

13

Tecnologia  
de Aplicação  
de Agrotóxicos

*Aldemir Chaim*  
*Vera Lúcia Scherholz S. de Castro*

**S**empre houve competição por alimento entre os outros seres vivos e o homem, que procurou usar sua inteligência para obter um balanço favorável nessa luta. Uma de suas armas foi a utilização de produtos para controlar as pragas, as doenças e as ervas-daninhas, com o objetivo de aumentar a produção de alimentos. Bohmont (1981) apresenta um resumo histórico do aparecimento dos agrotóxicos. Segundo esse autor, os romanos antigos já usavam a fumaça proveniente da queima de enxofre para controlar pulgões que atacavam as plantações de trigo. Também, sabe-se que usavam sal para controlar ervas-daninhas.

Nos primórdios do século 19, os chineses já utilizavam arsênico misturado à água para controlar insetos. Descobriu-se, no início desse século, que produtos derivados de plantas como a rotenona e a piretrina controlavam diferentes tipos de insetos. O verde-paris, uma mistura de arsênico e cobre, descoberto em 1865, foi muito utilizado, desde então, no controle do besouro-da-batata-do-colorado. Em 1882, descobriu-se que uma mistura de sulfato de cobre e cal, denominada mistura *bordeaux*, era um excelente fungicida para o controle do míldio-da-videira (*Plasmopara viticola* Berk & Curtis e Berl & Detoni). Essa mistura continua sendo utilizada, até hoje, com grande sucesso, no controle de doenças em várias culturas. Em 1890, um pó contendo mercúrio começou a ser utilizado para o tratamento de sementes e, em 1915, foi desenvolvida uma formulação líquida para ser utilizada no controle de doenças fúngicas e no tratamento de sementes.

Os primeiros herbicidas surgiram por volta de 1900, mas o grande avanço no desenvolvimento dos agrotóxicos, de maneira geral, aconteceu por volta de 1940, com a redescoberta do DDT e dos organoclorados.

Akenson & Yates (1979) dividem o desenvolvimento do controle de pragas em três períodos. O primeiro refere-se à época anterior a 1867, quando se utilizavam produtos odoríficos ou irritantes, tais como excrementos e cinzas, mas, também, começava-se a utilizar enxofre, rotenona, piretro, nicotina, óleos animais ou de petróleo. O segundo, compreendido entre 1867 e 1939, corresponde ao período da descoberta e refinamento da mistura *bordeaux* e de outras formulações cúpricas. Exatamente durante esse período, começou o desenvolvimento mais significativo nos equipamentos de aplicação desses produtos. O terceiro período iniciou-se a partir de 1939, com a era dos organossintéticos.

Segundo aqueles autores (Akenson & Yates, 1979), cada um desses períodos foi acompanhado por seus métodos específicos de aplicação.

Antes de 1868, as plantas eram esfregadas ou lavadas com panos ou escovas embebidos com a mistura tóxica. Também, utilizavam-se determinados tipos de regadores para aumentar a velocidade de aplicação e a uniformidade da distribuição do produto nas culturas. Nesse período, começaram a ser utilizados espanadores ou vassouras para arremessar líquidos sobre as plantas, num processo que atualmente é denominado de “benzedura”. Foram desenvolvidos alguns equipamentos dotados de tanques sobre rodas, bombas manuais de recalque e alguns tipos de “espanadores” especiais para essas máquinas. Também, começaram a ser utilizadas seringas para esguichar líquido sobre as plantas. Essas seringas foram aperfeiçoadas, com a colocação de uma válvula que permitia o bombeamento intermitente do líquido.

O grande surto de desenvolvimento nos equipamentos de aplicação surgiu no segundo período, entre 1867 e 1900. Isso ocorreu, em parte, devido ao interesse dos agricultores em aumentar as produções e melhorar a qualidade dos produtos e, também, em consequência da revolução industrial, que promoveu um grande êxodo rural e uma maior concentração de pessoas nas áreas urbanas, aumentando a demanda de produtos agrícolas, mas diminuindo a disponibilidade de mão-de-obra para trabalhar no campo. Isso forçou o desenvolvimento de novas tecnologias para aumentar a produção, principalmente as que permitiram que poucos indivíduos cultivassem áreas extensas, favorecendo, portanto, a prática da monocultura.

As práticas de monocultura, em algumas regiões, facilitaram o aparecimento de pragas e doenças. Os problemas fitossanitários mais sérios dessa época foram o míldio, doença fúngica que dizimou plantações de videira na Europa; a invasão do besouro-da-batata nos Estados Unidos; e a requeima-da-batatinha na Inglaterra e na Irlanda. Segundo Carvalho (1978), a requeima-da-batatinha praticamente dizimou a cultura da batata e isso trouxe, como consequência, graves problemas sociais e econômicos, inclusive a morte por fome e pobreza de, aproximadamente, 500 mil pessoas, além da migração para outros países de, aproximadamente, um milhão de indivíduos.

Todos esses fatos contribuíram para acelerar o processo de modernização da agricultura e, durante o período entre 1867 e 1939, houve

uma grande melhoria na qualidade dos projetos das bombas e, assim, a energia na forma de pressão pôde ser utilizada nos bicos de pulverização, para aplicação de agrotóxicos. Da mesma forma, a eficiência na produção de gotas acompanhou a evolução dos projetos dos bicos de pulverização. No início, um simples tubo fino ou um orifício produzia um jato fino de líquido que, com a fricção e a resistência do ar, promovia a formação de grandes gotas. Mas o processo evoluiu e, de acordo com Akenson & Yates (1979), em 1896, já eram descritas três categorias de bicos utilizados na agricultura: 1) bicos com orifícios em forma elíptica ou retangular, que emitiam jatos em forma de leque; 2) bicos com obstruções colocadas imediatamente à frente do orifício de saída do líquido, que também produziam jatos em forma de leque (bicos de impacto); e 3) bicos que promoviam a rotação do líquido imediatamente antes de sua emergência pelo orifício de saída, produzindo um jato com formato cônico e vazio (não eram produzidas gotas no interior do cone). Esses bicos são os mais utilizados até hoje na aplicação de agrotóxicos, mas, de 1896 até hoje, houve uma evolução fantástica nos processos de síntese química, com o aparecimento de milhares de novos produtos.

A eficácia do controle dos problemas fitossanitários aumentou sensivelmente e, atualmente, existem produtos tão poderosos que são necessários menos de 10 g de ingrediente ativo para controlar com sucesso determinadas pragas. A eficácia do controle é obtida graças ao poderoso efeito tóxico dessas novas moléculas, o qual compensa a pobre e deficiente deposição obtida com as pulverizações. De certa forma, o método de aplicação empregado atualmente é o mesmo que se empregava no final do século passado, e objetiva estabelecer uma barreira tóxica na superfície do alvo, para impedir o ataque de pragas e doenças.

No caso das plantas, a intenção é molhar totalmente a sua superfície, de maneira que sobre ela se forme uma película de material tóxico. Para que esse molhamento seja obtido, são gastos grandes volumes de calda, que escorre e atinge o solo. A conseqüência disso é que, apesar de a eficácia dos produtos ser elevada, a eficiência da aplicação dos agrotóxicos atualmente é muito baixa, pois, em alguns casos, mais de 99,98% dos princípios ativos aplicados são desperdiçados (Graham-Bryce, 1977).

Existe uma tendência de se reduzir o volume de calda utilizado e, para isso, é necessário o emprego de gotas com tamanhos adequados. Excetuando-se poucos casos, o controle não tem sido tão eficiente como o conseguido com a pulverização de grandes volumes (Matthews, 1982).

## Fatores que afetam a eficiência da aplicação

As perdas que ocorrem durante as aplicações de agrotóxicos são devidas a um conjunto de causas. Nas pulverizações com altos volumes, muitas gotas caem entre as folhagens das plantas, especialmente nos espaços entre as linhas da cultura e entre as plantas, atingindo o solo. Uma grande quantidade de gotas atinge as folhas, coalescendo-se e formando gotas maiores, que não conseguem mais ficar retidas, escorrendo para as partes inferiores das plantas e caindo finalmente no solo (Coursee, 1960). A pulverização efetuada com a intenção de molhar totalmente as plantas é muito praticada atualmente, apesar de ter sido “inventada” no século passado. Na prática, o que acontece nesse tipo de aplicação é que, uma vez que se inicia o escorrimento, a retenção dos produtos químicos pelas folhas é menor do que se a pulverização fosse interrompida exatamente antes do início do escorrimento. Esse ponto dificilmente é conseguido. A quantidade de produto químico retida nas folhas é proporcional à concentração da calda e independe do volume aplicado. Se o objetivo for reduzir o volume de aplicação, exigir-se-á produção e distribuição adequadas de gotas e, neste caso, as perdas por evaporação e deriva podem ser acentuadas.

