a aplicação de fertilizantes a baixa altitude segundo o princípio de distribuição centrífuga. À semelhança dos sistemas de pulverização podem estar equipados com programação para dose variável. O interesse do uso de drones na aplicação de PPC prende-se com vários motivos de que destacamos:

1. Eficiência e precisão na aplicação

- Cobertura Uniforme: Os drones podem voar em rotas programadas e garantir uma aplicação uniforme dos produtos a distribuir, cobrindo áreas de atuação de forma consistente e precisa.
- Aplicação Direcionada: Utilizando câmaras e sensores avançados, os drones podem identificar áreas específicas que necessitam de tratamento, permitindo a aplicação localizada e evitando o desperdício de produtos.
- Redução de Sobredosagem: A capacidade de aplicar quantidades exatas de produtos de proteção das culturas reduz a possibilidade de sobredosagem, que pode ser prejudicial às plantas e ao meio ambiente.

2. Redução do Desperdício de fatores de produção

- Minimização de Deriva: apesar do efeito da altura acima da cultura, da velocidade e das pressões poderem ser semelhantes aos dos pulverizadores convencionais, os rotores dos drones podem criar vórtices que geram padrões de fluxo de ar capazes de aumentar o potencial de deriva. Contudo, em produtos aplicados em baixa pressão e a distancia ao alvo controlada pelo voo contribuem para a minimização do risco relativamente a equipamentos convencionais, garantindo assim também um uso mais eficiente do produto e menor desperdício.
- Redução da Exposição: O uso de drones diminui significativamente a necessidade de contacto de trabalhadores aos produtos químicos, reduzindo a exposição a substâncias potencialmente perigosas.
- Acesso a Áreas de Difícil Alcance: o uso de Drones pode ser determinante em áreas inacessíveis ou perigosas para os trabalhadores com máquinas convencionais, como terrenos íngremes ou alagados, copas de árvores de porte elevado, melhorando a segurança no campo.



3. Impacto ambiental reduzido

- Precisão na Aplicação: a aplicação precisa e direcionada reduz a quantidade de produtos que chega ao solo e aos cursos de água, diminuindo o impacto ambiental negativo.
- Uso Reduzido de Máquinas Pesadas: a substituição de tratores e outros veículos pesados por drones na aplicação de produtos líquidos e sólidos, sempre que seja possível reduz a compactação do solo e as emissões de carbono, e reduz o consumo de combustíveis fósseis.

4. Economia de tempo e custos

- Velocidade de Aplicação: os drones podem cobrir grandes áreas num curto período, tornando a aplicação de produtos mais rápida em comparação com os métodos tradicionais.
- Redução de Custos Operacionais: A redução no uso de máquinas pesadas e a eficiência aumentada nas operações de aplicação podem levar a uma diminuição dos custos operacionais.

5. Adaptação a condições variáveis

- Flexibilidade Operacional: os drones podem operar em diversas condições climáticas e de solo, proporcionando flexibilidade e adaptabilidade às necessidades específicas das culturas substituindo-se ao uso convencional de máquinas em momentos em que estas não conseguem realizar a operação – ex. a distribuição de adubo em condições de inverno e solos alagados.
- Resposta Rápida a Problemas: a capacidade de monitorizar e realizar operações de aplicação rapidamente permite uma resposta ágil a problemas emergentes, como surtos de pragas ou doenças.

6. Dados para análise e planeamento

- Recolha de Dados Detalhados: A tecnologia “embarcada” nos drones e a telemetria que lhe está associada permite a recolha de dados detalhados sobre as condições das culturas e do solo, fornecendo informações valiosas para análise e planeamento futuro.
- Integração com Outras Tecnologias: Os dados obtidos pelos drones podem ser integrados com outras tecnologias agrícolas, como sistemas de gestão agrícola e plataformas de big data, para uma abordagem mais holística da gestão das culturas.

5. Desafios e limitações do uso de drones na aplicação de PPCs

Os Regulamentos (UE) 2019/947 e 2019/945 estabelecem o quadro para a operação segura de drones civis nos céus europeus. Adotam uma abordagem baseada no risco e, como tal, não distinguem entre atividades civis de lazer ou comerciais com drones. O que têm em conta é o peso e as especificações do drone civil e a operação que se destina a realizar.

