

Uso de Vants na agricultura



USO DE VANTS NA AGRICULTURA

Veículos aéreos não tripulados (Vants/drones), na agricultura, são tecnologias que permitem aperfeiçoar o manejo agrícola, garantindo que práticas de cultivo se tornem mais precisas e eficientes, reduzindo desperdícios e melhorando a sustentabilidade. Tais práticas visam à otimização das atividades agrícolas, por meio do mapeamento aéreo, do monitoramento de culturas e da coleta de dados essenciais para a tomada de decisões.

Esses equipamentos, juntamente com o uso de sensores multiespectrais e softwares de processamento de imagens, permitem monitorar, de forma detalhada, as condições do solo, a saúde das plantas, bem como a aplicação de insumos agrícolas, a custos relativamente baixos e de forma não destrutiva, e, com isso, melhorar o acompanhamento e o gerenciamento agrícola. Entre as diversas aplicações do Vant, citam-se as utilizadas para diagnóstico e as utilizadas para mitigação.

Para o diagnóstico, podem-se mencionar: a capacidade de coletar informações detalhadas e de forma ágil sobre as condições das culturas; a contagem de plantas; a identificação de locais com falhas nas linhas de plantio, com ocorrência de estresse por pragas, doenças e por deficiência nutricional, e com excesso ou falta de irrigação; a estimativa da produtividade das diferentes áreas; a avaliação do desempenho das práticas adotadas, visando à realização de ajustes em safras futuras. A Figura 1 demonstra falhas em lavoura de soja em imagem obtida por Vant.

Em processos de mitigação, pode-se realizar a pulverização em locais específicos. Com isso, é possível: promover a dessecação da cultura, visando à uniformização da maturação; realizar o controle de plantas invasoras; promover a aceleração da colheita, a redução da umidade nos grãos e do amassamento de plantas; realizar intervenções rápidas e localizadas, minimizando perdas e evitando o uso excessivo de insumos.

Figura 1 - Imagem de Vant (drone) para a identificação de falhas na cultura da soja



Modelos de Vant utilizados para agricultura no Brasil

Os Vants utilizados na agricultura podem ser classificados como de asa fixa e multirrotores. Os de asa fixa possuem eficiência em cobrir grandes áreas em um único voo, visto que seu design aerodinâmico proporciona maior autonomia de bateria. Por outro lado, estes não possuem capacidade para pairar em um ponto fixo e necessitam de espaço físico para aterrissagem. Já os Vants multirrotores oferecem maior flexibilidade e facilidade de manobra. A Figura 2 apresenta Vants comerciais para diagnósticos de áreas agrícolas.

Os Vants de pulverização (Fig. 3) são capazes de aplicar fertilizantes, pesticidas e herbicidas de maneira mais eficiente e controlada, o que reduz o desperdício de produtos e limita o impacto ambiental, já que a aplicação pode ser direcionada com precisão para áreas específicas. Além disso, facilitam o trabalho em terrenos de difícil acesso, onde equipamentos tradicionais não conseguem operar.

Figura 2 - Vants de diagnóstico

Modelo	Tipo de sensor	Sensor compatível	Autonomia (min)
<p>Trinity F90+</p>  <p>https://quantum-systems.com</p>	<p>RGB Multiespectral Térmico Lidar</p>	<p>Pika L, Micasense Altum, Sentera 6X, Parrot Sequoia+, Workswell WIRIS Pro</p>	<p>60</p>
<p>Ebee X</p>  <p>https://ageagle.com</p>	<p>RGB Multiespectral Térmico</p>	<p>Pika L, Micasense Altum, Sentera 6X, Parrot Sequoia+, Workswell WIRIS Pro</p>	<p>90</p>
<p>Mavic 3</p>  <p>https://enterprise.dji.com</p>	<p>RGB Multiespectral Térmico</p>	<p>Sensor próprio do Vant</p>	<p>45</p>
<p>Matrice 350</p>  <p>https://enterprise.dji.com</p>	<p>RGB Multiespectral Térmico</p>	<p>Pika L, Micasense Altum, Sentera 6X, Parrot Sequoia+, DJI Zenmuse XT, FLIR Vue TZ20, Workswell WIRIS Pro</p>	<p>55</p>
<p>Yuneec H520E</p>  <p>https://yuneec.online</p>	<p>RGB Multiespectral Térmico</p>	<p>Sentera 6X, Parrot Sequoia+, FLIR Vue TZ20, Workswell WIRIS Pro</p>	<p>28</p>