Atualmente, as recomendações contidas nos rótulos das embalagens dos agrotóxicos deixam a seleção do volume de aplicação a critério do aplicador. Algumas recomendações dão opções que variam de 200 a mais de 1.000 litros de calda por hectare. Na prática, o usuário utiliza um mesmo volume para uma grande variedade de pragas e para os vários estádios de crescimento da cultura. Quando as plantas ainda estão pequenas, o volume aplicado pode ser excessivo e, entretanto, quando elas já estão desenvolvidas, o volume pode ser insuficiente para fornecer uma boa cobertura da cultura (Matthews, 1982).

O volume de aplicação depende do tipo de tratamento que se deseja executar, mas apresenta uma forte relação com o tamanho das

gotas produzidas pelos bicos, os quais determinam a distribuição do agrotóxico no alvo. Pouca atenção tem sido dada ao tamanho das gotas e uma grande variedade de bicos tem sido utilizada ao longo dos anos. A maioria dos bicos produz um espectro de gotas de tamanhos variados e, em muitos casos, as gotas grandes impactam-se contra as folhas mais externas das plantas e não conseguem penetrar e se depositar nas superfícies escondidas do vegetal. Essa deposição externa pode ocorrer com tal intensidade que acaba provocando o escorrimento do produto para o solo, produzindo o que é denominado endoderiva. Ademais, as gotas pequenas, que são mais adequadas à penetração entre as folhas da planta, podem ser levadas pelo vento para fora da área tratada, provocando a exoderiva. Gotas pequenas são, além disso, mais sensíveis à evaporação.

O tamanho de gota ótimo é aquele que promove o máximo de deposição de produto no alvo, com um mínimo de contaminação do meio ambiente (Himel, 1969; Himel & Moore, 1969). A não utilização de gotas de tamanhos adequados tem proporcionado perdas. Em alguns casos, mais de um terço dos produtos aplicados pode estar sendo perdido para o solo por meio da endoderiva. Outra parte significativa, constituída pelas gotas pequenas, pode estar sendo levada pelo vento para fora da área tratada, na exoderiva (Himel, 1974).

A contaminação do solo tem provocado grandes variações nas populações de organismos não-alvos, principalmente aqueles que degradam a matéria orgânica e melhoram a fertilidade. Muitas vezes, essas perdas são responsáveis por desequilíbrios favoráveis ao aparecimento de novas pragas e doenças. Um solo contaminado pode ser levado pelas águas da chuva para rios, açudes e lagos, colocando em risco não só as populações que vivem nesses sistemas, mas também os que utilizam essa água para sua sobrevivência, como os animais e o próprio homem.

Para compensar as perdas que ocorrem durante as aplicações, as dosagens aplicadas são extremamente superestimadas. Brown (1951), por exemplo, já afirmava que para matar determinado inseto era necessário apenas 0,0003 mg de determinado produto; para controlar uma população de um milhão de indivíduos (população que promovia dano econômico à cultura), seriam necessários apenas 30 mg do mesmo produto. Apesar disso, nas aplicações efetuadas no campo eram utilizadas mais de 3 mil vezes a dose necessária, para se obter um controle adequado.



## Volume de aplicação

Volumes alto, médio, baixo, muito baixo e ultrabaixo são termos utilizados para descrever a quantidade de líquido utilizada para aplicar um agrotóxico. Esses termos têm adquirido diferentes valores, dependendo do porte da cultura.

Existe uma tendência de se reduzir o volume de aplicação, não só para aumentar o rendimento operacional das máquinas de aplicação, mas também para reduzir o consumo de água. A redução do volume de aplicação pode ser feita até determinado limite. Esse limite tem sido definido como ultrabaixo volume e é a quantidade mínima de calda por unidade de área capaz de produzir um controle econômico. Esse volume depende da natureza e do tamanho do alvo (Matthews, 1982).

Na Tabela 1, são apresentadas as diferentes classes de volume de aplicação para diferentes tipos de alvos.

**Tabela 1.** Classificação dos volumes de aplicação, considerando diferentes tipos de alvos (em litros por hectare).

Volume de aplicação	Culturas rasteiras	Árvores e arbustos
Alto	>600	>1.000
Médio	200-600	500-1.000
Baixo 50-200	200-500	Muito baixo
5-5050-200	Ultrabaixo	<50

Fonte: Matthews (1982).

## Gotas produzidas durante a pulverização

São necessários poucos gramas de ingrediente ativo para se controlar os problemas fitossanitários em determinada área. Na maioria dos casos, os ingredientes ativos não apresentam as características físicas necessárias para serem aplicados, diretamente, com os equipamentos comerciais. Assim, esses ingredientes ativos recebem a adição de uma

série de adjuvantes, estabelecendo-se uma “formulação”. Numa questão puramente física e matemática, dispõe-se de um pequeno volume para ser espalhado em uma grande área. A grande maioria das formulações é desenvolvida para ser diluída novamente em água. Mesmo com a diluição em água, o volume final ainda é insuficiente, para que o produto químico entre em contato com toda a área de superfície do alvo. É necessário, portanto, aumentar a superfície do líquido, para que ele possa ser espalhado, uniformemente, na área alvo. A única maneira de se aumentar a superfície do líquido, para que ele possa ser distribuído uniformemente numa grande área, é através da sua divisão em partículas líquidas denominadas gotas.

O número de gotas possíveis para determinado volume de líquido é inversamente proporcional ao seu diâmetro, elevado ao cubo. De acordo com Matthews (1982), o número médio de gotas que caem por centímetro quadrado em uma superfície plana pode ser calculado por:

$$n=60/\pi.(100/d)^3.Q$$

onde:

n=número médio de gotas que caem por cm<sup>2</sup>;

d=diâmetro da gota em μm; e

Q=litros por hectare.

Assim, a densidade teórica de gotas do mesmo tamanho obtidas quando se pulveriza um litro por hectare, assumindo que a superfície é plana, é dada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Densidade teórica de gotas quando se pulveriza um litro por hectare.

Diâmetro das gotas (μm) <sup>(1)</sup>	Número de gotas por cm <sup>2</sup>
10	19.999
20	2.387
50	153
100	19
200	2,4
400	0,298
1.000	0,019

<sup>(1)</sup> μm = micrometro (1 mm contém 1.000 μm).



As pulverizações produzem grande número de gotas, isto é, esferas muito pequenas de líquido, tendo a maioria menos do que 0,5 mm de diâmetro. O tamanho das gotas é muito importante quando se reduz o volume de aplicação. As nuvens de gotas geradas pelos bicos de pulverização são classificadas de acordo com o diâmetro das partículas (Tabela 3).

**Tabela 3.** Classificação das nuvens de gotas de acordo com o tamanho das partículas.

Diâmetro mediano volumétrico ( $\mu\text{m}$ )	Classificação
<50	Aerossol
51-100	Neblina
101-200	Pulverização fina
201-400	Pulverização média
>400	Pulverização grossa

Fonte: Matthews (1982).

As pulverizações em aerossol são empregadas, principalmente, no controle de insetos voadores, como mosquitos e pernilongos. Uma faixa de tamanho das gotas aerossóis, compreendida entre 30 e 50  $\mu\text{m}$ , bem como aquelas na faixa de neblina, são ideais para aplicações em folhagens, com volumes de calda muito baixos ou ultrabaixos. Quando a deriva precisa ser evitada, a pulverização média ou grossa deve ser utilizada, independentemente do volume aplicado.

O parâmetro mais comumente utilizado para expressar o tamanho das gotas é o diâmetro mediano volumétrico (vmd). Nesse caso, soma-se o volume de todas as gotas de uma amostra representativa, e o vmd é o diâmetro da gota que divide a amostra em duas partes iguais, de maneira que metade do volume é composto por gotas menores que o vmd e a outra metade por gotas maiores. Nesse caso, umas poucas gotas grandes podem ser responsáveis por uma grande proporção do volume total da amostra e isso aumenta o valor do vmd, que sozinho não serve para indicar a variação do tamanho das gotas. Assim, outro parâmetro, o

diâmetro mediano numérico (nmd), divide a amostra de gotas em duas partes iguais pelo número, sem referência aos seus volumes, de maneira que metade do número de gotas é menor que o nmd e a outra metade é maior. Esse parâmetro enfatiza as gotas menores, as quais quase sempre estão em maior proporção numa amostra. Pelo fato de o vmd e o nmd serem afetados por proporções de gotas grandes e pequenas, respectivamente, a relação entre os dois parâmetros é utilizada para expressar o grau de uniformidade dos tamanhos. Assim, quanto mais a relação vmd/nmd estiver próxima de 1, mais uniforme é o tamanho das gotas, ou seja, mais estreita é a faixa de tamanho das gotas.