A categoria de operações aberta (OPEN) contém 3 subcategorias de operações de aeronave não tripuladas consideradas, à luz da regulamentação de risco baixo. Os operadores de UAS que operam nas subcategorias, devem utilizar uma aeronave não tripulada com uma massa máxima à descolagem inferior 25 kg, colocada no mercado único com uma marcação de conformidade de classe europeia (CE). Existem, contudo, algumas exceções, tal como referido nas normas transitórias e particulares do Regulamento de Execução (UE) 2019/947 na sua versão consolidada.

As operações são consideradas de Categoria Específica, sempre que não é cumprida uma ou mais condições de operação da Categoria Aberta e das suas demais subcategorias.



São consideradas operações de Categoria Certificada:

Sempre que a conceção, produção e manutenção do UAS careçam de certificação pois o UAS encontra-se em qualquer uma das seguintes condições (equipamento tem de ser certificado):

- Possua uma dimensão característica igual ou superior a 3 m e seja concebido para sobrevoar ajuntamentos de pessoas;
- Seja concebido para o transporte de pessoas;
- Seja concebido para o transporte de mercadorias perigosas e requeira um elevado nível de robustez a fim de mitigar os riscos para terceiros em caso de acidente;
- Pretenda ser utilizado na categoria específica de operações e a autorização da ANAC, na sequência da avaliação de risco do operador (de acordo com o SORA, por exemplo a um nível elevado de robustez nos objetivos de segurança operacional técnicos), considere que o risco de operação, pode ser adequadamente atenuado sem certificação do UAS.

Aplicam-se os requisitos do Regulamento (UE) n.º 748/2012, da Comissão, no Regulamento (UE) 2015/640, da Comissão e no Regulamento (UE) n.º 1321/2014 da Comissão. O certificado de tipo (parte 21) é emitida pela Agência da União Europeia para a Segurança da Aviação.

As áreas geográficas são estabelecidas por motivos de segurança operacional, segurança contra atos ilícitos, proteção de privacidade ou do ambiente. As zonas geográficas estabelecidas no espaço aéreo português encontram-se disponíveis em <https://uas.anac.pt/registry/explore>, podendo o operador efetuar o download das áreas em formato KML ou em formato JSON (formato digital único de acordo com o standard ED-269). Os operadores de UAS que operam no espaço aéreo português, devem consultar as áreas estabelecidas antes de iniciar a operação. As áreas podem ser descarregadas pelos operadores para efeitos de planeamento pré-tático e utilização durante a operação. Estas áreas podem proibir determinadas ou todas as operações de UAS, requerer condições particulares para determinadas operações ou para todas as operações, ou requerer uma autorização de Categoria Específica. Adicionalmente, podem sujeitar as operações de aeronaves não tripuladas a condições específicas de carácter ambiental, permitir o acesso apenas a algumas classes de UAS com marcação de conformidade de classe europeia (CE), permitir o acesso apenas a UAS equipados com determinadas características técnicas e/ou detentoras de sistemas de identificação remota ou de reconhecimento geoespacial.

Para efeitos do Regulamento de Execução (UE) 2019/947 da Comissão, de 24 de maio de 2019 relativo às regras e aos procedimentos para a operação de aeronaves não tripuladas, na sua versão atual, a ANAC é a Autoridade Competente para efeitos do artigo 17.º e responsável, nomeadamente pela execução dos requisitos referidos no artigo 18.º desse mesmo regulamento.

Regras gerais na utilização de um drone:

- Deve estar registado como operador;
- Ter seguro para o drone;
- Formação obrigatória como piloto remoto;
- Autorização para captação de imagens (se aplicável);
- Não voar em zonas proibidas ou de restrição operacional;
- Altura máxima de 120 metros do solo;
- Não voar por cima de ajuntamentos de pessoas;
- Podem voar de dia e de noite.



Embora os drones ofereçam inúmeros benefícios para a aplicação de agroquímicos na agricultura, também apresentam uma série de desafios e limitações que precisam ser considerados e geridos. Abaixo, enumeramos alguns dos principais desafios e limitações associados ao uso de drones agrícolas:

1. Regulamentação e Legislação

A utilização de drones na agricultura é complexa devido a regulamentos que envolvem tanto o uso de PPC quanto às normas de aviação, oriundos de diferentes órgãos governamentais. Os drones são categorizados por peso 2 kg, ← 25 kg e → 150 kg, e os riscos associados variam conforme o espaço aéreo em que operam. Existe uma abordagem baseada em risco para gerir potenciais perigos a pessoas, infraestruturas, e outros veículos. Regras específicas limitam a operação de drones a um raio de 500 metros e um teto de 120 metros de altura do operador, mas aplicações agrícolas frequentemente necessitam ultrapassar esses limites, exigindo avaliações de risco detalhadas para além da linha de visão visual. A regulamentação está em evolução e a coordenação entre as partes interessadas é crucial.

