

A COTONICULTURA BRASILEIRA OCUPA LUGAR DE DESTAQUE NO CENÁRIO MUNDIAL, LIDER EM CERTIFICAÇÕES DE BOAS PRÁTICAS TRABALHISTAS E AMBIENTAIS, EMBORA SEJA UM DOS SETORES DO AGRONEGÓCIO QUE NECESSITEM DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS PARA MANTER A QUALIDADE DO ALGODÃO COLHIDO. ESTUDO APONTA QUE A INSPEÇÃO DA FAIXA DE DEPOSIÇÃO (IFD) PODE RESULTAR EM MELHOR UNIFORMIDADE DA APLICAÇÃO DE PRODUTOS.

TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO AÉREA: DIRETRIZES APLICADAS A CULTURA DO ALGODÃO

Autores

RODOLFO G. CHECHETTO (1), FERNANDO K. CARVALHO (1), ALISSON A. B. MOTA (1), ULISSES R. ANTUNIASSI (2), SIMONE SILVA VIEIRA (3)

(1) Engenheiro agrônomo, pesquisadores da AgroEfetiva. Botucatu/SP. rodolfo@agroefetiva.com.br; fernando@agroefetiva.com.br; alisson@agroefetiva.com.br; (2) Engenheiro agrônomo, Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP - Botucatu/SP. ulisses.antuniassi@unesp.br; (3) Entomologista, Pós doutoranda FCA/UNESP - Botucatu/SP. sisilvavieira@gmail.com

1. Introdução

O Brasil ocupa uma posição de destaque em relação à produção e comercialização de algodão no mundo. De acordo com o ranking ordenado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (EUA), o país está entre os 5 maiores exportadores e produtores de algodão do mundo.

O mercado brasileiro de algodão continua promissor. Líder mundial em certificação de boas práticas trabalhistas e ambientais, cerca de 86% da produção é certificada pelos padrões internacionais dos auditores. Com alta tecnologia e produtores extremamente organizados, por meio da Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), o setor investe em qualidade, rastreabilidade e marketing para continuar crescendo e buscando resultados positivos.

Porém, para manter esse alto nível de qualidade e mercado, a cultura do algodão, no Brasil,

é a maior responsável pelo uso de inseticidas (OLIVEIRA et al., 2014). Estima-se que durante o ciclo da cultura do algodoeiro de 18 a 23 pulverizações são realizadas. Segundo o Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária, na safra 2017/2018 o uso de inseticidas representou 20% do custo total de produção no estado do Mato Grosso - MT. Sendo que, o bicudo do algodoeiro é responsável por aproximadamente 10% desse custo de produção.

2. Manejo Integrado de Pragas na cultura do algodão

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) visa a reduzir a população de insetos-pragas em níveis abaixo daqueles que possa causar danos à lavoura, utilizando diferentes estratégias de controle, que devem ser empregadas atendendo as recomendações técnicas e de boas

práticas agrícolas. O controle de pragas nas lavouras de algodão, tem se tornado cada vez mais desafiador e oneroso. Para que se consiga o máximo de eficácia das estratégias utilizadas em um programa de manejo integrado, elas devem ser sustentadas por uma base sólida de informações, para a tomada de decisão de quais estratégias devem ser utilizadas a cada momento, além de como ela será utilizada.

As espécies de insetos, como pulgões, *Aphis gossypii*, bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis* e curuquer, *Alabama argillacea*, necessitam que medidas de controle sejam adotadas para conter os surtos populacionais, em todas as áreas onde o algodão é cultivado e, portanto, são denominadas pragas-chave da cultura. Na região Centro-Oeste, o percevejo castanho, *Scaptocoris castanea*, que ataca as raízes, a lagarta de maçã, *Heliothis virescens* e *Helicoverpa armigera*, que atacam estruturas do algodoeiro,

também são pragas-chave, devido à alta frequência de ocorrência e, ocasionalmente, podem reduzir severamente a produtividade. Além disso, como mudanças no sistema de cultivo foram observadas nas últimas décadas e, principalmente, nas principais regiões produtoras, emergem outras pragas, como as lagartas do gênero *Spodoptera spp.* e espécies de *Helicoverpa zea*, *Chrysodeixis includens*, moscas-brancas, assim como os insetos migrantes da soja, *Nezara viridula*, *Euschistus heros* e *Piezodorus guildinii*, pragas reconhecidas como secundárias ou como pragas-chave de outras culturas e que atacam o algodão (SILVA et al., 2013).