## Relação entre o tamanho das gotas e o alvo de aplicação

Existe uma diversidade muito grande de alvos para as aplicações de agrotóxicos. Como os agrotóxicos são biologicamente muito ativos, a eficiência da aplicação pode ser melhorada se for selecionado um tamanho ótimo de gota, para aumentar a quantidade de produto que atinge e adere ao alvo. É necessária muita pesquisa para definir o tamanho ótimo de gota para cada tipo de alvo, entretanto, Matthews (1982) apresenta uma tabela com algumas generalizações (Tabela 4).

A seleção do tamanho das gotas deve ser bastante criteriosa. Imaginando-se, por exemplo, que uma gota de 50  $\mu\text{m}$  possui a dose letal de determinado inseticida para um dado inseto, uma gota de 200  $\mu\text{m}$  teria

**Tabela 4.** Tamanho ótimo de gotas para alguns tipos de alvo.

Alvo	Tamanho das gotas (mm)
Insetos em vôo	10-50
Insetos em folhagem	30-50
Folhagens	10-100
Solos (e para reduzir deriva)	250-500

uma dose 64 vezes maior. E mais, se as duas gotas fossem perdidas, a gota maior desperdiçaria 64 vezes mais produto que a gota menor.

## Coleta das gotas pelos alvos

As gotas são coletadas na superfície dos insetos ou das plantas por sedimentação ou impacto, sendo este último mais importante para gotas aerossóis ( $<50 \mu\text{m}$ ). A deposição por impacto é proporcionada por uma interação complexa entre tamanho e velocidade das gotas e tamanho do alvo. Em geral, a eficiência da coleta aumenta, proporcionalmente, com o aumento da velocidade relativa e com o tamanho da gota, e diminui à medida que o alvo aumenta de tamanho. Uma gota de  $10 \mu\text{m}$ , submetida à ação de um fluxo de ar constante, conseguiria se desviar de uma laranja colocada na sua trajetória; entretanto, provavelmente, não conseguiria se desviar de um fino fio de cabelo.

O impacto das gotas sobre as folhas depende muito da posição das folhas em relação à trajetória das gotas. Grande parte das gotas são coletadas pelas folhas que estão balançando pela ação da turbulência do ar. Entretanto, se a velocidade do vento for muito grande, e isso ocorre em muitos casos, em pulverizações com equipamentos que produzem correntes de ar em alta velocidade, a folha pode assumir uma posição paralela ao jato de ar, de forma que apresenta uma área mínima para interceptar as gotas.

Algumas plantas têm a posição de suas folhas afetadas pelo fototropismo. Nelas, a face superior da folha fica voltada em direção ao sol. Isso ocorre com o algodão, por exemplo, e este fenômeno pode ser aproveitado para facilitar a deposição de gotas na face inferior das folhas onde, no caso particular dessa cultura, ficam escondidos os ácaros.

A superfície dos alvos pode afetar sensivelmente a deposição, como no caso das superfícies pilosas ou cerosas, que não conseguem reter as gotas. Nesse caso, é necessário adicionar-se algum produto que reduza a tensão superficial da calda de pulverização para melhorar o molhamento ou espalhamento e a adesão das gotas.

## Densidade da deposição

Quando se pratica a pulverização com grandes volumes de calda, objetiva-se promover uma cobertura completa das plantas, o que nem sempre é conseguido. Para se reduzir o volume de aplicação, existe a necessidade de aplicarem-se gotas separadas, o que, exceto em poucos casos, não tem proporcionado um controle tão bom como o conseguido com a aplicação de grandes volumes. Quando gotas distintas são aplicadas, o aplicador necessita conhecer qual deve ser a densidade e a distribuição delas no alvo para obter um controle efetivo. Na aplicação de produtos sistêmicos, a distribuição de gotas não influencia o resultado do controle, porque o produto é redistribuído nas plantas. Entretanto, quando o produto tem ação de contato, a densidade e a distribuição afetam sensivelmente o resultado do controle. Insetos que apresentam grande mobilidade, como as cigarrinhas e algumas espécies de lagartas, podem ser facilmente controlados sem uma cobertura completa dos alvos. Mas, para insetos minadores de folhas e algumas espécies de cochonilhas, a cobertura deve ser bastante uniforme. Alguns trabalhos têm demonstrado que é necessária a deposição de uma gota, com pelo menos 100  $\mu\text{m}$  de vmd, por milímetro quadrado de folha, para o controle de determinada cochonilha em citros. O controle de doenças fúngicas sem uma cobertura completa pode parecer impossível, desde que a hifa do fungo penetre na folha no local da deposição do esporo. Entretanto, alguns pesquisadores têm informado que cada gota possui uma zona de influência fungicida, de maneira que se as gotas estiverem distribuídas dentro de distâncias adequadas, a proteção é muito boa.

## Dinâmica das gotas

Efeito da evaporação. Um dos fatores que afetam a evaporação das gotas é sua área de contato com o ar. A área da superfície de um líquido aumenta em grandes proporções quando ele é quebrado em gotas.

A área da superfície de uma esfera é dada pela seguinte equação:

$$S = \pi \cdot d^2 \quad (1)$$

onde:

$S$  = área da superfície da esfera; e

$d$  = diâmetro da esfera.

O volume  $V$  de uma esfera é dado por:

$$V = \pi/6 \cdot d^3 \quad (2)$$

onde:

$V$  = volume; e

$d$  = diâmetro

A relação superfície/volume é calculada por:

$$S/V = \pi \cdot d^2 / (\pi/6 \cdot d^3) = 6/d \quad (3)$$

Por esta última equação, pode-se observar que à medida que diminui o diâmetro das gotas, a relação superfície/volume aumenta sensivelmente. Como as pequenas gotas apresentam uma superfície muito grande, evaporam mais rapidamente que as gotas maiores. A Tabela 5 ilustra o tempo de vida e a distância de queda de gotas de diferentes tamanhos e em diferentes condições de temperatura e umidade relativa. O tempo de vida é calculado pela seguinte fórmula:

$$t = d^2 / (80 \cdot \Delta T)$$

onde:

$t$  = tempo de vida em segundos; e

$\Delta T$  = diferença de temperatura entre os termômetros de bulbo seco e úmido.

A distância de queda é calculada pela seguinte fórmula:

$$D = 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot d^4 / (80 \cdot \Delta T)$$

onde:

$D$  = distância de queda em centímetros; e

$d$  = diâmetro das gotas ( $\mu\text{m}$ ).

**Tabela 5.** Tempo de vida e distância de queda de gotas, em ar parado, em diferentes condições de temperatura e umidade relativa.

Tamanho original da gota ( $\mu\text{m}$ )	T=20°C $\Delta T=2,2$ UR=80%		T=25°C $\Delta T=4,0$ UR=72%		T=30°C $\Delta T=7,7$ UR=50%	
	t <sup>(1)</sup>	D <sup>(2)</sup>	t	d	t	d
30	5	0,07	3	0,04	1	0,02
50	14	0,03	8	0,29	4	0,15
70	28	2,05	15	1,13	8	0,58
100	57	8,52	31	4,69	16	2,44
150	128	43,14	70	23,73	37	12,33
200	227	136,36	125	75,00	65	38,96
300	511	690,34	281	379,69	146	197,24
400	909	2.181,81	500	1.200,00	290	623,37

<sup>(1)</sup> t = tempo em segundos; e <sup>(2)</sup>D = distância em metros.

Pode-se observar que à medida que aumenta a diferença entre as temperaturas dos termômetros de bulbo seco e úmido (depressão psicrométrica), a taxa de evaporação aumenta consideravelmente.

A evaporação de gotas pode ser considerada como o principal fator determinante da eficiência da aplicação de agrotóxicos. Isto ocorre, em parte, porque a eficiência da aplicação é inversamente relacionada ao tamanho das gotas, ou seja, a grande maioria das pesquisas tem apontado que a eficiência das aplicações aumenta à medida que se empregam gotas de tamanho muito pequeno. Alguns pesquisadores têm afirmado que a eficiência é maior quando as gotas têm menos do que 100  $\mu\text{m}$  de vmd, não só no controle de pragas e doenças, mas também na aplicação de herbicidas. Na prática, quando se empregam caldas diluídas em água, as pulverizações com gotas de tamanho inferior a 60  $\mu\text{m}$  evaporam tão rapidamente que seria impossível utilizá-las, sob determinadas condições micrometeorológicas.