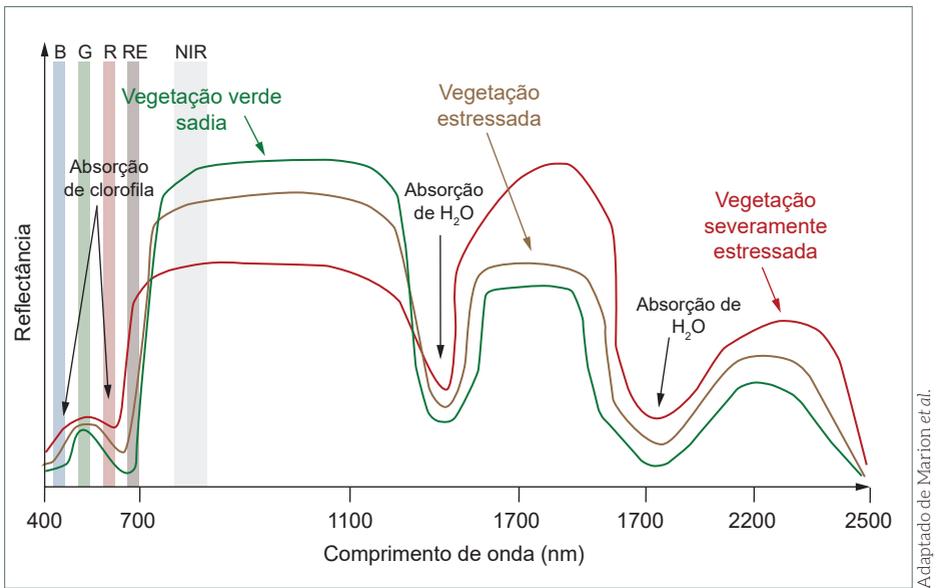
Figura 3 - Vants de pulverização

Modelo	Capacidade (L)	Velocidade (m/s)	Largura de dispersão (m)	Autonomia (min)	Carga (kg)
<p>DJI Agras T50</p>  <p>www.dji.com/br</p>	40	12	4 a 11	10	92
<p>XAG P100</p>  <p>www.xa.com/en</p>	40	13,8	9	12	104
<p>Agri X4</p>  <p>www.aerobotics.com</p>	10	7	2	15	25
<p>Pelicano</p>  <p>https://skydrones.com.br</p>	8	15	4 a 5	10 a 15	20

Sensores/Câmeras

As imagens multiespectrais são capturadas por sensores que conseguem registrar a radiação eletromagnética em diferentes faixas do espectro eletromagnético, incluindo as que os olhos não percebem. Assim, esse conjunto de imagens multiespectrais pode informar sobre a condição fisiológica da cultura e a condição física dos solos. O Gráfico 1 apresenta exemplo da curva espectral da vegetação em diferentes comprimentos de onda, considerando o estágio vegetativo nas condições: sadia, estressada e severamente estressada.

Gráfico 1 - Resposta espectral da vegetação



Nota: B - Azul; G - Verde; R - Vermelho; RE - Borda do vermelho; NIR - Infravermelho próximo; SWIR - Infravermelho de ondas curtas.

Vants podem portar diferentes tipos de sensores (câmeras), tais como: multiespectrais, hiperespectrais, termográficas e Lidar (Laser Imaging Detection and Ranging).

As câmeras multiespectrais têm a capacidade de obter imagens no espectro do visível (bandas azul, verde e vermelho), na borda do vermelho e no infravermelho-próximo. É comum que se encontre no mercado câmeras multiespectrais de 4 a 6 bandas.