O controle químico através da aplicação de inseticidas sintéticos é a principal estratégia adotada para o manejo de pragas no algodoeiro. No Brasil, o bicudo é o responsável pelo maior número de pulverizações de inseticidas contra uma única espécie-alvo de pragas em lavouras de algodão (LIMA JUNIOR et al., 2013; BÉLOT et al., 2016). As estimativas de custo do controle de pragas do algodão indicam o bicudo como a praga que mais inflaciona os custos. Sua presença nos campos de algodão determina a frequência da pulverização e a escolha do inseticida durante a decisão da pulverização (SHOWLER, 2012; BÉLOT et al., 2016). Quando a infestação do bicudo atinge o limiar econômico, pelo menos cinco pulverizações sequenciais são realizadas para obter o controle de adultos emergentes ao longo de 20 a 25 dias do período de desenvolvimento (da oviposição à emergência do adulto) (BARROS et al., 2019).

O MIP na cultura do algodão ainda é um desafio, principalmente devido à dificuldade de controle de algumas espécies de pragas como o bicudo do algodoeiro e algumas espécies de lagartas. A necessidade de resolver os

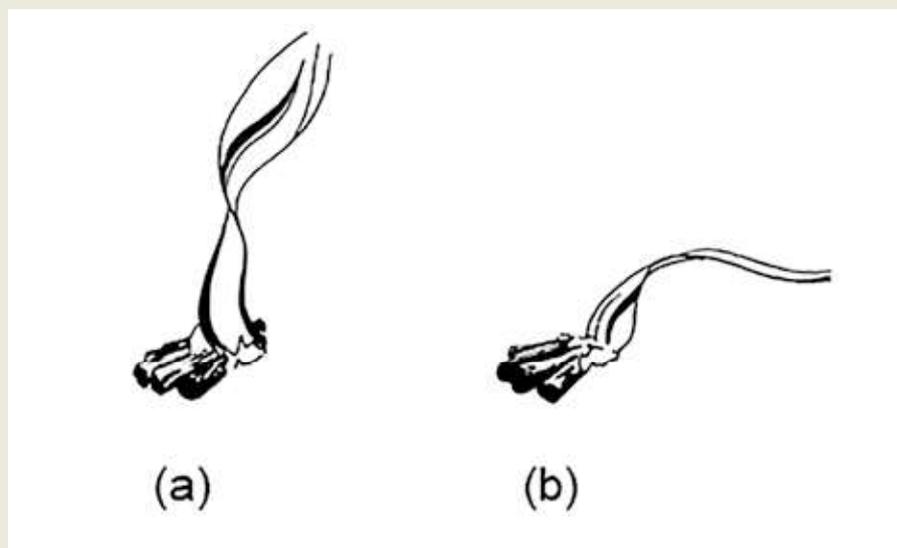


Figura 1: Comportamento da fumaça: (a) situação normal e (b) situação característica de inversão térmica. Fonte: (KRUGER; ANTUNIASSI, 2019).

problemas a curto prazo, acaba por dificultar a solução a longo prazo. Portanto, é necessário que o conceito de sustentabilidade de manejo seja considerado no momento da tomada de decisão. Assim, os principais pontos a se trabalhar de imediato são: o monitoramento e as estratégias de manejo de resistência de insetos, seja a plantas *Bt* resistente lagartas, ou a inseticidas. Para o manejo de resistência de insetos a inseticidas, o primeiro passo é a utilização dos mesmos, dentro das recomendações técnicas de boas práticas agrícolas, buscando obter o máximo de eficiência de controle das moléculas disponíveis. Nesse cenário, o uso das doses recomendadas e da tecnologia de aplicação adequada são os primeiros passos para se obter maior eficiência de controle de pragas na cultura do algodão.