## Efeito do vento

Para se compreender a importância do vento na aplicação de agrotóxicos, necessita-se conhecer o conceito de velocidade terminal de uma gota. Uma gota, caindo livremente em ar parado, aumenta sua velocidade de queda, devido à força da gravidade, até o momento em que as forças geradas pelo arrasto aerodinâmico contrabalançam o efeito gravitacional, proporcionando uma velocidade de queda constante, denominada velocidade terminal (Quantick, 1985a). Essa velocidade terminal é importante porque, quanto menor o tamanho da gota, mais tempo ela gastará para se depositar, ficando durante este período sujeita à ação da evaporação e do arraste pelo vento para fora da área alvo.

O movimento do produto químico para fora da área intencionada, considerado deriva perigosa, origina-se do fato de que as gotas, após serem emitidas pelo bico de pulverização, flutuam no vento por determinado período. As gotas pequenas, que apresentam maior superfície em relação ao peso e menor velocidade de queda, apresentarão, conseqüentemente, maior distância de deriva. Quantick (1985b) apresenta uma tabela indicando a distância de deriva de gotas de diferentes tamanhos (Tabela 6).

**Tabela 6.** Distância da deriva de gotas liberadas a 3 m de altura, submetidas a um vento de velocidade constante de 1,34 m/s, assumindo que não ocorra evaporação.

Diâmetro da gota ( $\mu\text{m}$ )	Distância da deriva (m)
500	2,1
200	4,9
100	15,2
30	152,5
15	610,0

O perigo da deriva decorre do risco de o produto químico aplicado atingir outras culturas. Brooks (1947) informou que, nos Estados Unidos, animais morreram em consequência da ingestão de alfafa contaminada com um produto aplicado em uma cultura de tomate existente nas proximidades. No Brasil, registraram-se muitos casos de contaminação de culturas de algodão com o herbicida 2,4-D, que era aplicado em cana-de-açúcar. A extensão do perigo da deriva depende, evidentemente, da toxicidade do produto aplicado. Ademais, a deriva causa perda do produto e reduz a eficiência da aplicação.

Existem técnicas de aplicação que utilizam deliberadamente a deriva para melhorar a penetração de gotas nas culturas e florestas, ou para cobrir grandes áreas rapidamente, quando a precisão é de importância secundária. Normalmente, essas aplicações são feitas com gotas aerossóis ou pulverizações finas e com caldas não voláteis, de maneira que as gotas possam flutuar por mais tempo no vento.

## O Alvo Biológico

Para que os agrotóxicos possam ser utilizados mais eficientemente, os alvos precisam ser definidos em termos de espaço e de tempo, permitindo que sejam estabelecidas a quantidade de produto necessária e sua disponibilidade para pragas e doenças.

A definição do alvo biológico exige conhecimento da biologia da praga, de maneira que se possa determinar em qual estágio ela é mais suscetível ao agrotóxico.

## Controle de insetos

Muitas vezes, num determinado momento, apenas uma parte da população pode encontrar-se numa fase suscetível. Os insetos apresentam vários estádios distintos durante o seu ciclo de vida, como, por exemplo, ovos, ninfas, larvas e pupas. Semelhantemente, as ervas-daninhas com folhagens podem ser afetadas pelo herbicida, ao passo que as sementes podem permanecer intactas, habilitando as ervas a reinfestarem a área. Essas dificuldades na definição dos alvos levam ao uso de produtos químicos mais persistentes.

Dentro do conceito de proteção das culturas, deseja-se a redução da população da praga ou de um estágio de seu desenvolvimento que seja diretamente responsável pelos danos em determinadas culturas. A proteção da cultura será mais eficiente quando os agrotóxicos forem aplicados economicamente, dentro de uma escala determinada pela área ocupada pela praga e pela urgência com que a população deve ser controlada (Matthews, 1982).

Em muitos casos, o controle tem sido dirigido para o estágio larval dos insetos. Essa política tem apresentado grande sucesso quando os tratamentos são suficientemente precoces para reduzir a população de larvas de inseto que estão se alimentando. Se o tratamento é tardio, não só é necessária uma dose maior para controlar a praga, como muito dano já pode ter sido feito. Entretanto, os tratamentos dirigidos aos estágios larvais têm pouco ou nenhum efeito sobre os ovos, pupas ou adultos, e pode ser necessária a repetição dos tratamentos, à medida que se desenvolvem outras larvas. No caso do controle de determinada espécie da cochonilha *Orthesia* em citros, por exemplo, a aplicação de um inseticida fosforado pode resultar na mortalidade de 100% dos adultos. Entretanto, novos adultos podem ser subsequentemente encontrados, porque este tipo de praga deposita seus ovos em uma estrutura denominada “ovissaco”, a qual fica protegida da ação dos produtos, e assim, à medida que os ovos eclodem, surgem novos indivíduos. Nesse caso, o tratamento precisa ser repetido.

Num sistema de manejo de pragas, as informações biológicas devem ser expandidas em simples descrições do ciclo de vida, e devem fornecer subsídios para a compreensão da ecologia da praga.

No caso particular dos insetos, é necessário conhecer, também, o movimento da praga dentro das áreas ecológicas e a relação dela com os diferentes hospedeiros.

Para determinadas espécies de pragas, o alvo pode variar de acordo com: a) estratégia de controle adotada; b) tipo e modo de ação do produto aplicado; c) habitat da praga; e d) comportamento da praga.

Descrever cada fator independentemente é muito difícil, em face das fortes inter-relações existentes entre eles.

O tripses do amendoim, por exemplo, é uma praga que fica protegida entre os folíolos fechados da planta. Neste caso, deve-se empregar um inseticida que apresente um forte efeito irritante, como os piretróides, para desalojar os insetos, forçando-os a caminhar sobre as regiões da planta contaminadas com o agrotóxico.

As cigarrinhas são pragas que têm o hábito de se movimentar muito pela planta, e isso, de certa forma, facilita o seu controle, mesmo com uma deposição irregular de agrotóxicos sobre as estruturas do vegetal.

As cochonilhas com carapaça são insetos imóveis, os quais dificilmente sofreriam a ação dos inseticidas de contato. Entretanto, a carapaça que protege o inseto da ação do inseticida, também, pode ser utilizada para matá-lo, pois uma fina camada de óleo emulsionável, aplicado sobre a superfície do vegetal, impede a entrada de ar para o interior dessa estrutura, provocando a asfixia do inseto.

Quando se examinam as plantas de algodão por cima, enxerga-se somente a superfície das folhas superiores. Assim, quando se pulveriza essa cultura de cima para baixo, apenas uma pequena parte do produto consegue penetrar pela barreira de folhas e atingir as hastes e os pecíolos da planta. Entretanto, se os bicos de pulverização forem posicionados de baixo para cima, nas entrelinhas, as gotas atingirão facilmente as hastes e os pecíolos, proporcionando, também, uma boa deposição na face inferior das folhas. Nesse caso, estes depósitos ficarão protegidos da lavagem das chuvas e da ação da degradação promovida pela radiação ultravioleta do sol, aumentando, provavelmente, a ação residual do produto aplicado.

## Controle de doenças

Um patógeno de plantas típico apresenta, basicamente, quatro fases: a) pré-penetração; b) penetração; c) pós-invasão; e e) multiplicação (esporulação e dispersão).

Idealmente, o controle deveria ser feito antes da penetração do hospedeiro na planta. É possível que os esporos possam atingir as plantas em uma série de períodos muito curtos, quando as condições favo-

recem a dispersão. A rápida penetração do patógeno no hospedeiro limita o tempo disponível para a ação efetiva de fungicidas aplicados nas folhas, a menos que um fungicida sistêmico possa interromper o desenvolvimento da fase de invasão. Na maioria dos casos, o fungicida tem de ser aplicado em várias ocasiões, para limitar a dispersão da doença. Variações que ocorrem de área para área, de ano para ano, dificultam a organização de um plano de aplicações, de maneira que as pulverizações são feitas de forma preventiva para evitar a possibilidade de que não ocorram condições favoráveis para pulverização durante a epidemia.

Quando possível, os agricultores têm preferido o uso do tratamento profilático das sementes. Entretanto, esse tratamento só é efetivo durante a germinação e é muito dependente das condições de umidade do solo e do grau de cobertura das sementes.

## Controle de ervas-daninhas

Os alvos para os herbicidas podem ser: a) sementes, para matar as plântulas próximas da região da germinação; b) raízes, rizomas e outros tecidos sob o solo; c) troncos de árvores e arbustos; d) folhagens; e e) brotações apicais.

A escolha da técnica de aplicação depende não só do alvo, mas também da facilidade de penetração e translocação do herbicida nas plantas. Idealmente, o agricultor deve estar preparado para prevenir a germinação das sementes das ervas daninhas com um produto seletivo, de forma que a cultura possa se estabelecer livre de competição.

