

Capítulo 12

Tecnologia de aplicação de agrotóxicos

*Fernando Storniolo Adegas, Dionísio Luiz Pisa
Gazziero*

Nos últimos anos, houve um grande avanço na tecnologia utilizada para aplicação de agrotóxicos na agricultura nacional. No entanto, ainda existem situações de desperdício de energia e de produtos químicos, aliadas à ineficiência dos resultados no campo. O crescente aumento nos custos dos agrotóxicos, da mão de obra e da energia e a preocupação cada vez maior em relação à poluição ambiental têm enfatizado a necessidade de se continuar a melhorar essa ação, bem como os procedimentos e equipamentos adequados à maior proteção das pessoas que aplicam os agrotóxicos no campo.

Alguns passos devem ser dados para se aperfeiçoar a tecnologia de aplicação, cuja eficiência é mensurada por meio da razão da dose técnica requerida para controle de determinado alvo, no caso a praga, a doença ou a planta daninha, pela dose real empregada. Portanto, quanto menor for a disparidade entre essas doses, isto é, quanto mais próxima for a dose utilizada para controle em relação à realmente necessária, maior será a eficiência da aplicação. Para que a eficiência máxima seja obtida, alguns pontos devem ser levados em consideração, como os relacionados ao aplicador, ao alvo, ao agrotóxico, à cobertura de gotas, ao equipamento

utilizado e aos fatores de interferência, especialmente os climáticos. A partir da análise desses pontos, deve ser realizado o planejamento propriamente dito do sistema de aplicação a ser adotado.

A experiência do aplicador é fundamental, pois cabe a ele a responsabilidade da aplicação. Deve conhecer os equipamentos a serem utilizados e os agrotóxicos a serem aplicados, reconhecer corretamente os alvos a serem atingidos e ter sensibilidade para lidar com os fatores gerais que influenciam na aplicação.

Alvo

Na aplicação de agrotóxicos, o alvo primário, isto é, onde o produto deve ser depositado, pode ser o solo ou as plantas. A seleção do alvo é feita pelo histórico da área, pelo reconhecimento dos agentes biológicos que se quer controlar, dos respectivos níveis de infestação ou infecção, pelo estágio de desenvolvimento e pela distribuição na área. Quanto mais precisa for a escolha do alvo primário, maior será a possibilidade de se obter a máxima eficiência na aplicação.

O conhecimento das propriedades dos agrotóxicos é um ponto importante a ser considerado, especialmente a mobilidade do produto na planta ou no solo, pois a necessidade de cobertura de gotas é diferente para cada um desses casos. Se o agrotóxico é pouco móvel ou de contato, haverá necessidade de máxima cobertura do alvo primário. No caso de produtos móveis, ou sistêmicos, a área de cobertura do alvo poderá ser menor.

Formulação

A formulação do agrotóxico também pode influenciar na sua aplicação. Formulações que produzem uma solução de calda “verdadeira”, isto é, homogeneização perfeita entre o produto e o veículo utilizado, em geral a água, tendem a proporcionar maior eficiência na aplicação. As principais formulações de agrotóxicos existentes no mercado brasileiro são (adaptado de Matuo, 1990):

- **granulada:** formulação de pronto uso para aplicação via sólida. As partículas de uma substância inerte são impregnadas pelo ingrediente ativo;

- **pó molhável:** formulação sólida para diluição em água. A suspensão formada é instável, com necessidade de agitação, o que acarreta maior desgaste de componentes da máquina aplicadora;
- **pó solúvel:** formulação sólida para diluição em água, resulta numa solução verdadeira (dissolução completa);
- **concentrado emulsionável:** formulação líquida para diluição em água, onde o ingrediente ativo é dissolvido num solvente, formando uma solução imiscível em água, mas com adição de emulsificantes, obtém-se uma emulsão com boa estabilidade;
- **solução aquosa:** o ingrediente ativo é solúvel, geralmente na forma de um sal, devendo ser dissolvido em água até quase a saturação, resultando numa solução verdadeira;
- **suspensão concentrada:** baseia-se no pó molhável, que é suspenso em pequena quantidade de água, resultando assim numa suspensão mais estável;
- **grânulos dispersíveis em água:** grânulos para diluição direta em água, o que resulta numa solução verdadeira.