3. Tecnologia de Aplicação

A tecnologia de aplicação pode ser definida como um conjunto de conhecimentos que integram informações sobre defensivos agrícolas, formulações,

adjuvantes, pulverização, alvos, recursos humanos, tecnologia de informação e ambiente, visando uma aplicação correta, segura e responsável, sempre respeitando as boas práticas agrícolas.

O princípio básico da tecnologia de aplicação é a divisão do líquido a ser aplicado em gotas (processo denominado como (pulverização h), multiplicando o número de partículas (gotas) que carregam os princípios ativos em direção aos alvos da aplicação.

O tamanho de gotas e o volume de calda são, portanto, os fatores básicos que devem ser considerados em primeiro lugar para o planejamento de uma aplicação. Parâmetros como o momento da aplicação, as condições meteorológicas, a recomendação dos produtos e as condições operacionais devem ser considerados em conjunto para a determinação da técnica a ser utilizada, visando o máximo desempenho com o mínimo de perdas, sempre com o menor impacto ambiental possível.

Ainda, soma-se a isso a avaliação do entorno, direção do vento, bem como a legislação que regulamenta o setor, em especial aquela que trata das faixas de segurança (IBAMA, 2008).



Figura 2: Movimento da fumaça, caracterizando momento de inversão térmica. Fonte: AgroEfetiva, 2019.

4. Condições meteorológicas e inversão térmica

Para o sucesso do tratamento fitossanitário, a adequação da tecnologia de aplicação às condições meteorológicas é fundamental. Para a maioria dos casos, devem ser evitadas aplicações com umidade relativa inferior a 50% e temperatura ambiente maior do que 30° C.

O ideal é que as aplicações sejam realizadas com velocidade média do vento entre 3 e 10 km h⁻¹. A ausência de vento também pode ser prejudicial, principalmente pela chance de ocorrer inversões térmicas ou ar aquecido ascendente (correntes de convecção), fatores que dificultam a deposição das gotas pequenas.

As inversões ocorrem nas manhãs muito frias e de céu limpo (sem nuvens), típicas do inverno, onde o ar parado e a dinâmica da atmosfera podem



Figura 3: Movimento ascendente das gotas de pulverização, caracterizando momento decorrentes de convecção. Foto: Farias, 2013.

impedir a deposição das gotas mais finas. Sob condições de inversão, a deriva da pulverização pode ser severa. Pequenas gotas de pulverização podem cair lentamente ou serem suspensas e moverem-se a distâncias maiores, transportadas por uma brisa suave. Não aplique defensivos durante condições de inversão térmica. A situação de inversão pode ser identificada observando-se a fumaça a partir de gerador de fumaça ou fogo (Figura 1). O movimento da fumaça horizontalmente perto do solo indicativo de inversão térmica (Figura 2) (KRUGER; ANTUNIASI, 2019).

De maneira análoga, nas tardes muito quentes é comum a formação de correntes de ar quente ascendente, as quais, principalmente na ausência do vento, também transportam gotas para longas distâncias, podendo causar grandes prejuízos por deriva (Figura 3).

Por esta razão, é necessário priorizar as aplicações de defensivos agrícolas nos horários em que haja vento (no mínimo de 3 km h^{-1}), pois nestas condições há estabilidade da atmosfera modificada, reduzindo o efeito desses fenômenos que dificultam a deposição das gotas mais finas.