A formação a ministrar pelas Autoridades competentes, em Portugal a ANAC, varia consoante a categoria de operação em que o piloto remoto pretenda operar/trabalhar (a legislação europeia criou 3 categorias de operação, com requisitos diversos – categoria aberta, que é subdividida em 3 subcategorias A1, A2 e A3; categoria específica e categoria certificada). A formação e a verificação de competência do piloto remoto (exames) serão executadas pela ANAC na subcategoria da categoria aberta e nos cenários de operação declarativos da categoria específica (STS, standard scenarios) adotados pela Comissão Europeia (STS-01 e STS-02), tal como exigido pela regulamentação europeia.

- Regras de voo:** Em muitos países, há regulamentações rígidas sobre o uso de drones, incluindo restrições de voo em certas áreas, altitudes permitidas, e requisitos de licenciamento para operadores.

- Certificações e permissões:** Os agricultores podem precisar obter certificações específicas e permissões de autoridades reguladoras para operar drones de forma legal, o que pode ser um processo demorado e complexo.

2. Capacidade de Carga e Autonomia

- Limitações de carga:** os drones têm capacidade limitada para carregar grandes volumes de agroquímicos, o que pode exigir múltiplos voos para cobrir áreas extensas.

- Tempo de voo:** A autonomia dos drones, ou seja, o tempo que podem permanecer no ar antes de precisar recarregar, é limitada. Isso pode ser um desafio para a aplicação de produtos sólidos ou líquidos em grandes parcelas.



3. Condições climáticas e operacionais

- **Sensibilidade ao Clima:** Condições climáticas adversas, como ventos fortes, chuva, e temperaturas extremas, podem afetar a operação dos drones, limitando a sua utilização em determinadas épocas ou locais.
- **Variabilidade do Terreno:** Terrenos acidentados ou com muitos obstáculos naturais podem dificultar a navegação segura dos drones e a aplicação eficiente de produtos.

4. Treino e qualificação dos operadores

- **Necessidade de Especialização:** Operar drones e interpretar os dados requer competências técnicas específicas. Agricultores e funcionários podem precisar de treino e certificação especializado, o que implica tempo e custos adicionais.
- **Atualização Constante:** Devido ao rápido avanço da tecnologia, os operadores precisam estar constantemente atualizados sobre novos softwares, hardware, e melhores práticas de uso de drones.

5. Infraestrutura e suporte técnico

- **Dependência de Infraestrutura:** Operar drones com eficiência requer infraestrutura adequada, como pontos de recarga, acesso à internet para transferência de dados, e instalações para manutenção.
- **Suporte Técnico:** A disponibilidade de suporte técnico qualificado é essencial para a resolução de problemas técnicos e a manutenção regular dos drones.

6. Segurança e privacidade

- **Riscos de Segurança:** Problemas técnicos, como falhas de motor ou bateria, podem resultar em quedas de drones, representando riscos para pessoas e propriedades.
- **Questões de Privacidade:** O uso de drones pode levantar preocupações sobre privacidade, especialmente se estiverem capturando imagens de áreas vizinhas ou de propriedades privadas sem autorização.

7. Integração com sistemas tradicionais

- **Compatibilidade:** Integrar dados de drones com sistemas de gestão agrícola existentes pode ser desafiador devido à falta de padronização e compatibilidade entre diferentes plataformas e tecnologias.
 - **Adoção Gradual:** A transição do uso de métodos tradicionais para a aplicação de agroquímicos por drones pode ser gradual, exigindo tempo para adaptação e aceitação por parte dos agricultores
- Perspetivas futuras no uso de drones na aplicação de produtos de proteção das culturas
- **Aumento da Autonomia e Capacidade de Carga:** Espera-se que novas tecnologias de baterias e motores aumentem a autonomia dos drones e sua capacidade de carga, permitindo cobrir áreas maiores e transportar mais agroquímicos por voo.
 - **Sensores e Câmeras Mais Avançados:** O desenvolvimento de sensores mais precisos e câmeras de alta resolução permitirá uma análise ainda mais detalhada das culturas e do solo, melhorando a precisão na aplicação de agroquímicos.