Quantidade e tamanho de gotas

O resultado prático da aplicação é expresso pela quantidade de gotas depositadas sobre o alvo primário. Para um mesmo volume de aplicação, quanto menor for o tamanho das gotas, melhor será a cobertura do alvo. No entanto, quanto menor for a gota, maior é a possibilidade de perdas por evaporação e deriva. O tamanho ideal das gotas e a densidade de cobertura na aplicação, expresso pelo número gotas/cm², variam de acordo com o alvo e as características do produto.

No caso do controle de plantas daninhas, para a aplicação de herbicidas em pré-emergência, mesmo sobre a palhada, são necessárias gotas maiores de 300 μm , na densidade de 20 a 30 gotas/cm². Para aplicação de herbicidas em pós-emergência com ação de contato, são necessárias gotas entre 150 μm e 300 μm , na densidade de 30 a 50 gotas/cm². Para herbicidas aplicados em pós-emergência com ação sistêmica, são necessárias gotas maiores de 200 μm na densidade de 20 a 30 gotas/cm².

No caso de doenças da soja, como a ferrugem-asiática, o ideal seria a obtenção de 30 a 50 gotas/cm². A aplicação de volumes de calda entre

150 L/ha e 200 L/ha mostra uma tendência de melhor cobertura, conforme relataram Koger et al. (2006) e Wolf (2006). Isso não significa que a aplicação com volumes menores não possa resultar em bom controle, pois outros trabalhos, como Antuniassi et al. (2005), mostraram controle eficiente com volumes abaixo de 150 L/ha. Vale lembrar que, quanto menor for o volume de calda utilizado, maiores devem ser os cuidados gerais com a aplicação. Esses resultados para o controle de doenças são semelhantes ao do controle geral do complexo de pragas da cultura da soja.

Pontas

Grosseiramente, pode-se dividir o pulverizador em três sistemas principais: depósito, bombeamento e pontas. É comum, entre técnicos e principalmente entre os agricultores, dar maior importância para os sistemas de depósito e bombeamento, que são os principais responsáveis pela potência e pela capacidade de trabalho do equipamento, em detrimento ao sistema de pontas, que é o responsável pela qualidade da aplicação. São as pontas, mais conhecidas por bicos, que produzem as gotas para a cobertura dos alvos selecionados na aplicação.

Cada tipo de ponta tem as suas características em relação à pressão de trabalho, ao tipo de jato formado, ao tamanho e à uniformidade de gotas e ao volume de calda a ser pulverizado, que são fatores essenciais na escolha da ponta de pulverização. Como os primeiros herbicidas foram desenvolvidos para aplicação no solo, que é uma superfície plana, generalizou-se afirmar que os herbicidas devem ser aplicados com pontas tipo leque, que produzem um jato plano. Assim como para os inseticidas e fungicidas, que são aplicados essencialmente direto nas plantas, um alvo “não-plano”, generalizou-se afirmar que esses produtos devem ser aplicados por pontas tipo cone. No entanto, dependendo da situação de aplicação e das condições do alvo, pode-se utilizar qualquer um dos tipos de ponta, para qualquer tipo de agrotóxico. Como exemplo, pode ser citado que o desenvolvimento de novas pontas na forma de leque tem proporcionado um jato com bom potencial de penetração em folhas, podendo, portanto, serem utilizados em aplicações de herbicidas em pós-emergência, assim como de inseticidas e fungicidas.

