

Liberação da aplicação por condições meteorológicas

Medir vento, temperatura, umidade relativa e índice Delta T antes de ligar o pulverizador, decidir entre liberar e suspender a operação, e monitorar a janela durante a aplicação. É o único POP da série que autoriza ou impede o início do trabalho.

✓ QUANDO EXECUTAR

Antes de cada operação de pulverização, com a calda já preparada e o pulverizador calibrado, e novamente a cada retomada após parada.

✗ NÃO EXECUTAR SE

Não houver anemômetro e psicrômetro em condições de uso; a bula do produto trazer restrição de horário ou de condição que a operação não atenda; a direção do vento apontar para cultura sensível, corpo d'água ou moradia sem faixa de segurança estabelecida.

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Anemômetro

Psicrômetro ou termômetro de bulbo seco e úmido

Higrômetro

Termômetro

Bússola ou referência de direção

Bandeira ou fonte de fumaça

Planilha de registro

Bula do produto

EPI OBRIGATÓRIO

Luvas nitrílicas

Óculos panorâmicos

Botas de cano alto

Macacão

Antes de ligar o pulverizador BLOCOS A-B

A MEDIÇÃO E DECISÃO

- 1 Meça a velocidade do vento na altura da ponta de pulverização.
↳ medir na altura da barra, não na altura do peito nem sobre a cabine
- 2 Identifique a direção do vento e o que existe a favor dela: cultura sensível, corpo d'água, moradia, apiário.
- 3 Meça a temperatura de bulbo seco e a de bulbo úmido e obtenha o ΔT .
- 4 Meça a umidade relativa e a temperatura do ar.
- 5 Confira na bula se o produto tem restrição própria de horário, vento ou temperatura.
↳ a bula prevalece sobre qualquer critério geral deste POP
- 6 Compare cada valor medido com o quadro de condições que impedem a aplicação.
- 7 Libere ou suspenda a operação e registre a decisão antes de acionar o equipamento.

B TESTE DE INVERSÃO TÉRMICA, COM VENTO CALMO

- 8 Com vento abaixo de 3 km/h, acenda um pequeno foco de fumaça em local seguro e observe.
- 9 Fumaça subindo na vertical: não há inversão, siga para o quadro de condições.
- 10 Fumaça inclinada e formando camada horizontal bem definida: há inversão térmica, suspenda a aplicação até a situação mudar.
↳ inversão ocorre de madrugada, à tarde em dias frios, ou perto de corpos d'água

PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE

- Vento medido na **altura da ponta de pulverização**. É ali que a gota é solta.
- Calmaria não é condição boa. Vento zero favorece inversão térmica, e a pulverização fica em suspensão sem depositar no alvo.
- O teto de vento **depende da tecnologia em uso**. Adote sempre o limite mais restritivo disponível para a ponta empregada.
- A decisão é tomada e registrada **antes** de acionar o equipamento, não durante.

SEGURANÇA

- Vento em direção a cultura sensível, corpo d'água ou moradia, sem faixa de segurança estabelecida, impede a aplicação.
- A deriva raramente vem de um fator só. Costuma ser vento inadequado somado a pressão excessiva, ponta inapropriada e temperatura acima do recomendado. Qualquer um isolado pode ser tolerável; todos juntos constroem um incidente.
- Suspenda a operação é decisão técnica, não atraso. Registre o motivo.