•**Inteligência artificial e machine learning:** A integração de IA e machine learning nos sistemas de drones permitirá uma análise de dados mais sofisticada, previsão de pragas e doenças, e otimização de rotas de voo e estratégias de aplicação.

•**Internet das coisas (IoT):** A conectividade com dispositivos IoT permitirá uma integração mais profunda entre drones e outros sensores agrícolas, resultando em uma gestão de culturas mais holística e em tempo real.

•**Big Data e análise de dados:** A coleta e análise de grandes volumes de dados permitirão identificar padrões e tendências, ajudando os agricultores a tomar decisões mais informadas e estratégicas.

•**Automação completa:** O desenvolvimento de sistemas de voo totalmente autônomos reduzirá a necessidade de intervenção humana, tornando a aplicação de agroquímicos mais eficiente e menos propensa a erros.

•**Redução de custos:** À medida que a tecnologia se torna mais acessível e a produção em massa aumenta, os custos de aquisição e operação de drones devem diminuir, facilitando a adoção por pequenos e médios agricultores.

•**Programas de subvenção e incentivos:** Governos e instituições podem oferecer subvenções, incentivos fiscais e programas de financiamento para estimular a adoção de drones na agricultura, promovendo práticas agrícolas mais modernas e sustentáveis.

•**Capacitação e treino:** A expansão de programas de capacitação e treino em tecnologia de drones capacitará mais agricultores e profissionais do setor, aumentando a competência técnica e a adoção de práticas inovadoras.

8. Impactos na produção agrícola global

•**Aumento da produtividade:** A aplicação precisa e eficiente de agroquímicos contribuirá para o aumento da produtividade das culturas, ajudando a atender à crescente demanda global por alimentos.

•**Sustentabilidade e conservação ambiental:** O uso eficiente de recursos e a redução do impacto ambiental negativo farão parte de práticas agrícolas mais sustentáveis, contribuindo para a conservação dos ecossistemas e a mitigação das mudanças climáticas.

•**Segurança alimentar:** A melhoria na gestão de culturas e no controle de pragas e doenças contribuirá para a segurança alimentar, reduzindo as perdas de produção e melhorando a qualidade dos alimentos.

9. Desenvolvimento de novos modelos de negócio

•**Serviços de Drones Agrícolas:** O surgimento de empresas especializadas em serviços de drones agrícolas permitirá que agricultores contratem serviços de aplicação de agroquímicos e monitoramento de culturas, sem a necessidade de investir diretamente em equipamentos.

•**Plataformas de Gestão Agrícola:** O desenvolvimento de plataformas integradas que combinam dados de drones com outras ferramentas de gestão agrícola facilitará o planejamento e a tomada de decisões, oferecendo soluções completas para agricultores.



10. Mudanças na regulamentação

- Regulamentação Mais Flexível: A adaptação das regulamentações para acompanhar os avanços tecnológicos pode facilitar o uso de drones, simplificando processos de licenciamento e operação.
- Padrões de Segurança e Operação: O desenvolvimento de padrões de segurança e operação específicos para drones agrícolas ajudará a garantir a utilização segura e eficiente da tecnologia.

5.1. Análise SWOT

Pontos fortes

- Agricultura de precisão (isico, adesivo e feromonas): eficiência e resíduos equivalentes aos da aplicação terrestre
- Zero combustíveis fósseis
- Zero compactação do solo
- Aplicações difíceis (solo encharcado e orografia complexa)
- Capacidade de repetibilidade (criação de um padrão de trabalho)

Pontos fracos

- Atualmente proibida ou limitada a aplicação de produtos fitofarmacêuticos através de quaisquer meios aéreos
- Ausência de modelos de avaliação específicos para os drones
- Drones com mais de 25 kg enquadram-se numa categoria específica
- Autonomia de voo limitada

Oportunidades

- Contribuição para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- Transformação digital do setor agro-florestal, sendo chave para atrair talento, jovens, impulsionar a economia rural e manter a agricultura nacional e europeia competitiva