A durabilidade das pontas está relacionada diretamente ao material utilizado na sua fabricação. Os principais materiais, em escala decrescente de dureza, são: cerâmica, aço inoxidável endurecido, aço inoxidável, polímero e latão. A durabilidade da ponta depende de vários fatores: manuseio do equipamento, principalmente pela limpeza e pelo sistema de filtragem; formulação do produto aplicado, pois partículas em suspensão na calda desgastam mais as pontas e qualidade da água. Quando as pontas apresentarem uma variação, da vazão original superior a 10%, elas devem ser trocadas.

As principais pontas disponíveis no mercado brasileiro permitem uma divisão teórica em três grandes grupos, de acordo com o tamanho médio das gotas produzidas:

- gotas pequenas (até 150 μm): proporcionam ótima uniformidade de cobertura, mas são mais suscetíveis à deriva;
- gotas médias (150 μm a 300 μm): proporcionam boa uniformidade de cobertura e média suscetibilidade à deriva;
- gotas grandes (maiores que 300 μm): oferecem de baixa a média cobertura de gotas, grande eficiência no controle da deriva e suportam maiores pressões de trabalho.

A alteração da pressão de trabalho influencia diretamente o tamanho da gota. Se a pressão for diminuída, aumenta-se o tamanho das gotas, mas se for aumentada, diminui-se o tamanho das gotas. Por isso, uma ponta que foi concebida para gerar um determinado tamanho de gotas pode produzir gotas maiores ou menores, se houver alteração na pressão de trabalho. Portanto, a escolha do tipo de ponta depende da aplicação desejada e do produto selecionado, pois tal qual o agrotóxico, cada ponta possui especificação própria, que deve ser levada em consideração no planejamento da aplicação.

Fatores climáticos

Os fatores climáticos estão entre os que mais influenciam na eficiência de aplicação. Dentre esses, os mais importantes são:

- **Temperatura:** a principal interferência que a temperatura elevada causa é o aumento do potencial de evaporação das gotas de pulverização. Normal-

mente, a velocidade de evaporação de uma gota de água é duplicada, se a temperatura aumenta de 10 °C para 20 °C ou de 20 °C para 30 °C, que seria o limite para se realizar a aplicação. Além disso, temperaturas acima de 30 °C podem induzir as plantas a estresses, dificultando a absorção e a translocação dos agrotóxicos. Por outro lado, aplicações realizadas com temperaturas menores que 10 °C podem também prejudicar a absorção e a translocação do agrotóxico, seja pelas características específicas do produto, seja pela mudança no metabolismo das plantas ou ainda pela integração desses fatores.

- **Umidade relativa do ar:** a interferência da umidade do ar na aplicação é basicamente a mesma que ocorre com a temperatura. Quanto menor a umidade, maior o potencial para se perder as gotas por evaporação. Por exemplo, se a umidade estiver em 70% e diminuir para apenas 45%, a velocidade de evaporação é dobrada. A menor umidade do ar também provoca menores absorção e translocação dos produtos aplicados. A situação ideal é quando a umidade relativa do ar está acima de 60%, o que propicia uma boa aplicação.
- **Vento:** os ventos locais são aqueles cuja intensidade e direção variam com o relevo e a época do ano e são os mais importantes para as pulverizações agrícolas. O movimento do ar varia com a altitude da área, tornando-se mais turbulento próximo à superfície e, quanto mais acidentado for terreno, maior será a turbulência. A condição ideal de vento para aplicação é entre 3 km/h a 8 km/h, que na prática significa sentir uma leve brisa no rosto ou quando se verifica uma pequena movimentação nas folhas das culturas. Ventos superiores a 8 km/h favorecem demasiadamente a deriva das gotas de pulverização e ventos abaixo de 3 km/h fazem com que as gotas de pulverização, principalmente as gotas finas, fiquem suspensas no ar e não consigam atingir o alvo desejado.

Na prática, temperatura, umidade relativa do ar e vento interferem conjuntamente durante as aplicações, por isso é muito importante o conhecimento da relação desses três fatores em regiões produtoras homogêneas.