Alguns herbicidas de solo devem ser aplicados antes do plantio. A distribuição dos herbicidas de pré-plantio é muito importante, em razão de que uma pequena quantidade do produto, normalmente menos de 5 kg, deve ser distribuída numa camada de 2 a 5 cm do solo, em um hectare (Matthews, 1982).

Os herbicidas de pós-emergência são aplicados na superfície do solo, durante ou imediatamente após a germinação da cultura. Um cuidado muito grande deve ser tomado na aplicação dos herbicidas seletivos, pois a seletividade pode deixar de existir se for aplicada uma

superdose. Neste caso, o bico de pulverização deve ser cuidadosamente escolhido, para evitar que gotas atinjam a cultura. Em muitos casos, necessita-se usar defletores ou protetores.

Em outros casos, para o controle químico das ervas-daninhas, necessitam-se de herbicidas com ação seletiva para matar as monocotiledôneas e as dicotiledôneas. Existem, basicamente, dois tipos de plantas e folhagens de erva-daninha a serem considerados, em relação à deposição do herbicida: as folhas estreitas das monocotiledôneas, como os capins, e as folhas largas das dicotiledôneas. Portanto, existem diferenças consideráveis de detalhes de estruturas nas folhas que afetam a retenção das gotas.

Muitas vezes, o modo de ação do herbicida facilita a aplicação, como no caso do glifosato, que aplicado sobre as folhas, se transloca para os rizomas e raízes, matando a planta.

## Aplicação de Agrotóxicos

### Processos de geração de gotas

Todos os pulverizadores têm três pontos em comum: a) um recipiente ou “tanque” para armazenamento do líquido; b) um sistema de alimentação por gravidade ou bombas de pressão; e c) bicos de pulverização. O bico é, estritamente, o final de um conduto pelo qual o líquido emerge na forma de jato. Neste capítulo, em particular, o termo bico é usado com um sentido mais amplo, podendo ser qualquer dispositivo pelo qual o líquido é emitido, quebrado em gotas e dispersado a determinada distância.

O propósito geral da pulverização é aumentar a área de superfície de uma massa líquida para facilitar a ação de determinados processos físicos ou químicos (Fraser, 1956). Na agricultura, o processo pode ser o de dispersar um volume de líquido num determinado volume de ar muito maior, ou de dispersar o volume em uma grande área, de maneira que a área de superfície expandida do líquido seja transferida para a outra área.



A pulverização ou a quebra do líquido em gotas é, primeiramente, uma função da aplicação de uma força, maior que a força de tensão superficial do líquido, para criar uma superfície extremamente expandida na forma de gotas. Este fenômeno demanda energia, e o dispositivo usado para a quebra do líquido, o bico, tem, na maioria dos casos, sua potência fornecida por máquinas. Os bicos de pulverização têm sido classificados de acordo com a fonte de energia para produção de gotas, em: a) bicos de energia hidráulica ou bicos hidráulicos; b) bicos de energia centrífuga ou bicos centrífugos; c) bicos de energia gasosa ou bicos pneumáticos; e d) bicos de energia elétrica ou bicos eletrohidrodinâmicos.

## Bicos hidráulicos

Os bicos hidráulicos extraem a energia para a pulverização, da pressão a que o líquido é submetido, e, atualmente, são os mais utilizados no mundo para aplicação de agrotóxicos. Uma bomba hidráulica ou tanques pressurizados são utilizados para suprir a energia necessária para a pulverização.

Os bicos hidráulicos podem ser subdivididos em grupos, que basicamente descrevem as características do jato emitido. Assim sendo, existem bicos de jato sólido, bicos de jato cônico-cheio, bicos de jato cônico-vazio e bicos de jato em leque.

No bico de jato sólido, o líquido é forçado com alta pressão a sair por um orifício, originando gotas grandes. O seu emprego mais comum é nas pistolas de pulverização, para aplicação de altos volumes de calda, principalmente em fruteiras.

O bico de jato cônico possui um dispositivo interno, com uma ou mais aberturas, o qual em inglês é denominado de “core”, e em português recebe uma série de outras denominações, como caracol, difusor ou núcleo.

Esse dispositivo tem como finalidade promover uma rotação do líquido em uma pequena câmara antes do orifício de saída. A rotação do líquido faz com que ele saia tangenciando a borda circular do orifício,

na forma de uma fina lâmina em formato cônico que, com a expansão, se rompe em gotas. Em muitos casos, dependendo da pressão exercida e do diâmetro do orifício de saída, a lâmina não se forma e o jato de gotas já emerge diretamente da ponta do bico.

Nos bicos de jato em leque, que são amplamente utilizados na aplicação de herbicidas ou em pulverização de superfícies planas, o líquido é forçado a passar por um orifício de forma elíptica ou retangular. Esses bicos trabalham, geralmente, com pressões inferiores às utilizadas nos cônicos, e existem opções para se trabalhar em uma ampla gama de vazões e ângulos de pulverização. Em outro tipo de bico de jato em leque, o líquido, ao emergir do orifício, choca-se com uma superfície plana e oblíqua, originando, também, um jato em forma de leque. Esse bico trabalha com pressões menores que o anteriormente descrito e se caracteriza por produzir gotas relativamente grandes, menos propensas à deriva.

Os bicos hidráulicos, de maneira geral, são a base de todos os pulverizadores utilizados no mundo, sendo adequados para quase todos os tipos de serviço. Esses bicos, fabricados com materiais como latão, bronze, aço inox, plásticos e cerâmicas, possibilitam que se escolha o mais adequado às características de abrasividade e corrosividade da calda que se pretende aplicar.

## Bicos centrífugos

Os bicos hidráulicos são caracterizados por serem baratos e de fácil fabricação, o que tem contribuído para sua ampla utilização na agricultura. Contudo, produzem gotas com espectro pouco uniforme, ou seja, gotas com tamanho bastante variado. Porém, os bicos de energia centrífuga produzem gotas com faixa de tamanhos bastante estreita, e surgiram como alternativa aos bicos hidráulicos atualmente empregados. Nesse sistema, o líquido é lançado no centro de um disco rotativo, o qual promove o seu espalhamento, pela ação da força centrífuga, para a borda, onde são formadas as gotas. A delgada lâmina de líquido presente na borda do disco, sob a ação de ondas aerodinâmicas, transforma-se em finos filamentos e subseqüentemente em gotas. O diâmetro

das gotas produzidas é diretamente influenciado pela vazão e inversamente influenciado pela rotação, ou seja, quanto maior a vazão, maior o tamanho das gotas; quanto maior a rotação, menor o tamanho das gotas produzidas. Como as gotas são projetadas em direção perpendicular à borda do disco, a penetração delas no interior das plantas é muito prejudicada. Na Europa, esse tipo de bico tem sido utilizado para a fabricação de equipamentos que são empregados, na maioria dos casos, na aplicação de herbicidas.

## Bicos pneumáticos

Analisando-se os dois processos de produção de gotas já descritos, observa-se que eles têm duas características básicas comuns, entre as quais a primeira é transformar o líquido numa lâmina muito fina e a segunda é promover a aceleração dessa lâmina até uma velocidade muito grande, de tal maneira que o choque do líquido em alta velocidade com o meio gasoso da atmosfera, relativamente parado, provoca a sua ruptura em gotas.

Pode-se dizer que as gotas são formadas pela diferença relativa de velocidade entre o líquido e o ar. Partindo dessa premissa, outra maneira para se gerar gotas é aumentar a velocidade do ar em relação ao líquido. É exatamente esse o princípio empregado nos bicos pneumáticos, cuja invenção é muito antiga, pois Rose (1963) descreveu que um inventor pediu patente para um dispositivo que utilizava esse processo em 1845, o qual foi muito utilizado em aplicações de agrotóxicos no final do século 19. Atualmente, existem vários tipos de bicos pneumáticos, mas seu maior emprego tem sido em processos industriais, tais como combustão de líquidos inflamáveis para fornalhas, motores a pistão, motores e foguetes a jato, evaporadores e secadores (leite em pó), umidificadores e pistolas de pintura.

Na agricultura, este tipo de bico tem sido utilizado, basicamente, em alguns modelos de pulverizadores motorizados costais e em alguns tipos de equipamentos tratorizados, como os “canhões”. Recentemente, foi lançado nos Estados Unidos um bico pneumático do tipo leque para aplicação de herbicidas.

## Bicos eletrohidrodinâmicos

Apesar de a pulverização eletrohidrodinâmica ser empregada desde a década de 60 em processos de pintura eletrostática (Miller, 1973) e, mais recentemente, em impressoras a jato de tinta para computadores (Swatick, 1973), o seu emprego na agricultura só foi possível com o desenvolvimento do *Electrodyn*, projetado por Coffee (1979), com o suporte da multinacional inglesa Imperial Chemical Industries para o desenvolvimento das formulações adequadas ao processo. No Brasil, Chaim (1984) desenvolveu um protótipo manual, que foi testado com sucesso no controle de tripes em amendoim, usando uma formulação especial de deltametrina.

