

Calibração de drone de pulverização (RPA)

Verificar habilitação e autorização, definir os parâmetros de voo, medir a faixa efetiva nas configurações reais e converter a dose da bula em produto por tanque, voos e baterias.

✓ QUANDO EXECUTAR

Antes da primeira operação da safra e a cada mudança de taxa alvo, altura de voo, velocidade, classe de gota ou dispositivo gerador de gotas. Também ao trocar de cultura ou de estádio de dossel.

X NÃO EXECUTAR SE

Faltar cadastro no Sisant (Sistema de Aeronaves Não Tripuladas), registro no Sipeagro (Sistema de Prestação de Serviço de Aplicação Aérea/Remota), CAAR (Certificado de Autorização e Registro) do aplicador ou autorização de voo pelo Sarpas (Sistema de Autorização de Acesso ao Espaço Aéreo, Decea); não houver receituário agrônomo; as condições meteorológicas não estiverem liberadas pelo TA-POP-04; o alvo estiver dentro da distância mínima vigente no estado.

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Papel hidrossensível ou coletores Trena de 50 m
Estacas Proveta graduada Cronômetro
Baterias reserva e carregador Estação meteorológica
Receituário agrônomo e bula Planilha de registro

EPI OBRIGATÓRIO

Luvas nitrílicas Óculos panorâmicos Avental de PVC
Botas de cano alto Respirador com filtro

Habilitar e definir os parâmetros BLOCOS A-B

A HABILITAÇÃO, CADASTRO E AUTORIZAÇÃO

- 1 Confirme o cadastro do equipamento no **Sisant** (Anac) e a homologação na **Anatel**.
- 2 Confirme o registro do operador no **Sipeagro** (MAPA).
- 3 Confirme que o aplicador é maior de 18 anos e concluiu o **CAAR**, de 28 horas.
- 4 Obtenha a autorização de voo pelo **Sarpas** (Decea).
↳ voo em linha de visada abaixo de 400 pés, fora de zona de restrição, sai em até 30 min
- 5 Tenha em mãos o receituário agrônomo e a bula.
↳ todo produto registrado para aplicação aérea pode ser usado com drone

B DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE VOO

- 6 Defina a taxa de aplicação alvo conforme o alvo biológico e o produto.
- 7 Defina a velocidade de voo e a altura sobre a copa, dentro das faixas do quadro da página 2.
- 8 Calcule a vazão total necessária pelo cálculo 1 e configure o equipamento.
- 9 Libere as condições meteorológicas pelo TA-POP-04 e registre-as no início da operação.

PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE

- **A faixa de deposição real não é valor fixo.** Depende do modelo, da altura, da classe de gota, do dispositivo gerador de gotas e da aerodinâmica. Cada equipamento precisa ter a faixa medida nas configurações que vai usar, em vez de adotar valor médio de catálogo.
- **A massa do drone diminui ao longo do voo.** O empuxo necessário muda, e com ele a largura da faixa e a distribuição de fluxo. Manter taxa constante não é tão simples quanto manter velocidade uniforme.
- Em **Mato Grosso** a distância mínima de alvos sensíveis é de **90 m**, e não os 20 m da regra federal.
- Baixo volume concentra a calda. Reveja a compatibilidade da mistura pelo TA-POP-07 antes de reduzir a taxa.

SEGURANÇA E RESPONSABILIDADE

- **Sobrevoo de área habitada é proibido**, a qualquer distância.
- Receituário agrônomo é obrigatório.
- A responsabilidade civil e penal recai sobre quem recomenda de forma equivocada ou displicente, sobre quem descumpra a receita ou as recomendações do fabricante, e sobre o empregador que não fornece EPI.
- Use EPI de manuseio no abastecimento e na limpeza, como em qualquer pulverizador.

Medir a faixa e aplicar BLOCOS C-D

C MEDIÇÃO DA FAIXA EFETIVA

- 10 Disponha coletores ou papel hidrossensível numa linha transversal ao sentido de voo, com espaçamento conhecido.
- 11 Sobrevoe a linha nas configurações reais de altura, velocidade e taxa.
- 12 Meça a deposição em cada posição e determine a largura da faixa efetiva e o coeficiente de variação.
- 13 Adote a **faixa medida** no planejamento das passadas.
↳ faixa de catálogo é ponto de partida, não resultado

D APLICAÇÃO E REGISTRO

- 14 Respeite a distância mínima de alvos sensíveis vigente no estado.
- 15 Não sobrevoe área habitada.
- 16 Monitore e registre as condições ambientais no início, durante e ao final da aplicação.
↳ exigência expressa da Portaria MAPA nº 298/2021
- 17 Registre voos, baterias, tanques e produto aplicado.