Existem outros fatores climáticos que interferem na aplicação:

- **Chuva:** todo agrotóxico demora um determinado período para ser absorvido, conhecer esse período é importante para se determinar e respeitar o

intervalo mínimo ideal entre a aplicação e a ocorrência de uma chuva. Em aplicações foliares, se a chuva ocorrer antes que aconteça a absorção total do produto, o mesmo pode escorrer e ser perdido no solo. Em aplicações de solo, principalmente com chuvas de maior intensidade, pode acontecer o fenômeno da lixiviação, isto é, o produto descer no perfil do solo e sair da zona de absorção.

- **Orvalho:** é o fenômeno caracterizado pela formação de gotículas de água, com a diminuição da temperatura noturna. Se o alvo da aplicação for uma cultura ou planta daninha, a presença dessas gotículas de água nas folhas pode resultar na diluição do produto, ou até mesmo o escorrimento do mesmo, acarretando em diminuição na eficiência da aplicação. Aplicações realizadas em regiões de clima mais ameno são mais sensíveis a problemas com orvalho.
- **Luminosidade:** é uma condição inerente ao agrotóxico utilizado. Alguns produtos são sensíveis a fotodecomposição, isto é, são degradados pela ação dos raios solares. Entretanto, outros produtos necessitam de luz solar direta para serem absorvidos. O conhecimento dessas características específicas é fundamental para a realização do planejamento da aplicação, como, por exemplo a oportunidade de maximizar o tempo e aproveitar as melhores condições climáticas encontradas nas aplicações noturnas.

O desenvolvimento das plantas está intimamente relacionado ao clima. Condições climáticas adversas, como a estiagem ou o excesso de chuvas, ocasionam estresses nas plantas cultivadas ou mesmo nas espontâneas. As aplicações sob essas condições também devem ser evitadas, pois podem ocorrer problemas na absorção, na translocação e na ação geral do agrotóxico.

De maneira geral, as situações climáticas adversas ocorrem a partir da metade da manhã até o início do período noturno, sendo, portanto, o pior período para aplicação de agrotóxicos.

Durante o dia, os raios solares aquecem o solo e, como a temperatura do ar diminui com o aumento da altitude, o ar mais quente, aquele que está próximo da superfície do solo, realiza um movimento ascendente que é denominado de inversão térmica. Esse fenômeno, associado à uti-

lização de gotas finas e à ausência de vento na aplicação, pode impedir que as gotas atinjam o alvo, formando uma neblina em suspensão, que pode ser deslocada para fora da área de aplicação, acarretando, portanto, a deriva.

Deriva

A deriva é caracterizada como a deposição do agrotóxico fora do alvo de aplicação. Pode ocorrer dentro da área objeto da aplicação, que é denominada de endoderiva; ou fora da área de aplicação, denominada de exoderiva, que nesse caso, além de diminuir a eficiência da aplicação, pode causar danos ambientais às áreas vizinhas.

Existem basicamente dois tipos de exoderiva:

- De vapor: mais relacionado ao agrotóxico aplicado, que sofre o processo de volatilização, isto é, evapora, e posteriormente suas partículas em suspensão são levadas para outras áreas pela ação do vento;
- Aerotransportada: quando o produto é levado para fora da área durante a aplicação, principalmente pela ação direta do vento. Esse tipo de deriva é o de ocorrência mais comum e está diretamente relacionada ao sistema empregado na aplicação, ao tamanho de gotas produzidas e as condições climáticas existentes, principalmente a velocidade do vento.