Condições que impedem a aplicação

QUALQUER LINHA MARCADA SUSPENDE A OPERAÇÃO

PARÂMETRO	CONDIÇÃO QUE IMPEDE	POR QUÊ
Vento	abaixo de 3 km/h	Risco de inversão térmica e de correntes convectivas
Vento	acima de 10 km/h com ponta comum	Arrastamento da pulverização em qualquer tamanho de gota
ΔT	acima de 8 para gotas médias a grossas em calda aquosa	Evaporação da gota antes de atingir o alvo
ΔT	acima de 4,5 para gotas de 150 a 170 μm	Limite mais restritivo, porque a gota fina evapora antes
ΔT	acima de 10 em qualquer situação	Perda por evaporação incontornável
ΔT	abaixo de 2 com vento calmo	Inversão térmica e orvalho
Temperatura	entre 30 °C e 36 °C	Tolerável apenas com cautela redobrada: reduza a taxa de aplicação, prefira gotas mais grossas e monitore a evaporação
Temperatura	bulbo seco acima de 36 °C	Impede independentemente do ΔT ou do tamanho de gota
Umidade relativa	abaixo de 50%	Evaporação acelerada da gota; risco de deriva e perda de eficácia
Fumaça	horizontal, em camada bem definida	Inversão térmica ativa
Direção do vento	apontada para cultura sensível sem faixa de segurança	Risco de dano a terceiro e responsabilidade legal

Janela recomendada

ONDE A APLICAÇÃO DEVE ACONTECER

PARÂMETRO	IDEAL	ACEITÁVEL	OBSERVAÇÃO
Vento	3,2 a 6,5 km/h	3 a 10 km/h	Com pontas de indução de ar o teto sobe a 15 km/h, conforme o fabricante, porque a gota é muito maior
Temperatura	15 a 28 °C	abaixo de 30 °C	Acima de 25 °C com UR baixa, a gota fina tende especialmente à deriva por evaporação
Umidade relativa	acima de 60%	acima de 50%	Abaixo de 50% a aplicação não deve ser feita
ΔT	2 a 8	2 a 8	Integra temperatura e UR numa métrica só, e por isso é o critério mais completo dos quatro

Por que o teto de vento não é um número fixo. A literatura registra limites de 10, 15 e 18 km/h, e a diferença não é contradição: cada valor corresponde a uma tecnologia de ponta e a um tamanho de gota. A regra operacional é adotar o **limite mais restritivo disponível para a ponta em uso**, e não o mais permissivo encontrado.

Deslocamento lateral da gota com vento de 5 km/h

QUEDA DE 3 METROS

DIÂMETRO (μm)	VELOCIDADE TERMINAL (m/s)	TEMPO DE QUEDA DE 3 m	DESLOCAMENTO LATERAL
10	0,003	17 minutos	1.400 m
50	0,075	40 s	54 m
100	0,279	11 s	14,6 m
200	0,721	4 s	5,7 m
500	2,139	1,4 s	2,1 m

Durante e depois BLOCOS C-D

C MONITORAMENTO DURANTE A APLICAÇÃO

- 11 Verifique o comportamento da fumaça ou das bandeirolas periodicamente.
- 12 Monitore o vento continuamente e interrompa se ele exceder o limite da ponta em uso ou mudar de direção.
↳ condição liberada no início não permanece liberada
- 13 Mantenha a barra estável na altura regulada e reduza a velocidade em relevo acidentado.
- 14 Reserve as faixas marginais para quando o vento estiver soprando na direção contrária ao alvo sensível.

D REGISTRO

- 15 Registre as condições efetivas: vento, direção, temperatura, UR, ΔT e horário.
- 16 Documente as intercorrências, como parada por mudança de vento.
- 17 Arquive o registro.
↳ é a evidência de boa prática em caso de questionamento por deriva

ESCALA BEAUFORT · VENTO SEM INSTRUMENTO

- **Fumaça sobe na vertical** (menos de 2 km/h): não recomendável, risco de inversão.
- **Fumaça inclinada** (2,0 a 3,2 km/h): não recomendada.
- **Folhas oscilam, vento sentido na face** (3,2 a 6,5 km/h): **ideal**.
- **Folhas e ramos finos em movimento constante** (6,5 a 9,6 km/h): evitar herbicidas.
- **Galhos se movem, poeira e papel levantam** (9,6 a 14,5 km/h): impróprio.

VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DO PULVERIZADOR

- A velocidade de deslocamento do pulverizador (não a velocidade do vento) deve ser de no máximo 6 a 8 km/h com pontas comuns.
- Até 10 km/h com pontas de indução de ar.
- Acima disso, a pulverização é deslocada por correntes de vento e formam-se vórtices atrás do pulverizador, que capturam gotas finas e aumentam a deriva.

Bloco E · Índice Delta T e sobrevivência da gota A CONTA QUE DECIDE O HORÁRIO

1 · obter o ΔT → 2 · tempo de vida da gota → 3 · a gota chega ou evapora antes

Antes de calcular, confira as unidades. Temperatura em graus Celsius, diâmetro de gota em micrômetro, tempo em segundos. O ΔT é diferença entre dois termômetros, não temperatura absoluta.

1 Índice Delta T temperatura e umidade numa métrica só

$$\Delta T = T_{\text{bulbo seco}} - T_{\text{bulbo úmido}}$$

Indicador da taxa de evaporação e da capacidade de sobrevivência da gota até o alvo. **Faixa recomendada: 2 a 8.** Abaixo de 2 há risco de inversão e orvalho; acima de 8 a evaporação cresce, e acima de 10 impede a aplicação em qualquer situação.

EXEMPLO RESOLVIDO

bulbo seco = 30 °C · bulbo úmido = 22 °C

$$\Delta T = 30 - 22$$

$\Delta T = 8$, no limite da faixa

2 Tempo de vida da gota no ar equação de Amsden (1962)

$$t = \frac{d^2}{80 \times \Delta T}$$

t tempo até a evaporação completa (s) · **d** diâmetro da gota (μm) · **ΔT** índice. O tempo de vida cresce com o **quadrado** do diâmetro e cai na proporção inversa do ΔT .

EXEMPLO RESOLVIDO · GOTA DE 100 μm

$$\Delta T = 4 \rightarrow t = 10.000 \div 320 = 31,25 \text{ s}$$

$$\Delta T = 8 \rightarrow t = 10.000 \div 640 = 15,6 \text{ s}$$

dobrar o ΔT corta o tempo de vida pela metade

Registro da liberação EVIDÊNCIA DA DECISÃO

DATA	HORA	TALHÃO	PRODUT O	VENTO (KM/H)	DIREÇÃO	T (°C)	UR (%)	ΔT	FUMAÇA	DECISÃO	ASSIN. RT
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

3 A gota chega ou evapora antes
comparar tempo de vida com tempo de queda

$$t_{\text{vida}} > t_{\text{queda}} \rightarrow \text{a gota chega}$$

$$t_{\text{vida}} < t_{\text{queda}} \rightarrow \text{evapora no caminho}$$

Tempo de queda de 3 m para a gota de 100 µm: **11 s**, conforme o quadro de deslocamento lateral da página 3.

EXEMPLO RESOLVIDO · GOTA DE 100 µm, QUEDA DE 3 m

$\Delta T = 8 \rightarrow t_{\text{vida}} = 15,6 \text{ s}$, maior que 11 s $\rightarrow$ **chega ao alvo**

$\Delta T = 12 \rightarrow t_{\text{vida}} = 10.000 \div 960 = 10,4 \text{ s}$, menor que 11 s

a ΔT 12 a gota evapora antes de tocar o alvo

Esta é a conta que transforma o ΔT de número abstrato em decisão de horário. A gota de 100 µm precisa de 11 segundos para cair 3 metros. Se o tempo de vida for menor que isso, ela evapora no caminho e a dose não chega ao alvo, ainda que o pulverizador esteja perfeitamente calibrado. No Cerrado, temperatura acima de 35 °C e umidade relativa abaixo de 40%, comuns entre agosto e outubro, derrubam esse tempo de vida com facilidade.

Referências normativas

Lei 14.785/2023 · responsabilidade técnica e receita agrônômica

NR-31 · segurança no trabalho rural

Escala Beaufort · referência de vento sem instrumento

Bula do produto e catálogo da ponta de pulverização



Aula 04 · 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.**