O DOWNWASH TRABALHA A FAVOR E CONTRA

- O vento das hélices forma um vórtice cônico que movimentam o dossel.
- Vórtice mais forte dá maior deposição e cobertura por área, melhor uniformidade, e aumenta a penetração nos estratos superior e inferior.
- O mesmo fluxo descendente é fonte relevante de **não** uniformidade: estudos registram CV de 27% a 121% conforme a configuração de voo e o modelo.
- Num estudo com sete drones, a faixa média ficou entre 4,3 e 5,2 m conforme a classe de gota, com CV de 14,4% a 16,7%.

A BATERIA MANDA NO RITMO

- Bateria de lítio-polímero restringe cada voo a cerca de **1 hectare**, e o tempo total a dezenas de minutos.
- Em área grande, o número de baterias, e não a capacidade do tanque, define o ritmo da operação.

Parâmetros operacionais usuais PONTO DE PARTIDA, NÃO RESULTADO

PARÂMETRO	FAIXA USUAL
Velocidade de voo	4 a 7 m/s, ou 14,4 a 25,2 km/h
Altura sobre a copa	3 a 6 m
Faixa de aplicação	6 a 10 m
Tamanho de gota, com atomizador rotativo	60 a 400 µm
Taxa de aplicação	em geral 5 a 15 L/ha
Capacidade do tanque	10 a 40 L ou mais

Distância mínima de alvos sensíveis A REGRA ESTADUAL PREVALECE QUANDO É MAIS RESTRITIVA

ALVO SENSÍVEL	AVIÃO	DRONE, PISO FEDERAL	DRONE EM MT	DRONE NO PR
Povoações, cidades, mananciais de abastecimento	500 m	20 m	90 m	50 m
Mananciais, moradias isoladas, agrupamentos de animais	250 m	20 m	90 m	50 m
Sobrevoos de área habitada	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido

A Portaria MAPA nº 298/2021 fixa **20 m** como piso federal, e os estados podem ser mais restritivos. Em **Mato Grosso** vale o **Decreto Estadual nº 452, de 15 de setembro de 2023**, que fixa **90 m**, fiscalizado pelo INDEA-MT. É esse o número que se aplica aqui.

1 · vazão necessária → 2 · área por voo e por tanque → 3 · produto e concentração →
4 · voos e tanques do talhão

Antes de calcular, confira as unidades. Velocidade em km/h (multiplique m/s por 3,6), faixa em metros, vazão em L/min, taxa em L/ha, área em hectare. Converta mL para litro dividindo por 1000.

1 Vazão total necessária o que o equipamento precisa entregar

$$q = \frac{Q \times v \times L}{600}$$

q vazão total (L/min) · **Q** taxa alvo (L/ha) · **v** velocidade de voo (km/h) · **L** faixa efetiva medida (m) · **600** constante que fecha as unidades.

EXEMPLO · 10 L/HA, 5 m/s E FAIXA DE 6 m (ILUSTRATIVOS)

$$v = 5 \times 3,6 = 18 \text{ km/h}$$

$$q = (10 \times 18 \times 6) \div 600 = 1.080 \div 600$$

$$q = 1,8 \text{ L/min}$$

2 Área por tanque e por voo a bateria costuma mandar antes do tanque

$$A_{\text{tanque}} = \frac{V_{\text{tanque}}}{q}$$

A autonomia de bateria limita cada voo a cerca de **1 ha**. Quando a área por tanque supera a autonomia, o tanque atende vários voos e o gargalo passa a ser a troca de bateria.

EXEMPLO · TANQUE DE 40 L A 10 L/HA (ILUSTRATIVO)

$$A_{\text{tanque}} = 40 \div 10 = 4 \text{ ha}$$

$$\text{autonomia por voo} \approx 1 \text{ ha}$$

$$1 \text{ ha por voo, } 4 \text{ voos por tanque}$$

3 Produto por tanque e concentração da calda onde o baixo volume cobra o preço

$$P_t = D \times A_{\text{tanque}}$$

$$\text{concentração} = \frac{D}{Q} \times 100$$

D dose da bula (L/ha) · **Q** taxa de aplicação (L/ha). A concentração sai em percentual de produto na calda.