5. Registro das condições meteorológicas

O ideal é que se registre as condições meteorológicas a cada decolagem da aeronave, principalmente quando a empresa ou a fazenda não utilizar ferramentas que façam isso de maneira autônoma, como o uso de estações meteorológicas nos talhões e softwares de telemetria para as aplicações aéreas. É importante monitorar as condições para que, na média, os valores de temperatura,

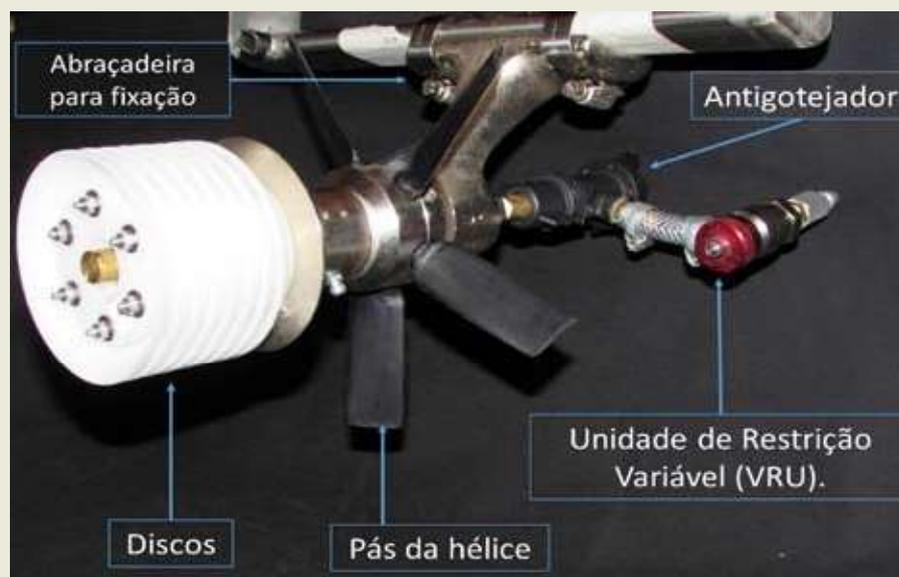


Figura 4: Exemplo de atomizador de discos, detalhando os componentes. Fonte: AgroEfetiva.

umidade e velocidade do vento estejam dentro dos limites recomendados. Entretanto, o bom senso deve prevalecer na delimitação das variações admissíveis.

É importante que as características da técnica de aplicação utilizada sejam consideradas no momento da tomada de decisão. A decisão final quanto a eventuais variações nas condições meteorológicas deve ser tomada pelo técnico responsável pela aplicação, dentro dos conceitos de boas práticas.

IMPORTANTE: a bula do produto pode apresentar limites meteorológicos mais restritivos do que as recomendações acima (recomendações gerais de boas práticas). Portanto, sempre a recomendação indicada na bula deve prevalecer.

Se uma aplicação tiver que ser feita perto dos valores limites das condições meteorológicas, alguns parâmetros têm que ser ajustados. Seguem algumas recomendações básicas:

- Aumentar o tamanho das gotas e o volume de calda;
- Reduzir a altura de voo, resguardando-se as questões de segurança de voo e ajustando-se

a faixa útil de aplicação (como através de um estudo prévio como o da Inspeção da Faixa de Deposição, IFD).

6. Perdas e deriva

Muitos fatores afetam a deriva física, mas um dos mais importantes é o tamanho inicial das gotas. Gotas pequenas desaceleram mais rapidamente do que gotas grandes e caem lentamente através do ar, fazendo com que elas sejam mais propensas a serem carregadas para mais longe pelo movimento do ar. O tamanho de gotas é medido em micrometros (μm). Gotas com diâmetros menores do que $100 \mu\text{m}$, aproximadamente o diâmetro de um fio de cabelo humano, são consideradas altamente sensíveis à deriva, embora valores diferentes variando entre 80 e $150 \mu\text{m}$ sejam usados como referência, dependendo da fonte bibliográfica. Essas pequenas gotas não podem ser prontamente vistas a menos que estejam em altas concentrações, como em uma neblina. Devido ao tamanho pequeno das gotas, a deriva é mais dependente do



Figura 5: Falhas na aplicação resultantes da falta de uniformidade na faixa de deposição. Foto: Veliz, 2013.

movimento irregular do ar turbulento do que da gravidade (KRUGER; ANTUNIASSI, 2019).