A câmera hiperespectral diferencia-se da multiespectral pela utilização de múltiplas bandas estreitas. Com isso, ao utilizar esses sensores, há a possibilidade de melhorar o poder investigativo sobre a cultura, em virtude da maior resolução espectral. No mercado, encontram-se câmeras hiperespectrais de 30 a 200 bandas.

Câmeras termográficas conseguem detectar a radiação infravermelha emitida pelos corpos convertendo-a em imagens visíveis. Neste caso, essas câmeras conseguem identificar o aumento de temperatura nas folhas, provocadas, por exemplo, pelo estresse hídrico ou por ação de patógenos.

Já o sistema Lidar permite obter informações relacionadas com a cultura, como altura das plantas, densidade da copa, estimativa de biomassa, número de indivíduos, etc.

A Figura 4 apresenta modelos de câmeras disponíveis no mercado, contendo sensores multiespectral, hiperespectral e termais, para Vants.



Figura 4 - Câmeras para Vant

Câmeras Hiperespectrais	Câmeras Multiespectrais	Câmeras Termiais
<p>FS-62c (900-1700 nm) 1024 bandas de 6,5 nm</p>  <p>www.figspec.com</p>	<p>Micasense Altum Multispectral 6-bandas c/ LWIR</p>  <p>https://ageagle.com</p>	<p>DJI Zenmuse XT</p>  <p>www.dji.com</p>
<p>Pika L (400-1000 nm) 281 bandas de 2.7 nm</p>  <p>https://resonon.com</p>	<p>Sentera 6X Multispectra 5-Bandas</p>  <p>https://senterasensors.com</p>	<p>FLIR Vue TZ20</p>  <p>https://www.flir.com</p>
<p>Ultris X20 Plus (350-1000 nm) 164 bandas de 4 nm</p>  <p>https://cubert-hyperspectral.com</p>	<p>Parrot Sequoia+ 5-bandas</p>  <p>www.parrot.com</p>	<p>Workswell WIRIS Pro</p>  <p>https://workswell.eu</p>

Operacionalização do voo

Alguns aspectos devem ser observados para a operacionalização e o planejamento de voo, são estes: a altura; o percentual de sobreposição longitudinal e transversal; a área de abrangência; o tempo de autonomia; a calibração radiométrica; a calibração de itens internos do Vant, Sistema de Posicionamento Global (GPS), Unidade de Medição Inercial (IMU), bússola; a configuração de parâmetros de segurança do drone; o georreferenciamento de pontos de controle; o horário de voo e a autorização da Agência Nacional de Aviação Civil (Anac) para a reserva de espaço aéreo.

Planejamento de voo

Muitos fabricantes de Vants disponibilizam seu próprio software para o planejamento de voo. No entanto, há os que são de domínio público e têm compatibilidade com uma grande quantidade de Vants, como, por exemplo, o Mission Planner¹ e o QgroundControl². A Figura 5 apresenta a tela com rota de voo no Mission Planner.

Figura 5 - Tela do software Mission Planner

The screenshot displays the Mission Planner software interface. At the top, there is a menu bar with options: FLIGHT DATA, FLIGHT PLAN, INITIAL SETUP, CONFIG/TUNING, SIMULATION, TERMINAL, HELP, and DONATE. Below the menu is a toolbar with icons for various functions. The main area shows a satellite map with a yellow flight path consisting of five waypoints (1, 2, 3, 4, 5) and a 'Home' point. The waypoints are connected by lines, forming a loop. The 'Home' point is marked with a house icon. The map also shows a road and some greenery. On the right side, there is a 'Zoom' slider and an 'Action' panel with buttons for 'Load W/P File', 'Save W/P File', 'Read W/Ps', and 'Write W/Ps'. Below the map, there is a 'Waypoints' table with columns for Command, WP Radius, Lateral Radius, Default Alt, Absolute Alt, Verify Height, Lat, Long, Alt, Delete, Up, Down, Grad %, Dist, and AZ. The table contains five rows of waypoints, each with a dropdown menu for the command and various numerical values.