EXEMPLO · DOSE ILUSTRATIVA: 0,5 L/HA NO DRONE, 2,0 L/HA NO TERRESTRE

$$P_t = 0,5 \times 4 = 2,0 \text{ L por tanque}$$

$$\text{no drone: } (0,5 \div 10) \times 100 = 5,0\%$$

$$\text{no terrestre a } 150 \text{ L/ha: } (2,0 \div 150) \times 100 = 1,33\%$$

$$2,0 \text{ L por tanque} \cdot \text{calda} \approx 3,75 \times \text{mais concentrada}$$

Este é o número que separa o drone do pulverizador de barra. A dose do drone, diluída em 10 L/ha, resulta numa calda cerca de **3,75 vezes** mais concentrada que a dose terrestre diluída em 150 L/ha, e concentração alta é exatamente a condição em que a incompatibilidade física aparece. Refaça o teste em jarro do TA-POP-07 na concentração real do drone, e não na do terrestre.

4 Voos, tanques e produto do talhão fechando o planejamento

$$n_{\text{voos}} = A_{\text{total}} \div A_{\text{voo}}$$

$$n_{\text{tanques}} = A_{\text{total}} \div A_{\text{tanque}}$$

O número de voos indica quantas trocas de bateria a operação exige, e é ele que define a jornada, não o número de tanques.

EXEMPLO · TALHÃO DE 40 HA (ILUSTRATIVO)

$$n_{\text{voos}} = 40 \div 1 = 40 \text{ voos}$$

$$n_{\text{tanques}} = 40 \div 4 = 10 \text{ tanques}$$

$$\text{calda} = 10 \times 40 = 400 \text{ L} \cdot \text{produto} = 0,5 \times 40 = 20 \text{ L}$$

$$40 \text{ voos, } 10 \text{ tanques, } 400 \text{ L de calda}$$

Quatro órgãos, quatro exigências ANTES DE LEVANTAR VOO

ÓRGÃO	COMPETÊNCIA	NORMA-CHAVE
Anatel	Homologação do equipamento por radiofrequência	Manual de Orientações (2024)
Anac	Classificação, cadastro e aeronavegabilidade	RBAC-E nº 94/2017 e Resolução nº 710/2023
Decea	Autorização de acesso ao espaço aéreo	ICA 100-40
MAPA	Regras da aplicação aeroagrícola remota	Portaria nº 298, de 22/09/2021

A Resolução Anac nº 710/2023 classificou como **Classe 3**, independentemente do peso, os drones que aplicam produtos fitossanitários, adjuvantes, fertilizantes, inoculantes, corretivos e sementes sobre áreas desabitadas, desde que em linha de visada e até 400 pés. Isso simplificou as exigências para modelos de maior capacidade de carga.

Faixas de taxa de aplicação ONDE O DRONE OPERA

FAIXA	VOLUME	OBSERVAÇÃO
Ultrabaixo volume	abaixo de 5 L/ha	Exige adjuvante e dispositivo específicos
Baixo volume	5 a 30 L/ha	Majoritário em drone. A 10 L/ha, adjuvantes e dispositivos específicos são necessários para manter cobertura adequada no alvo
Médio volume	30 a 50 L/ha	Menos usual em drone, pela limitação de carga

Frequência QUANDO RECALIBRAR

EVENTO	AÇÃO
Início de safra	Calibrar e medir a faixa efetiva
Mudança de taxa alvo, altura de voo, velocidade, classe de gota ou dispositivo gerador de gotas	Medir a faixa novamente
Mudança de cultura ou de estágio de dossel	Reavaliar cobertura pelo TA-POP-10
A cada aplicação	Registrar as condições ambientais no início, durante e ao final

Registro da operação EVIDÊNCIA DA CALIBRAÇÃO E DO VOO

DATA	TALHÃO	MODELO	PRODUT O	Q (L/HA)	v (M/S)	ALTURA (M)	FAIXA (M)	CV (%)	VOOS	TANQUE S	ASSIN. RT
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Referências normativas

Portaria MAPA nº 298/2021 · aplicação aeroagrícola remota
Decreto Estadual MT nº 452/2023 · distância mínima, INDEA-MT
RBAC-E nº 94/2017, Resolução Anac nº 710/2023, ICA 100-40
Lei 14.785/2023 · NR-31 · bula do produto
ASABE S572.1, ASABE S572.3 · ISO 25358 · classificação de tamanho de gota



Aula 12 · material de apoio

Autoria. Prof. Dr. Anísio da Silva Nunes, Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), Campus de Tangará da Serra. Material didático da disciplina Tecnologia de Aplicação de Produtos Fitossanitários. © 2026. **Uso.** Licenciado sob Creative Commons Atribuição-NãoComercial-Compartilhual 4.0 (CC BY-NC-SA 4.0): a cópia, a adaptação e o uso em ensino e extensão são livres, desde que citada a autoria e mantida a mesma licença. **A exploração comercial, a venda e a revenda deste documento, isolado ou integrado a outro material, não estão autorizadas.**