

Avaliação de cobertura com papel hidrossensível

Verificar no alvo, antes de tratar o talhão inteiro, se a densidade de gotas que chega ao dossel atende ao mínimo exigido pelo modo de ação do produto. Fecha o ciclo que a calibração abre.

✓ QUANDO EXECUTAR

Antes de tratar o talhão inteiro, após calibrar o pulverizador e liberar as condições meteorológicas; ao trocar de classe de gota, ponta, taxa de aplicação ou velocidade; ao mudar de cultura ou de estágio de dossel; quando houver falha de controle sem causa aparente.

✗ NÃO EXECUTAR SE

Houve chuva ou orvalho recente sobre o dossel; a umidade relativa do ar estiver alta a ponto de descaracterizar a amostra; a taxa de aplicação prevista superar cerca de 400 L/ha em cultura de área foliar pequena, o que azula o papel por inteiro.

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Papel hidrossensível Pinça Molde de 1, ½ ou ¼ cm²
Lupa de 10 a 25× Grampos ou cliques
Envelopes identificados Escaner ou smartphone
Planilha de registro

EPI OBRIGATÓRIO

Luvas nitrílicas Óculos panorâmicos Botas de cano alto
Macacão

Preparar, posicionar e coletar BLOCOS A-B

A PREPARO E POSICIONAMENTO DOS CARTÕES

- 1 Confirme que não houve chuva nem orvalho recente sobre o dossel.
- 2 Identifique o alvo biológico e o modo de ação do produto e defina a densidade mínima exigida.
↳ o quadro está na página 2; o rótulo prevalece sobre ele
- 3 Escolha pontos de amostragem em três alturas do dossel: superior, média e inferior.
↳ amostrar só o topo não diz nada sobre o controle na base
- 4 Fixe os cartões com a face amarela voltada para a direção de chegada da calda, e inclua cartões na face inferior da folha quando o alvo exigir.
- 5 Manipule o cartão com pinça ou luva seca.
↳ suor da mão marca o papel e invalida a leitura
- 6 Registre a posição de cada cartão antes da passagem do pulverizador.

B APLICAÇÃO E COLETA

- 7 Faça a passagem do pulverizador nas condições reais de trabalho.
- 8 Aguarde a secagem completa das manchas antes de tocar os cartões.
- 9 Recolha os cartões com pinça, na ordem registrada, e acondicione em envelope seco e identificado.
- 10 Não armazene em ambiente de umidade relativa alta nem abaixo de 10 °C.
↳ as duas condições descaracterizam a amostra antes da leitura

PONTOS CRÍTICOS DE CONTROLE

- **A cobertura despenca dentro do dossel.** Em aplicação terrestre a 100 L/ha, a parte alta da planta recebe de 70 a 83% e a parte baixa, de 3 a 14%. Amostrar só o topo não mede controle.
- Manipulação com pinça ou luva seca, sempre.
- Chuva ou orvalho recente invalidam a avaliação.
- O critério do rótulo prevalece sobre o quadro geral de densidade mínima.

SEGURANÇA

- A coleta acontece em área recém-pulverizada. Recolha os cartões com EPI de manuseio completo.
- Respeite a orientação de reentrada da bula do produto antes de voltar à área.
- Não improvise fixação que obrigue o avaliador a permanecer no trajeto do pulverizador durante a passagem.

C LEITURA DOS CARTÕES

- 11 Conte as gotas com molde de área conhecida (1, ½ ou ¼ cm²) e lupa de 10 a 25 aumentos, ou digitalize e use software de análise de imagem.
- 12 Calcule a densidade em gotas por centímetro quadrado pelo cálculo 1.
- 13 Estime o diâmetro real da gota pelo cálculo 2, a partir do diâmetro da mancha e do fator de expansão do papel.

↳ o fabricante do papel informa o fator de referência

- 14 Repita em pelo menos três cartões por altura de dossel e use a média de cada altura.

D DECISÃO

- 15 Compare a densidade média de cada altura com a densidade mínima exigida pelo produto.
- 16 Havendo déficit, ajuste **uma variável por vez**: classe de gota, taxa de aplicação, ponta de pulverização ou velocidade.
- 17 Repita a avaliação após o ajuste, antes de tratar o talhão inteiro.

↳ gota menor multiplica os impactos, mas estreita a janela climática

O QUE O PAPEL NÃO MEDE

- Não representa cientificamente o DMV, a amplitude relativa nem o percentual de gotas abaixo de 100 µm: falhou nessas três medidas em **91,7%** dos tratamentos testados.
- Gotas muito finas não impactam a superfície, e a amostra subrepresenta a fração mais fina do espectro.
- Serve para **comparação relativa a campo**. Caracterizar espectro de forma absoluta exige analisador por difração a laser.

ERROS QUE INVALIDAM A LEITURA

- Taxa acima de cerca de 400 L/ha em cultura de área foliar pequena azula o papel por inteiro e impede a contagem.
- Umidade do ar alta deixa as gotas pequenas com coloração próxima à do papel.
- Em pulverizador com jato transportado por ar, o alto impacto deixa marcas difíceis de medir.
- Não compare resultados entre softwares diferentes: eles correlacionam bem entre si, mas os valores absolutos não coincidem.

TRÊS TERMOS QUE NÃO SÃO SINÔNIMOS

- **Deposição**: quantidade de produto retida no alvo após a aplicação.
- **Retenção foliar**: capacidade da gota permanecer na folha sem escorrer nem ricocheteiar.
- **Cobertura**: fração do alvo atingida, em percentual de área ou em gotas/cm². É o que este POP mede.