Dessa forma, quanto mais tempo a gota estiver no ar, maior será o potencial de deriva, o que é diretamente correlacionado pela altura de voo adotada nas aplicações para a cultura do algodoeiro. É importante notar que qualquer gota pode sofrer deriva e qualquer gota pode se depositar no alvo, independentemente do tamanho, a depender dos parâmetros ambientais e de aplicação aos quais a gota é exposta.

Essas características (gotas finas, muito finas ou extremamente finas) atreladas aos fatores operacionais utilizados para aplicações na cultura do algodão, como altura de voo e faixa de deposição, tornam a pulverização ainda mais criteriosa.

Tabela 1. Dados de espectro de gotas dos atomizadores TA-88D-8 e AU-5000. Fontes: AgroEfetiva e Micronair.

Atomizador	Ângulo das pás (graus)	DMV (μm)	Amplitude relativa	Rotação (rpm)
TA-88D-8	45	123	1,12	7257
	60	174	1,17	4138
	75	231	1,17	2360
AU-5000	45	72	1,58	6068
	60	134	1,40	3290
	75	212	1,35	1784

Obs.: Os valores de diâmetro mediano volumétrico (DMV) do atomizador nacional foram obtidos em túnel de vento com analisador de gotas Sympatec HELOS considerando fluxo de calda de $6,0 \text{ L min}^{-1}$ e velocidade do vento de 180 km h^{-1} . Os dados do Micronair foram simulados nas mesmas condições através do aplicativo online disponibilizado pelo fabricante.

7. Atomizadores rotativos

Os atomizadores rotativos utilizam a energia centrífuga proveniente da alta rotação,

que por sua vez é gerada pelo fluxo do ar em voo. A vazão nos atomizadores é ajustada por um orifício que regula a vazão do líquido e pela pressão da calda no sistema hidráulico de pulverização. Alguns atomizadores mais simples utilizam uma conexão hidráulica

com restritores de vazão formados por discos perfurados, enquanto outros utilizam um sistema de ajuste rotativo denominado Unidade de Restrição Variável - VRU h (Figura 4).

Em busca de informações mais precisas sobre o espectro de gotas real gerado pelos atomizadores nacionais, a AgroEfetiva realizou pesquisa nos laboratórios da Universidade de Nebraska-Lincoln (EUA), em parceria com a UNESP-Botucatu/SP (Brasil), visando coletar dados de espectro de gotas, usando os mesmos métodos de análise das gotas feitos para o Micronair (Micron Group, Herefordshire, UK).

Com base nesta pesquisa foi possível fazer uma análise comparativa entre os dados de espectro de gotas dos atomizadores nacionais e um importado, modelo que é frequentemente usado como referência no Brasil para a estimativa do espectro de gotas gerado por atomizadores. Um exemplo desta análise pode ser observado na Tabela 1, a qual apresenta os dados de um atomizador nacional de discos (CBB, Sorocaba, SP), usado em aplicações em algodão, em comparação aos dados gerados para o atomizador de telas mencionado.