Ameaças

- Diminuição gradual de produtos fitofarmacêuticos autorizados para aplicações aéreas
- Más praticas utilizadas na aplicação de produtos com drones:
 - Má escolha da combinação cultura-produto-inimigo da cultura
 - Aplicador sem conhecimentos agronómicos ou de pulverização de produtos fitofarmacêuticos
 - Má calibração do sistema de pulverização por drone
- Limitar a aplicação de produtos por drone de acordo com as características de outros meios de aplicação



6. Conclusão

A caracterização da exposição em aplicações terrestres difere significativamente da caracterização da exposição em pulverizações por drones. Do mesmo modo, a caracterização da exposição para o tratamento aéreo por aeronaves tripuladas é diferente da pulverização por drones devido a vários fatores:

- Os drones operam com alturas de aplicação variáveis e diferentes velocidades de avanço.
- Utilizam volumes de água mais pequenos e configurações de bicos únicas.
- Os drones podem efetuar aplicações direcionadas e localizadas.

Por conseguinte, este tipo de instrumento não é equivalente ao tratamento aéreo tripulado convencional, uma vez que o comportamento dos drones e das aeronaves tripuladas é fundamentalmente diferente, necessitando de avaliações separadas. Esta diferença é semelhante à forma como os tratamentos com pulverizadores de dorso são avaliados de forma diferente dos tratamentos com conjuntos convencionais de tratores com máquinas para tratamento fitossanitários (pulverizadores ou atomizadores), apesar de ambos serem métodos terrestres.

Há uma necessidade urgente de:

- Desenvolver cenários específicos para estimar a exposição para tratamentos com drones.
- Caracterizar as condições em que os drones são ótimos para atingir os objetivos de sustentabilidade.
- Definir cenários para a utilização de drones, incluindo tipos de tratamento, culturas e produtos fitofarmacêuticos adequados.

Com a tecnologia atual, a pulverização por drone é particularmente adequada para cenários específicos, tais como:

- Aplicações de iscos, manchas e feromonas.
- Culturas em linhas contínuas, como olival, vinhas e pomares cultivados em sebes.
- Culturas extensivas, como os cereais e as pastagens e forragens.

Atualmente os drones são um instrumento ao dispor do agricultor! Representam uma inovação significativa em muitas áreas de atuação, proporcionando novas capacidades e eficiências de trabalho que antes não eram possíveis com tecnologias tradicionais.

A sua utilização como instrumentos para a distribuição e aplicação de produtos para a fertilização e proteção das culturas é cada vez mais emergente devido à sua velocidade operacional e ao menor risco de exposição dos operadores. Da mesma forma à medida que a agricultura de precisão avança, os drones oferecem a possibilidade de realizarem tratamentos direcionados de áreas infetadas, reduzindo drasticamente o uso dos produtos de tratamento. Em climas mediterrânicos com a ocorrência cada vez maior de fenómenos de precipitação acentuada em curtos espaços de tempo, os drones podem ser importantes instrumentos de recurso nas operações de fertilização, tanto por permitir a atuação dos nutrientes no momento certo, como por reduzirem os efeitos de compactação do solo pela passagem de máquinas naquelas condições.

Ainda assim, os seus custos operacionais indicam uma utilização particularmente recomendada para áreas até aos 50 hectares; as suas limitações de carga e tempo de voo são desafios para campos maiores. Uma alternativa pode passar pelo uso de enxames de drones e ou o desenvolvimento de modelos de maior capacidade e autonomia de operação.



Abordar estes desafios, investir no treino de operadores e na adaptação de regulamentação que premeia a sua utilização de forma regular e segura permitirá uma adoção mais ampla e eficaz deste tipo de instrumento na agricultura com a multifacetada funcionalidade de tarefas em agricultura descritas neste guia.

Referências

<https://www.dgav.pt/medicamentos/conteudo/produtos-fitofarmaceuticos/uso-sustentavel-dos-produtos-fitofarmaceuticos/>

<https://www.drapalentejo.gov.pt/aplicacao-aerea-de-produtos-fitofarmaceuticos>

<https://www.draplvt.gov.pt/Ordenamento/Ambiente/Aplicacao-Aerea-Produtos-Fitofarmaceuticos/Pages/Aplicacao-Aerea-Produtos-Fitofarmaceuticos.aspx>

https://gophytodron.es/wp-content/uploads/2024/05/Phytodron_INGLES.pdf
<https://niasm.icar.gov.in/sites/default/files/pdfs/Use-of-Drone-in-Indian-Agriculture.pdf>