A importância de se incluir esse processo de geração de gotas neste capítulo deve-se ao fato de que ele é extremamente revolucionário. É praticamente desconhecido do público, mas apresenta um futuro muito promissor na redução dos desperdícios que ocorrem nos processos hidráulicos comuns.

No processo eletrohidrodinâmico, lança-se mão de um fenômeno denominado indução eletrostática, no qual o líquido é submetido a um intenso campo eletrostático, promovendo o aparecimento de cargas elétricas na sua superfície. A presença de cargas na superfície do líquido produz força que tem sentido oposto à força da tensão superficial. Quando a força devida à presença das cargas é superior à força da tensão superficial do líquido, ocorre uma instabilidade hidrodinâmica na superfície, provocando o aparecimento de pequenas cristas, de onde são formadas as gotas.

Num bico de geometria cilíndrica, o campo eletrostático criado organiza-se em linha de força com simetria radial, promovendo o aparecimento de dezenas de cristas, que originam finos filamentos líquidos, num padrão de cone vazio. Na extremidade de cada filamento, as cargas acumulam-se com maior intensidade e, quando atingem um nível crítico, o líquido rompe-se em gotas. Como o campo eletrostático e a tensão superficial são constantes, e a taxa de escoamento de líquido também é constante, há a formação de gotas, com cargas elétricas e tamanhos extremamente uniformes. O tamanho das gotas depende, fundamentalmente, da tensão superficial, da intensidade do campo eletrostático e de

determinadas características físicas do líquido. Dessa forma, somente líquidos especiais conseguem ser pulverizados por esse processo.

Óleos minerais e vegetais reúnem algumas das características físicas adequadas para a pulverização, precisando, entretanto, ser aditivados com solventes polares para melhorar a condutividade elétrica e a tensão superficial. Em testes rápidos (não publicados), realizados em laboratório da Embrapa-CNPMA, com uma mistura de óleo mineral medicinal (Nujol) e ciclohexanona, obteve-se uma taxa de deslocamento de carga de 0,7 microampéres, com um bico operando em uma vazão de 6 mL/min. (equivalente à aplicação de 1 L/ha) e 25 kV de tensão. Isso produziu uma relação carga massa de, no mínimo, 7 microcoulombs por grama, o que é um excelente nível. Para produzir essa pulverização, o bico consumiu, aproximadamente, 18 miliwatts de potência, o que torna esse processo o mais econômico do mundo e com excelentes possibilidades de uso na agricultura.

Outro fator a ser considerado é o fato de as gotas produzidas apresentarem carga elétrica. Quando uma nuvem de gotas, eletricamente carregada, se aproxima de uma planta, ocorre o aparecimento (por indução) de cargas de polaridade oposta na superfície do vegetal. Como as cargas opostas se atraem, ocorre um expressivo aumento na deposição de gotas por toda a planta, inclusive na face inferior das folhas, reduzindo, conseqüentemente, as perdas para o solo. Endacott (1983) demonstrou que a mortalidade de organismos do solo é 20 vezes menor com a pulverização eletrohidrodinâmica, quando comparada com a pulverização hidráulica convencional.

## Equipamentos de aplicação de agrotóxicos

Os equipamentos de aplicação de agrotóxicos podem ser classificados, conforme a maneira de transporte, em: a) manual; b) bandoleira; c) costal, de acionamento manual ou motorizado; d) tração animal; e) tração tratorizada; e f) tração por aeronaves.

Todo o equipamento possui um tanque para armazenar calda, um sistema de alimentação por bomba ou gravidade e bicos. Dependendo do seu projeto, ele pode possuir, também, uma série de dispositivos que permitem melhorar a alimentação dos bicos com a calda de aplicação.

Os reguladores de pressão, os manômetros e os filtros, por serem considerados dispositivos de grande importância para os pulverizadores hidráulicos, devem receber uma atenção especial durante as manutenções periódicas. Entretanto, o bico é o componente mais importante de um equipamento de aplicação, pois, além de definir a eficácia desta operação no controle do problema fitossanitário, pode contribuir substancialmente para a redução do custo do tratamento. Por serem tão importantes, os bicos já foram descritos anteriormente; quanto aos demais componentes dos pulverizadores, eles não serão analisados, uma vez que não é objetivo deste capítulo descrevê-los, porque já existem publicações que tratam esse assunto com muito critério.

No caso de manutenção ou reparo de equipamentos, é importante que o usuário disponha de um manual fornecido pelo fabricante da máquina, que apresente instruções de uso, procedimentos para efetuar pequenos reparos e uma lista das empresas autorizadas a prestar assistência nos casos mais difíceis.

## Procedimentos para calibração de equipamentos de aplicação de agrotóxicos

Cada praga, doença, erva-daninha ou cultura apresenta alvos com características próprias e exige, portanto, equipamentos específicos que gerem gotas adequadas para promover uma melhor deposição do produto. Por sua vez, cada equipamento apresenta características próprias de funcionamento, que devem ser consideradas não só no momento da escolha da máquina para o trabalho, mas também durante sua calibração para a aplicação.

Antes de calibrar um equipamento é necessário assegurar-se de que ele esteja absolutamente limpo, principalmente quanto à presença de resíduos de agrotóxicos, para que riscos de contaminação e intoxicações possam ser evitados. Se o equipamento já estiver limpo, devem ser feitas checagens quanto à presença de vazamentos ou entupimentos, fazendo-o funcionar com o tanque abastecido com água limpa.

Se o usuário desejar aumentar o volume de aplicação de um pulverizador hidráulico, é necessário que ele troque a ponta dos bicos. Alguns agricultores costumam aumentar a pressão de trabalho para



aumentar o volume de calda na aplicação. Entretanto, a pressão tem uma influência muito pequena na vazão. Por exemplo, se um bico apresenta uma vazão de 600 mL/min, com pressão de 40 lb./pol<sup>2</sup>, para se obter uma vazão de 1.200 mL, seria necessária uma pressão de 1.600 lb./pol<sup>2</sup>. A elevação da pressão, além de não aumentar a vazão, pode aumentar o desgaste das pontas dos bicos e do equipamento.

A elevação da pressão é recomendável nos casos em que se deseja aumentar o poder de penetração das gotas, o que ocorre tanto pela diminuição do tamanho das gotas como pelo aumento da turbulência gerada pelo jato. Isso deve ser feito com muito critério, já que as pequenas gotas estão mais sujeitas à evaporação ou à deriva. Em alguns casos, uma simples mudança do ângulo no qual o bico é deslocado em relação às plantas já permite uma melhor penetração das gotas no interior do vegetal.

Para calibrar o equipamento, o usuário precisa definir qual a melhor maneira de aplicar o produto recomendado. Para isso, deve-se ler as instruções contidas no rótulo da embalagem do produto e acatar a recomendação prescrita para a cultura a ser tratada. Dependendo do produto, as doses recomendadas podem ser expressas em gramas ou mililitros do produto por hectare ou gramas ou mililitros do produto por 100 L de água. Esta última é indicada para as pulverizações nas quais se utilizam grandes volumes de calda e que, apesar de serem mais facilmente empregadas, provocam grandes perdas do produto para o solo.

Quando as doses são expressas em peso ou volume do produto por hectare, o usuário necessita das seguintes informações para o preparo da calda: a) vazão do equipamento; b) velocidade de deslocamento da máquina na cultura; e c) espaçamento da cultura ou número de passadas que se deve efetuar com a máquina para tratar um hectare.

Se o usuário pretende tratar sua área com um equipamento costal, sugere-se o seguinte procedimento: a) selecionar um bico adequado para o tratamento, considerando que os bicos cônicos-vazios são mais adequados para aplicação de inseticidas e fungicidas e os bicos em leque, para herbicidas; b) abastecer o pulverizador com água, colocando 2/3 da capacidade do tanque; c) demarcar um trecho de pelo menos 50 m, preferencialmente na cultura que se pretende tratar; d) efetuar algumas

pulverizações nesse trecho para estabelecer um ritmo de bombeamento, movimentação da lança e velocidade de deslocamento; e) medir o tempo médio que se gasta para pulverizar o trecho de 50 m; e f) medir o volume que se gasta por minuto, mantendo o mesmo ritmo de bombeamento estabelecido na alínea d.

Conforme a alínea f, convém efetuar-se a pulverização, durante um minuto, dentro de um recipiente e, posteriormente, medir o volume gasto. Não é necessário caminhar com o equipamento, mas devem ser respeitados os ritmos estabelecidos na alínea d. Considerando, por exemplo, um agricultor que tenha seguido as etapas anteriores e tenha a seguinte situação: a) espaçamento entre as linhas da cultura = 1,0 m; b) tempo gasto para pulverizar 50 m = 1,0 min.; e c) vazão do bico = 1,0 L/min.