	Command	WP Radius	Lateral Radius	Default Alt	Absolute Alt	Verify Height	Lat	Long	Alt	Delete	Up	Down	Grad %	Dist	AZ
1	WAYPOINT	0	0	0	0		-35.0407928	117.8277898	100	X	⬆	⬇	95.7	104.5	1
2	WAYPOINT	0	0	0	0		-35.0406786	117.8260410	100	X	⬆	⬇	0.0	159.7	275
3	WAYPOINT	0	0	0	0		-35.0417239	117.8251612	100	X	⬆	⬇	0.0	141.2	215
4	WAYPOINT	0	0	0	0		-35.0428395	117.8259873	100	X	⬆	⬇	0.0	145.1	149
5	WAYPOINT	0	0	0	0		-35.0427165	117.8274572	100	X	⬆	⬇	0.0	134.5	84

<https://ardupilot.org/planner/#>

A sobreposição longitudinal e transversal permite que softwares de fotogrametria utilizados para o mosaico das imagens identifiquem pontos comuns entre imagens consecutivas, criando nuvens de pontos para modelagem 3D. Além disso, facilita a correção das distorções nas bordas das imagens e possibilita que os softwares combinem pontos comuns nas imagens por coordenadas de GPS, garantindo alinhamento.

¹<https://ardupilot.org/planner/#>

²<https://qgroundcontrol.com>

mento e georreferenciamento mais preciso. O padrão é que se utilize sobreposições superiores a 60%.

Para a calibração do GPS, da IMU e da bússola (magnetômetro), deve-se consultar o manual do fabricante.

Calibração radiométrica

A calibração radiométrica é desejável para corrigir inconsistências causadas por variações nas condições de iluminação, como mudanças na intensidade solar durante o voo. Essas inconsistências podem gerar respostas espectrais nos sensores do Vant que não correspondem à realidade. Nesse caso, requer o uso de painéis de calibração radiométrica, ou seja, com propriedades espectrais conhecidas. A Figura 6 apresenta exemplos de placa de reflectância conhecida para correção radiométrica.

Alguns Vants permitem a utilização de placa de calibração antes do voo. Por outro lado, é possível a calibração durante o processamento para estabelecer o mosaico.

Figura 6 - Placas de calibração radiométrica



Nota: A - Placa de referência do Vant Ebee SQ; B - Placa de referência de fabricação própria.

As imagens poderão ser corrigidas no software de mosaico das imagens ou mesmo em softwares de domínio público, como o Qgis³, por meio da opção [Raster > Calculadora Raster]. Nestes casos, deve-se fazer a correspondência (regra de três ou modelos de regressão) entre os valores médios dos pixels amostrados na imagem da placa de referência e seus respectivos valores de reflectância, com os demais pixels da imagem. Esta relação pode ser obtida pela equação a seguir:

$$R = \frac{(\text{valor do pixel na imagem}) \cdot (\text{valor da reflectância da placa})}{(\text{valor médio dos pixels na imagem da placa})}$$

em que:

R = Pixel da imagem em reflectância.

Horário do dia para obtenção de imagens

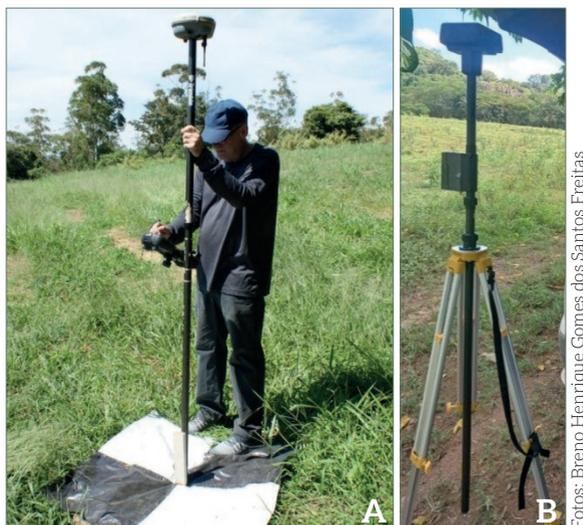
As imagens das lavouras por Vant devem ser obtidas entre os horários de 11h e 13h, a fim de diminuir o efeito de sombreamento na lavoura.