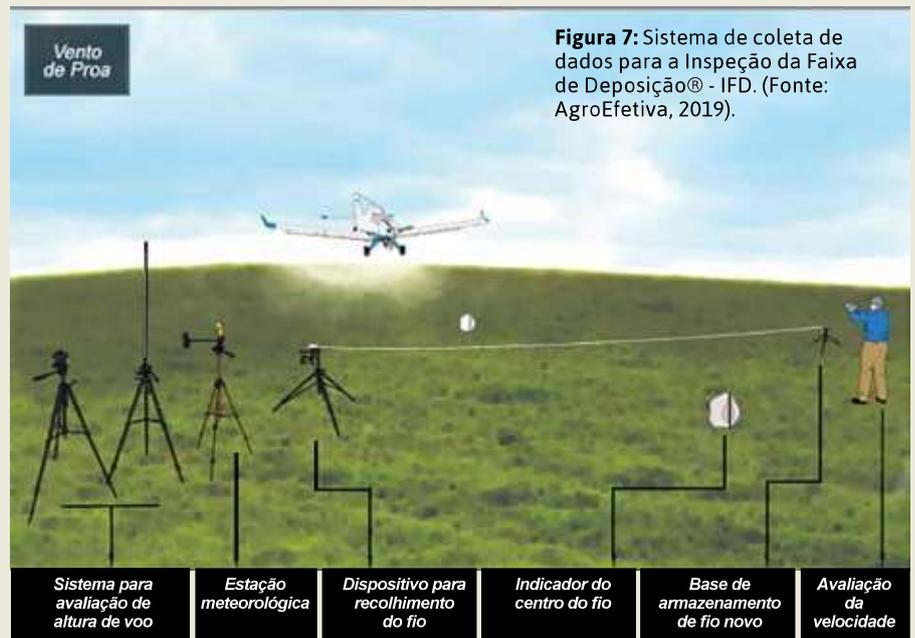


Figura 7: Sistema de coleta de dados para a Inspeção da Faixa de Deposição® - IFD. (Fonte: AgroEfetiva, 2019).

É interessante observar, que para os mesmos ajustes de ângulo de pá, as rotações obtidas nos atomizadores são diferentes, sendo essa diferença variável e que consequentemente altera todo o espectro de gotas gerado por cada um dos atomizadores, além, é claro, do mecanismo de geração de gotas, como discos ou tela.

Vários fatores interferem no espectro de gotas gerado pelos atomizadores, como diâmetro dos orifícios das malhas dos

atomizadores rotativos, número de discos e tamanho das ranhuras dos atomizadores de discos, velocidade de voo, entre outros. O importante é saber que os atomizadores podem possibilitar uma ampla variação do espectro de gotas, principalmente nas classes menores, como finas, muito finas e extremamente finas. Alguns podem gerar gotas médias, e ainda há aqueles desenvolvidos para gerar gotas maiores, para reduzir deriva.



Figura 6: Faixa de deposição total, indicada pela imagem verde no gráfico. A linha tracejada indica a largura da faixa efetiva. Neste caso, houve maior deposição das gotas sob a asa esquerda da aeronave, indicado pela seta azul. (Fonte: AgroEfetiva, 2018).

8. Inspeção da Faixa de Deposição (IFD)[®]

A falta de uniformidade, bem como faixas de deposição muito largas ou estreitas, gera grande variação da dose dos produtos aplicados no campo, que degrada a qualidade da aplicação e gera perdas. Por exemplo, a falta de uniformidade no controle de pragas como o bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) pode comprometer o controle e gerar enormes prejuízos, pois o ciclo de reprodução ou propagação na cultura é muito rápido. Em alguns casos, a falta de uniformidade na faixa de deposição efetiva é grande o suficiente para resultar em falhas aparentes na lavoura (Figura 5).

A Figura 6 ilustra um exemplo onde a aeronave apresentava maior depósito de calda sob a asa esquerda. Neste caso, para uma faixa efetiva de deposição de 15 m, o CV no sentido carrossel seria de 22% e para o sentido vai e vem, 27%. Nesse caso, ajustes devem ser feitos, como na disposição e regulação dos dispositivos geradores de gotas, para que o CV seja reduzido abaixo de 20%.

Em geral, a uniformidade das aplicações aéreas é medida pelo coeficiente de variação (CV, %) (PARKIN; WYATT, 1982) e deve ser menor do que 20%. Esses parâmetros podem ser avaliados utilizando um método novo no país. Tal método utiliza espectrofotometria de fio, e foi introduzido no Brasil pela AgroEfetiva[®], em 2017, e denominado de IFD – Inspeção da Faixa de Deposição[®] (Figura 7).