Os cálculos para se conhecer o volume gasto por hectare são muito simples, pois como um hectare possui 100 linhas de 100 m de comprimento, o aplicador, ao tratar essa área, deverá caminhar 10 mil metros. Como ele pulveriza numa velocidade de 50 m/min, para pulverizar o hectare ele gastará  $10.000 \text{ m} \div 50 \text{ m/min} = 200 \text{ min}$ . Portanto, se a vazão do bico é de um litro por minuto, para tratar um hectare serão gastos 200 L de calda.

## Cálculo da diluição do agrotóxico

Supondo que se pretenda utilizar um produto cuja recomendação seja de 300 mL do produto comercial por hectare, e considerando o exemplo anterior, o próximo passo seria diluir os 300 mL do produto em 200 L de água. Como nem sempre se dispõe de um recipiente com essa capacidade volumétrica próximo ao local de trabalho – e mesmo se ele existisse haveria a necessidade de abastecer o equipamento com a calda tóxica, havendo perigo de contaminar, externamente, o tanque do pulverizador costal – os aplicadores têm preferido preparar a calda diretamente no tanque do pulverizador.

Como os equipamentos mais empregados possuem tanque com capacidade de 20 L, o aplicador gastará 10 tanques para pulverizar cada hectare e terá que adicionar 30 mL de agrotóxico durante cada abastecimento. Entretanto, devido à possibilidade de ocorrer vazamento pelo

respiro da tampa do equipamento, recomenda-se que as aplicações com pulverizadores costais sejam feitas com apenas 3/4 da capacidade do tanque. Desta maneira, no caso exemplificado, o aplicador deverá abastecer o pulverizador costal com apenas 15 L de calda. Portanto, ele deverá preparar 13 tanques, perfazendo um volume de 195 L, e mais 5 L para completar a aplicação. Como ele precisa diluir 300 mL de agrotóxico em 200 litros de água, cada litro de calda deverá conter  $300 \text{ mL} \div 200 \text{ L} = 1,5 \text{ mL agrotóxico/litro de água}$ . Portanto, em cada 15 L de água ele deverá colocar  $15 \text{ L} \times 1,5 \text{ mL de agrotóxico/litro} = 22,5 \text{ mL de agrotóxico}$ . Nos 13 abastecimentos, ele deverá colocar  $13 \times 22,5 \text{ mL de agrotóxico} = 292,5 \text{ mL de agrotóxico}$ . Nos cinco litros restantes, serão colocados  $5 \times 1,5 = 7,5 \text{ mL de agrotóxico}$ .

Alguns autores apresentam fórmulas matemáticas para efetuar os cálculos para o preparo da calda, mas o método apresentado anteriormente, passo a passo, além de ser mais simples, exige operações matemáticas mais comuns. Pelo que foi apresentado, deve-se ressaltar que são necessários alguns instrumentos de medição, como provetas e balanças, para quantificar os agrotóxicos. Sem esses instrumentos, o agricultor não tem certeza sobre a quantidade de produto que está aplicando e isso pode ocasionar prejuízo, tanto pelo desperdício de excesso do agrotóxico, quanto pela deficiência no controle ocasionada por subdosagem.

Preferencialmente, devem ser preparadas apenas as quantidades de calda necessárias para o tratamento da área. Entretanto, se existirem sobras, estas devem ser utilizadas para fazer alguns retoques na área tratada. Após cada ciclo de aplicação, o equipamento deve ser lavado antes de ser guardado.

Esses procedimentos, descritos para o pulverizador costal, podem ser estendidos a qualquer equipamento de aplicação. Entretanto, existem alguns equipamentos que apresentam dificuldades para se medir a vazão do bico de pulverização, como, por exemplo, os pulverizadores costais motorizados, ou pulverizadores tratorizados com turbinas de ar. Nesses casos, existem duas opções para se determinar a vazão: a) colocar um volume conhecido de água no tanque, acionar a máquina e medir o tempo gasto para esgotá-lo; ou b) colocar um volume conhecido no tanque, acionar a máquina por um tempo determinado, drenar

e medir o volume restante; a vazão será igual ao volume inicial menos o volume final, dividido pelo tempo de pulverização.

Não se deve calibrar um equipamento para aplicar certo número de litros por hectare. O volume gasto é uma consequência, não uma meta da aplicação. O objetivo de toda aplicação deve ser o de colocar o máximo de produto no alvo, com um mínimo de perdas ou contaminação ambiental. Para isso, devem ser adotados alguns outros procedimentos importantes para a calibração.

Em primeiro lugar, deve-se conhecer qual o alvo da aplicação ou onde se localiza o problema fitossanitário a ser controlado. Por exemplo, se o objetivo é controlar a ferrugem da goiabeira com a aplicação de determinado fungicida, sabendo-se que esse fungo ataca tecidos novos de órgãos em desenvolvimento, tais como folhas, botões florais, frutos e ramos, deve-se testar a máquina para saber se o produto a ser utilizado chegará às estruturas-alvo. Para isso, deverão ser feitas algumas simulações de aplicações, colocando-se no tanque água e um bom corante, como, por exemplo, o xadrez preto. Distribuem-se pequenas tiras de papel branco sobre as estruturas-alvo, em algumas plantas, no solo sob as plantas, na linha entre as plantas e nas entrelinhas de plantio. Efetua-se a pulverização das plantas escolhidas e analisa-se a coloração dos papéis para visualizar a deposição.

Os papéis colocados no solo servirão para indicar a ocorrência de perdas. Se os papéis colocados nas estruturas-alvo da planta estiverem mais manchados do que aqueles colocados no solo, a máquina está adequada. Caso contrário, é necessário testar outra regulagem da máquina ou outra técnica de aplicação. Se o agricultor não desejar utilizar o corante, existe no mercado um cartão sensível à água (comercializado pela Spraying System do Brasil) que apresenta uma coloração original amarela. Quando a água entra em contato com a sua superfície produz manchas com coloração azul intensa. Esse cartão não é indicado para as aplicações com altos volumes de calda.

As atividades envolvidas no processo de calibração de um equipamento ou técnica de aplicação são simples e, em alguns casos, podem contribuir para a redução do custo da aplicação. Entretanto, exigem que o agricultor tenha um grau de alfabetização e cultura suficiente para ler rótulos de agrotóxicos e efetuar operações simples de matemática. Além

disso, o aplicador necessita instrumentos para pesagens, medições de volumes e de tempo.

## Segurança na Aplicação dos Agrotóxicos

### Seleção do agrotóxico

A segurança na aplicação dos agrotóxicos começa com a escolha do produto, devendo-se levar em consideração não só sua eficácia biológica, mas também os riscos de exposição do aplicador, as características do alvo da aplicação, do equipamento, da formulação e do princípio ativo.

### Características do alvo

A folhagem das plantas, o solo e o ar têm sido os alvos mais comuns nas aplicações de agrotóxicos. No caso da folhagem, o porte da planta a ser tratada determina o uso de equipamentos de jato projetado (pulverizadores com bicos hidráulicos comuns) ou jato transportado (pulverizadores com turbinas ou ventiladores), que podem ser manuais ou tratorizados. O solo tem sido o alvo nas aplicações de herbicidas ou de outros agrotóxicos de ação sistêmica. O ar tem sido o alvo quando o porte da cultura é elevado, como no caso das seringueiras, ou em espaços confinados, como armazéns de grãos ou estufas. Nesses casos, usam-se equipamentos geradores de aerodispersóides (gotículas que flutuam no ar). O alvo e o equipamento de aplicação determinam o tipo de formulação que deve ser utilizado, que pode ser líquida ou sólida.

### Características das formulações

As formulações sólidas podem apresentar-se em grânulos grandes (G) ou em pó. O efeito do tamanho da partícula na sua absorção e retenção pelo organismo é particularmente importante quando a exposição é por inalação. Durante a aplicação da formulação pó seco (PS), por exemplo, originam-se nuvens de pó que podem se manter suspensas

no ar por um tempo considerável, devido ao baixo poder de sedimentação das partículas. Uma partícula de 10 micrometros pode levar cerca de 100 segundos para se depositar no solo ou nas plantas, ao passo que uma de um micrometro leva horas. Assim, a inalação é uma das principais formas de exposição para as formulações PS ou pó molhável (PM).

Para se obter a quantidade de produto que proporcione uma distribuição satisfatória na cultura, a formulação PS apresenta uma concentração de ingrediente ativo baixa, entre 10 e 50 g/kg. Já a formulação PM, que deve ser diluída em água, apresenta uma concentração alta, entre 250 e 800 g/kg. Assim, uma nuvem de pó da formulação PM contém muito mais tóxicos e permanece muito mais tempo suspensa no ar que a PS, apresentando para o aplicador maior risco de intoxicação por inalação.