Georreferenciamento

Para estabelecer o mosaico das imagens, é necessário que estas sejam obtidas em sistemas de arquivo que permitam o registro de coordenadas geográficas, como por exemplo, o GeoTiff. No entanto, essa condição não garante um georreferenciamento preciso. Para isto, é necessário utilizar o Global Navigation Satellite System (GNSS) para obter coordenadas em alvos posicionados na área durante o voo (Fig. 7A). Ou ainda, é possível fazer uso de uma base Real Time Kinematic (RTK), para fornecer correções em tempo real das coordenadas ao drone (Fig. 7B), desde que este equipamento suporte essa tecnologia.

³ <https://www.qgis.org/download/>

Figura 7 - Equipamentos para obter e corrigir coordenadas durante o voo



Fotos: Breno Henrique Gomes dos Santos Freitas

Nota: A - Sistema Navegação Global via Satélite (GNSS); B - Base RTK.

Permissão de uso do espaço aéreo pela Agência Nacional de Aviação Civil

Para a execução do voo, é necessária a Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (Sarpas), por meio da plataforma Sarpas NG⁴ (Fig. 8), do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (Decea) da Anac. Essa etapa garante que a operação do Vant esteja alinhada às normas de segurança aérea, permitindo voos apenas em áreas autorizadas e em conformidade com as regulamentações.

No entanto, para a utilização desta plataforma, é necessário o cadastro da equipe de trabalho e das aeronaves, por meio do Sistema de Aeronaves Não Tripuladas (Sisant), no site da Anac. Além disso, há a necessidade de aquisição de seguro de responsabilidade civil, para cobrir eventuais danos a terceiros.

⁴ <https://sarpas.decea.mil.br/login/>

Figura 8 - Solicitação de Acesso de Aeronaves Remotamente Pilotadas - Sistema Sarpas



Regulamentação e Segurança

A Anac estabelece três classes que levam em consideração pesos máximos de decolagem, e que, de acordo com sua respectiva classe, terão que seguir exigências e restrições de operação (Tabela 1).

Tabela 1 - Classes de Vants estabelecidas pela Anac

Classe	Peso de decolagem	Exigências principais
1	Mais de 150 kg	Registro, seguro obrigatório e certificação de aeronavegabilidade.
2	Entre 25 e 150 kg	Cadastro, seguro obrigatório e avaliação de risco operacional.
3	Até 25 kg	Cadastro e, em alguns casos, seguro e avaliação de risco.

Vants da Classe 3 podem operar até a altitude de 120 m, e devem ser conduzidos dentro da linha de visada visual, ou seja, com o piloto mantendo contato visual direto com a aeronave. Também é necessário manter a aeronave a pelo menos 30 m de distância horizontal de pessoas não envolvidas, exceto quando houver barreira física protetora. Todos os Vants dessa classe, acima de 250 g, precisam estar cadastrados no Sisant da Anac.

Na Classe 2, além das restrições de altura e visibilidade, é necessário realizar uma avaliação de risco, antes de cada operação, e registrar a aeronave junto à Anac, obtendo o Certificado de Aeronavegabilidade Especial (Caer). Operações além do alcance visual ou acima de 120 m exigem licenças específicas para o piloto e o cumprimento das diretrizes de manutenção do fabricante.

Na Classe 1, as aeronaves necessitam de certificação de aeronavegabilidade padrão ou restrita e de uma Inspeção Anual de Manutenção (IAM), cuja declaração deve ser submetida à Anac. Além disso, as operações só podem ocorrer em áreas isoladas e exigem habilitação avançada do piloto, incluindo licenças específicas e um Certificado Médico Aeronáutico (CMA). Voos fora do campo visual ou acima de 120 m necessitam de autorização especial e devem seguir rigorosos protocolos de segurança.