Como a deriva provoca a ineficiência da aplicação e pode acarretar problemas ambientais, é fundamental que se busque maneiras de evitá-la. Algumas sugestões para diminuir a deriva nas aplicações são:

- Utilizar gotas grandes, preferencialmente maiores que $350 \mu\text{m}$. A principal maneira de se obter esse tamanho de gota é utilizando um bico específico para tal, também chamado de antideriva.
- Quanto maior a pressão de trabalho maior a possibilidade de formação de gotas pequenas e, portanto maior o risco de deriva, por isso é aconselhável se trabalhar com pressão máxima de 300 kPa.
- Não realizar aplicações com ventos superiores a 8 km/h, com os bicos convencionais, e acima de 10 km/h, com os bicos antideriva. Aplicar, de preferência, no sentido contrário ao do vento. Também evitar aplicar nas situações em que possa acontecer a inversão térmica.

- Quanto menor a altura da barra de pulverização em relação ao alvo de deposição do produto menor será o risco de deriva. Por isso deve-se utilizar a altura mínima da barra, que normalmente é a mesma do espaçamento entre os bicos, isto é, se o espaçamento entre os bicos é de 50 cm, a altura mínima da barra também deverá ser de 50 cm.
- Outra possibilidade para se diminuir a deriva, principalmente para situações de ventos superiores a 10 km/h ou quando se pulveriza com gotas pequenas, seria utilizar a assistência de ar na barra de pulverização, já disponível em alguns modelos de pulverizadores.

Agricultura de precisão

Recentemente, outra tática que vem sendo incorporada à tecnologia de aplicação de agrotóxicos é o uso da agricultura de precisão, que é definida como sendo “um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado de culturas” ou “tecnologia de aplicação variável de insumos no manejo das culturas agrícolas” (Voll, 2000).

A utilização da agricultura de precisão na aplicação de agrotóxicos está dividida em duas etapas. Primeiramente realiza-se o mapeamento geoposicionado da infestação da área a ser tratada, cujos principais métodos de levantamento propostos por Colliver et al. (1996) são o sensoriamento remoto por imagem digital, baseado na densidade de plantas; o sensoriamento remoto por análise de refletância, realizado antes da colheita e o levantamento manual por GPS, realizado junto com a colheita.

A segunda etapa diz respeito à aplicação localizada de herbicidas, onde o mapa de infestação é utilizado para a elaboração de um mapa de tratamento, com a especificação dos produtos e doses a serem aplicados em cada ponto da área. Para esse sistema de aplicação, quanto menor o tamanho das secções da barra de pulverização maior a qualidade da aplicação (Gerhards et al., 1999).

Outro sistema de aplicação localizada que vem sendo estudado, no caso de herbicidas, é o da detecção da infestação das plantas daninhas e aplicação em tempo real, cuja principal dificuldade para implementação é conseguir uma boa diferenciação entre as plantas daninhas e a cultura.

Atualmente, a aplicação em tempo real é mais viável para a operação de dessecação, pois, como não é uma aplicação seletiva, não necessita da diferenciação das plantas para a realização do tratamento.

Mistura em Tanque

Em 11 de outubro de 2018, um acordo de cooperação técnica firmado entre o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) e o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA) estabeleceu, por meio da Instrução Normativa nº 40 (IN 40/2018) do Mapa, regras complementares à emissão da receita agrônômica prevista no Decreto nº 4.074 de 04 de janeiro de 2002. Esse acordo confere competência e responsabilidade ao Engenheiro-agrônomo para recomendar as misturas. O Brasil é um país tropical com muitos problemas fitossanitários. É comum a ocorrência de plantas daninhas, doenças e insetos, ao mesmo tempo, em uma mesma área e nenhum produto registrado têm a capacidade de controlar todos os problemas de uma só vez. Por essa razão a mistura de diferentes produtos em um tanque de pulverização tornou-se uma prática muito utilizada, não só aqui, como em todo o mundo. Mas, se por um lado as misturas podem trazer vantagens, por outro podem também trazer problemas que interferem negativamente nas aplicações. Como vantagens pode-se citar a maior eficiência de trabalho e a agilidade nas operações, a economia de tempo, de mão de obra, de água, de óleo diesel, a facilidade de manejo da cultura, do manejo e da prevenção de resistência e a diminuição da compactação do solo. Por outro lado, a mistura pode causar problemas, como: dificuldade de dissolução dos produtos, aumento da fitotoxicidade, excesso de formação de espuma, entupimento de bicos, decantação, incompatibilidades física e química, floculação, formação de grânulos ou pastas, aderência de produtos nas paredes de filtros e mangueiras de todo o circuito hidráulico do pulverizador. É importante ressaltar que os agrotóxicos possuem diferentes componentes na sua formulação os quais podem interferir na formulação de outro produto, criando diversos tipos de problema, inclusive a redução de controle. Assim, sugere-se que antes da realização de qualquer mistura no tanque de pulverização seja feito o teste da jarra, que é a mistura em um recipiente em escala menor, com volumes pe-