Densidade mínima por modo de ação O CRITÉRIO DE APROVAÇÃO

PRODUTO E MODO DE AÇÃO	DENSIDADE MÍNIMA (gotas/cm²)	OBSERVAÇÃO
Herbicidas e inseticidas sistêmicos	20 a 30	Translocação compensa cobertura menos homogênea
Fungicidas sistêmicos e mesostêmicos	30 a 40	O patógeno ainda precisa ser alcançado na superfície foliar
Inseticidas de contato	50 a 70	Exigem toque direto com o alvo
Fungicidas de contato e multissítio	acima de 70	A maior exigência de cobertura da disciplina
Acaricidas de contato	acima de 70	Com ênfase na face inferior da folha

Exceção única: quando o rótulo especificar critério diferente, prevalece o rótulo.

1 · densidade de gotas

→ 2 · diâmetro real da gota

→ 3 · efeito do diâmetro sobre a cobertura

Antes de calcular, confira as unidades. Área do molde em centímetro quadrado, diâmetros em micrômetro, taxa de aplicação em L/ha. Ao digitalizar, lembre que a 600 dpi um pixel equivale a 42,3 µm (25.400 ÷ 600), e manchas menores que isso são registradas como quatro pixels: a digitalização **superestima sistematicamente** gotas pequenas.

1 Densidade de gotas

o número que aprova ou reprova a aplicação

$$N = \frac{\text{gotas contadas}}{\text{área do molde (cm}^2\text{)}}$$

N densidade (gotas/cm²) · usar molde de área conhecida. Molde menor exige mais repetições para a média ficar estável.

EXEMPLO RESOLVIDO · MOLDE DE ¼ cm²

18 gotas contadas na janela de 0,25 cm²

$$N = 18 \div 0,25$$

$$N = 72 \text{ gotas/cm}^2$$

2 Diâmetro real da gota

a mancha é maior que a gota que a fez

$$d_{\text{real}} = \frac{d_{\text{mancha}}}{\text{fator de expansão}}$$

Ao impactar o papel, a gota se espalha. O **fator de expansão** varia de **1,8 a 2,5** conforme o tamanho da gota, e o fabricante do papel informa o valor de referência. Sem essa correção, o diâmetro lido superestima a gota em mais de duas vezes.

EXEMPLO RESOLVIDO · FATOR 2,2

mancha medida = 500 µm

$$d = 500 \div 2,2$$

$$d = 227 \text{ µm, gota média}$$

3 Efeito do diâmetro sobre a cobertura

a geometria que decide a classe de gota

$$N \propto \frac{Q}{d^3}$$

N gotas por cm² · **Q** taxa de aplicação (L/ha), mantida constante · **d** diâmetro da gota (µm). O número de impactos é inversamente proporcional ao **cu**bo do diâmetro.

EXEMPLO RESOLVIDO · MESMA TAXA, DMV REDUZIDO À METADE

$$\text{fator} = (400 \div 200)^3 = 2^3 = 8\times$$

40 gotas/cm² a DMV 400 µm → 40 × 8

$$320 \text{ gotas/cm}^2 \text{ a DMV } 200 \text{ µm}$$

Aqui está a razão de produto de contato exigir gota menor. O que cobre o alvo não é o volume depositado, é o número de impactos espalhados por unidade de área. Mas a mesma geometria que multiplica a cobertura estreita a janela climática: gota menor deriva e evapora mais, como mostra o TA-POP-04. A decisão de classe de gota é sempre uma troca, nunca um ganho puro.

GOTA MENOR COBRE MAIS, NÃO MENOS

- Como mostra o Cálculo 3 do Bloco E ($N \propto Q/d^3$), para uma taxa de aplicação fixa, reduzir o diâmetro da gota **aumenta muito** a densidade de gotas por área: reduzir o DMV de 400 para 200 μm multiplica a densidade por **8x**, de 40 para 320 gotas/ cm^2 .
- A cobertura cresce com o **número de gotas** e com o **quadrado do diâmetro** de cada gota, não o contrário: mais gotas e gota menor, para a mesma taxa, sempre significam mais cobertura por unidade de área, nunca menos.
- Não existe uma tabela única e universal de correspondência numérica entre densidade, percentual de cobertura e DMV: essa relação depende do produto, da ponta, da pressão de trabalho e da distribuição real das gotas sobre o alvo.
- Valide sempre** a densidade-alvo e o DMV específicos contra a curva do produto e da ponta em uso, em vez de tratar valores de tabela como constante universal.

Recobrir 20 a 30% já basta na maioria dos tratamentos. Encharcar a folha até escorrer não melhora o controle: desperdiça produto, aumenta o risco de escorrimento e ainda inviabiliza a própria avaliação, porque azul o cartão por inteiro.

Frequência QUANDO REAVALIAR

EVENTO	AÇÃO
Antes de tratar o talhão inteiro, após calibrar	Avaliar
Troca de classe de gota, de ponta de pulverização ou de pressão	Reavaliar
Mudança de taxa de aplicação ou de velocidade	Reavaliar
Mudança de cultura ou avanço do estágio de dossel	Reavaliar
Falha de controle sem causa aparente	Avaliar antes de trocar o produto ou aumentar a dose

Registro da avaliação EVIDÊNCIA DA COBERTURA

DATA	TALHÃO	PRODUT O E MODO DE AÇÃO	PONTA	Q (L/HA)	ALTURA NO DOSSEL	N (GOTAS/c m^2)	MÍNIMO EXIGIDO	d REAL (μm)	RESULTA DO	AJUSTE FEITO	ASSIN. RT
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
__/__/__	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Referências normativas

ASABE S572.1 e S572.3 · ISO 25358 · classificação de gotas
 NR-31 · segurança no trabalho rural
 Lei 14.785/2023 · Art. 43 (instruções de utilização)
 Rótulo e bula do produto · ficha do papel hidrossensível



Aula 09 · 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-Compartilhável 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.**