Processamento e análise das imagens

As imagens obtidas por Vants podem ser georreferenciadas, ou seja, associadas a coordenadas geográficas precisas. Isso é essencial para a criação dos ortomosaicos (imagens compostas) e de Modelos de Elevação Digital (MDE). Como exemplo de softwares utilizados para estabelecer mosaicos e MDE, citam-se os comerciais e os de domínio público. Exemplos dos comerciais são: o Pix4D⁵, o Agisoft Metashape⁶ e o DJI Terra⁷. Já o de domínio público, cita-se o WebODM⁸.

As imagens multiespectrais podem ser associadas entre si na forma de modelos matemáticos, conhecidos como índices de vegetação (IVs), para informar sobre a condição fisiológica das plantas. Alguns dos softwares utilizados para estabelecer o mosaico podem também

⁵ www.pix4d.com.

⁶ www.agisoft.com.

⁷ <https://enterprise.dji.com/pt-br/dji-terra>.

⁸ www.opendronemap.org/webodm/.

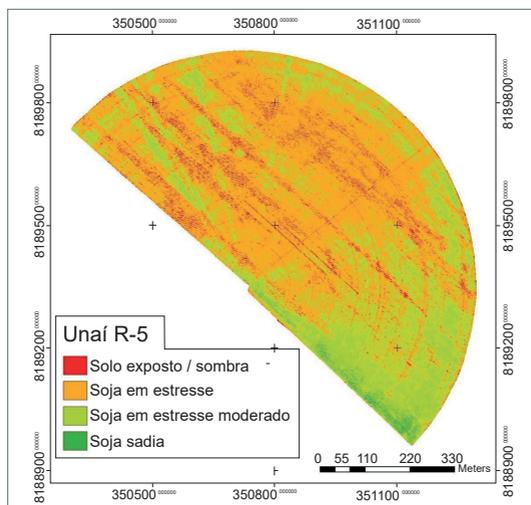
produzir os IVs. No entanto, softwares de domínio público, como o QGIS, podem ser usados para esse fim, utilizando-se a função [Raster > Calculadora Raster]. Neste caso, informar a equação do IV. A Tabela 2 apresenta exemplos de IVs muito utilizados em trabalhos técnicos.

Tabela 2 - Índices de vegetação (IVs)

Sigla	Nome	Equação
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada	$\frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$
SAVI	Índice de Vegetação Ajustado ao Solo	$\frac{(1,5 \cdot (NIR - R))}{(NIR + R + 0,5)}$
MCARI	Índice Modificado de Absorção de Clorofila na Reflectância	$((RE - R) - (0,2) \cdot (RE - G)) \cdot \left(\frac{RE}{R}\right)$

O Gráfico 2 apresenta mapa de soja pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), demonstrando diferentes condições fisiológicas da cultura.

Gráfico 2 - Mapa NDVI de área cultivada com soja



Fonte: Elaboração dos autores.

Cartilha. Uso de Vants na agricultura. 2025

Autores

Marley Lamounier Machado

Engenheiro Agrimensor - EPAMIG Sede

Breno Henrique Gomes dos Santos Freitas

Bolsista FAPEMIG/EPAMIG

Produção

Departamento de Informação Tecnológica

Fabriciano Chaves Amaral

Divisão de Produção Editorial

Ângela Batista Pereira Carvalho

Revisão

Rosely A. Ribeiro Battista Pereira

Maria Luiza Almeida Dias Trotta

Projeto Gráfico e Diagramação

Débora Silva Nigri

Distribuição gratuita

EPAMIG/DPT/JANEIRO/2025



Apoio



AGRICULTURA,
PECUÁRIA E
ABASTECIMENTO



**MINAS
GERAIS**

GOVERNO
DIFERENTE.
ESTADO
EFICIENTE.

EPAMIG Sede

Av. José Cândido da Silveira, 1647, União, 31170-495 - Belo Horizonte, Minas Gerais
(31) 3489-5000 - faleconosco@epamig.br