quenos. Muitas vezes a sequência de colocação dos produtos pode criar problemas de incompatibilidade. Outros fatores como a quantidade de água utilizada, o pH e a falta de agitação também podem influenciar o resultado das misturas. Acredita-se que a IN 40/2018 permitirá que as informações técnicas cheguem aos usuários resultando em benefícios agrônômicos com redução de riscos nas áreas da saúde e ambiental. Com as novas regras, atribui-se muito mais responsabilidade aos técnicos e conseqüentemente aumenta a necessidade de capacitação dos profissionais que prescrevem as receitas.

Considerações finais

É oportuno reforçar que equipamentos de proteção individual e tríplice lavagem das embalagens de agrotóxicos são indispensáveis em qualquer operação de aplicação. A tecnologia de aplicação deve evoluir no sentido de promover a maximização da eficiência de controle, com resultados físicos e, conseqüentemente, biológicos satisfatórios, máximo rendimento econômico e sem causar danos ao homem e ao ambiente.

Referências

- ANTUNIASSI, U. R.; BONELLI, A. P. O.; CAMARGO, T. V.; SIQUERI, F. V. Desempenho de sistemas de aplicação terrestre para o controle da ferrugem da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 217-218. (Embrapa Soja. Documentos, 257).
- COLLIVER, C. T.; MAXWELL, B. D.; TYLER, D. A.; ROBERTS, D. W.; LONG, D. S. Georeferencing wild oat infestations in small grains: accuracy and efficiency of three weed survey techniques. In: PRECISION AGRICULTURE, 1., 1996, Madison. **Abstracts...** Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1996. p. 453-463.
- GERHARDS, R.; SOKEFELD, C.; TIMMERMANN, S.; REICHART, S; KUHBAUCH, W. Results of a four-year study on site-specific herbicide application. In: STAFFORD, J. V. (Ed.). **Precision Agriculture'99**. Oxford: BIOS Sci. Publishers Ltd., 1999. p. 689-697.

KOGER, C. H.; POSTON, D.; WALKER, E. Fungicide spray coverage: effects of soybean row spacing, spray volume and nozzle type. In: NATIONAL SOYBEAN RUST SYMPOSIUM, 2006, Saint Louis. **Proceedings...** [S.l.]: APS, 2006. Disponível em: <<https://www.plantmanagementnetwork.org/infocenter/topic/soybeanrust/2006/>>. Acesso em: 10 abr. 2016.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

VOLL, E. Agricultura de precisão: manejo de plantas daninhas. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M. P. del; QUEIROZ, D. M. de; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALLE, F. X. R. do; GOMIDE, R. L. (Ed.). **Agricultura de precisão**. Viçosa: UFV, 2000. p. 203-235.

WOLF, R. E. Nozzle type considerations for improved soybean canopy penetration. In: NATIONAL SOYBEAN RUST SYMPOSIUM, 2006, Saint Louis. **Proceedings...** [S.l.]: APS, 2006. Disponível em: <<https://www.plantmanagementnetwork.org/infocenter/topic/soybeanrust/2006/>>. Acesso em: 10 abr. 2016.