Ao todo são realizados três voos sobre o centro do fio por configuração da aeronave. Depois de 1 minuto da aplicação, cada fio é recolhido e as três repetições analisadas em um espectrofotômetro de fio. Com isso, o próprio software calcula o Coeficiente de Variação (CV) para várias larguras de faixa de deposição, menores e maiores do

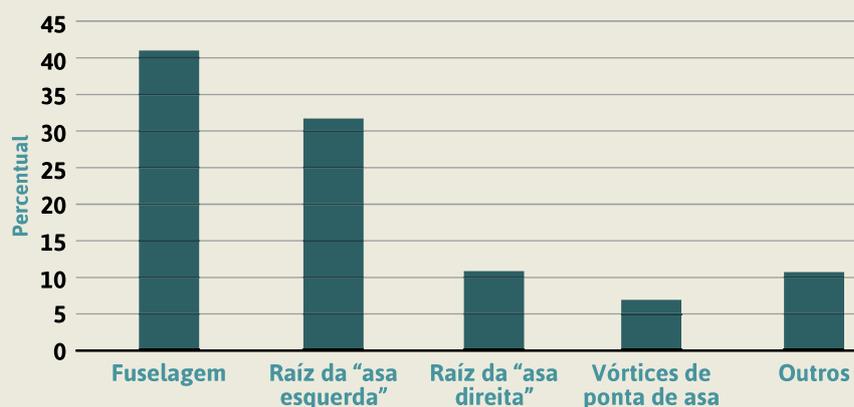


Figura 8. Locais correspondentes aos principais problemas observados nas faixas de deposição de aeronaves agrícolas. (Fonte: AgroEfetiva)

que a faixa praticada, a qual é informada pela equipe técnica responsável pela aeronave. O processo termina com a indicação da melhor largura da faixa de deposição em função da uniformidade indicada pelo CV para os sentidos vai e vem (*back-to-back*) e carrossel.

9. Dicas para melhorar a qualidade das aplicações

Em pesquisa realizada pela AgroEfetiva entre os anos de 2017 e 2018 em vários estados brasileiros, o principal problema observado nas faixas de deposição (FD) foi o acúmulo ou falha no depósito de gotas sob a fuselagem das aeronaves, observado em 40% dos casos onde foram encontrados algum problema na faixa de deposição (Figura 8). Isso ocorre em função do vórtice criado pela hélice, sendo que quando não há posicionamento adequado dos bicos, por exemplo, pode haver deposição desuniforme. Foram consideradas faixas desuniformes aquelas que tinham coeficiente de variação (CV) maior do que 20%. A falta de uniformidade pode causar falhas no controle ou acelerar o surgimento de resistência de pragas, por exemplo.

O segundo problema mais frequente foi acúmulo ou falha de deposição na "raiz da asa esquerda". Esse local também recebe interferência do vórtice de hélice, e deve ser observado. Os problemas de acúmulo ou falha na "raiz da asa direita" e vórtices de ponta de asa corresponderam a cerca de 17% do total.

Esses resultados proporcionam a tomada de medidas, muitas vezes simples, como o reposicionamento de bicos, com potencial de tornarem as aplicações uniformes.

10. Conclusões

O Brasil ocupa uma posição de destaque em relação à produção e comercialização de algodão no mundo. No entanto, essa cultura depende de aplicações aéreas para o controle de insetos-praga, como pulgão, *A. gossypii*, o bicudodo-algodoeiro, *A. grandis* e o curuquerê, *A. argilácea*. Essa prática deve fazer parte das estratégias de controle que compõem o Manejo Integrado de Pragas.

Para uma aplicação de qualidade, vários parâmetros devem ser considerados, como as condições meteorológicas, o espectro de gotas e a uniformidade das aplicações. As equipes também devem receber programas de capacitação continuada, para assim manter a sustentabilidade e a competitividade da agricultura nacional. ■