Nas formulações granulares (G), a concentração do ingrediente ativo é, geralmente, de baixa a média, entre 10 e 200 g/kg, e o tamanho das partículas é grande o suficiente para reduzir o risco de inalação. Além disso, se o veículo granular inerte, ou mesmo o produto final, puder ser selecionado, pode-se obter uma faixa estreita de tamanho de partículas e remover o pó durante a fabricação.

As formulações líquidas variam de soluções fluidas a emulsões viscosas, com baixa fluidez. A concentração de ingrediente ativo nas formulações líquidas varia consideravelmente de muito baixa, menos de 4 g/L, até muito altas, com mais de 800 g/L. O perigo de inalação não é tão grande quanto o dos PMs e PSs. Contudo, devido à baixa viscosidade, o líquido pode espalhar-se facilmente sobre a pele e causar a contaminação cutânea. Os solventes usados, por alterarem a penetração cutânea das formulações, principalmente as concentradas emulsionáveis (CEs), influenciam muito sua toxicidade. Um mesmo princípio ativo de determinado agrotóxico é comercializado em diferentes formulações. Como as diferentes formulações exibem distintos graus de toxicidade, e os equipamentos apresentam riscos de exposição do aplicador variáveis, sugere-se utilizar a associação equipamento/formulação que apresente o menor risco para o usuário. Por exemplo, a formulação suspensão concentrada (SC) é menos tóxica que a CE, sendo, portanto, mais indicada nas operações em que o aplicador esteja mais exposto ao agrotóxico. Nesse caso, os pulverizadores costais promovem uma



exposição maior que os pulverizadores tratorizados; os pulverizadores tratorizados com ventiladores apresentam exposição maior que os pulverizadores de barra.

## Características do princípio ativo

Outro fator importante, que deve ser levado em consideração na seleção de um agrotóxico para aplicação, é a toxicidade do seu princípio ativo, expressa na forma de  $DL_{50}$ . Para expressar o grau de toxicidade de um agrotóxico, usa-se o valor  $DL_{50}$  ou dose letal 50%, que representa a dose mínima do produto necessária para causar a morte de 50% da população de uma espécie em estudo (normalmente ratos); é expressa, geralmente, em miligramas de produto por quilograma de peso animal. Esse índice é utilizado para classificar o agrotóxico de acordo com seu grau de toxicidade e para auxiliar na escolha do método de aplicação e no uso de roupas protetoras. Com base nesse índice, os agrotóxicos são classificados em diferentes classes de toxicidade.

Os critérios para classificação toxicológica dos agrotóxicos, fornecidos no Anexo III do Decreto nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990 (Brasil, 1995), são:

1) Enquadram-se como produtos agrotóxicos da classe I – Extremamente Tóxico:

a) Formulações líquidas que apresentam  $DL_{50}$  oral, para ratos, igual ou inferior a 20 mg/kg.

b) Formulações sólidas que apresentam  $DL_{50}$  oral, para ratos, igual ou inferior a 5 mg/kg.

c) Formulações líquidas que apresentam  $DL_{50}$  dérmica, para ratos, igual ou inferior a 40 mg/kg.

d) Formulações sólidas que apresentam  $DL_{50}$  dérmica, para ratos, igual ou inferior a 10 mg/kg.

e) Formulações que provocam opacidade na córnea, reversível ou não, dentro de sete dias, ou irritação persistente nas mucosas oculares dos animais testados.

f) Formulações que provocam ulceração ou corrosão na pele dos animais testados.

g) Produtos, ainda em fase de desenvolvimento, a serem pesquisados no Brasil.

h) Formulações que possuam  $CL_{50}$  inalatória, para ratos, igual ou inferior a 0,2 mg/L de ar por hora de exposição.

2) Enquadram-se como produtos agrotóxicos da classe II – Altamente Tóxico:

a) Formulações líquidas que apresentam  $DL_{50}$  oral, para ratos, superior a 20 mg/kg e até 200 mg/kg.

b) Formulações sólidas que apresentam  $DL_{50}$  oral, para ratos, superior a 5 mg/kg e até 50 mg/kg.

c) Formulações líquidas que apresentam  $DL_{50}$  dérmica, para ratos, superior a 40 mg/kg e até 400 mg/kg.

e) Formulações sólidas que apresentam  $DL_{50}$  dérmica, para ratos, superior a 10 mg/kg e até 100 mg/kg.

f) Formulações que não provocam de modo algum opacidade córnea, bem como aquelas que provocam irritação, reversível dentro de 7 dias, nas mucosas oculares de animais testados.

g) Formulações que provocam irritação severa, ou seja, obtenham um escore igual ou superior a 5, segundo o método de Draize e Cols, na pele de animais testados.

h) Formulações que possuam  $CL_{50}$  inalatória, para ratos, superior a 0,2 mg/L de ar por hora de exposição e até 2 mg/L de ar por hora de exposição, inclusive.

3) Enquadram-se como produtos agrotóxicos da classe III – Medianamente Tóxico:

a) Formulações líquidas que apresentam  $DL_{50}$  oral, para ratos, superior a 200 mg/kg e até 2.000 mg/kg.

b) Formulações sólidas que apresentam  $DL_{50}$  oral, para ratos, superior a 50 mg/kg e até 500 mg/kg.

c) Formulações líquidas que apresentam  $DL_{50}$  dérmica, para ratos, superior a 400 mg/kg e até 4.000 mg/kg.

d) Formulações sólidas que apresentam  $DL_{50}$  dérmica, para ratos, superior a 100 mg/kg e até 1.000 mg/kg.

e) Formulações que não provocam de modo algum opacidade córnea, e aquelas que provocam irritação, reversível dentro de 72 horas, nas mucosas oculares de animais testados.

f) Formulações que provocam irritação moderada ou um escore de 3 a 5, segundo o método de Draize e Cols, na pele dos animais testados.

g) Formulações que possuem  $CL_{50}$  inalatória, para ratos, superior a 2 mg/L de ar por hora de exposição e até 20 mg/L de ar por hora de exposição.

4) Enquadram-se como produtos agrotóxicos da classe IV – Pouco Tóxico:

a) Formulações líquidas que apresentam  $DL_{50}$  oral, para ratos, superior a 2.000 mg/kg.

b) Formulações sólidas que apresentam  $DL_{50}$  oral, para ratos, superior a 500 mg/kg.

c) Formulações líquidas que apresentam  $DL_{50}$  dérmica, para ratos, superior a 4.000 mg/kg.

d) Formulações sólidas que apresentam  $DL_{50}$  dérmica, para ratos, superior a 1.000 mg/kg.

e) Formulações que não provocam de modo algum opacidade córnea, e aquelas que provocam irritação leve, reversível dentro de 24 horas, nas mucosas oculares dos animais testados.

f) Formulações que provocam irritação leve, ou um escore inferior a 3, segundo método de Draize e Cols, na pele dos animais testados.

g) Formulações que possuem  $CL_{50}$  inalatória, para ratos, superior a 20 mg/L de ar por hora de exposição.

Para facilitar a visualização do grau de toxicidade dos produtos, as embalagens devem apresentar faixas coloridas, como a seguir: a) vermelho-vivo para os produtos da Classe I; b) amarelo-intenso para os produtos da Classe II; c) azul-intenso para os produtos da Classe III; e d) verde-intenso para os produtos da Classe IV.

Os produtos das Classes I e II devem apresentar na faixa colorida, no painel frontal, um círculo branco com uma caveira e duas tibias cruzadas.

## Tamanho das embalagens

O usuário de agrotóxicos deve estimar a quantidade necessária de produto para o serviço em questão e deve comprar apenas o suficiente, evitando a estocagem de material de um ano para outro. As condições para o armazenamento de agrotóxicos por longos períodos, em uma propriedade agrícola, nem sempre atendem aos requisitos básicos para conservação das propriedades químicas de determinadas formulações.

A escolha de embalagens pequenas sempre deve ser considerada como uma boa opção, principalmente porque são mais fáceis de manusear, evitando derramamentos acidentais e, também, porque permitem reduzir sobras.

## Transporte e armazenamento

A legislação sobre transporte e armazenamento está contida no Capítulo V da Lei Federal nº 7802, de 11 de julho de 1989 (Brasil, 1995).

### Transporte

A legislação específica sobre transporte de produtos considerados perigosos determina que seja entregue ao transportador um envelope contendo fichas de emergência com instruções para casos de acidentes que devem ser lidas antes do início da viagem.

Devem ser tomadas várias precauções com vistas a proporcionar um transporte seguro do agrotóxico e conforto para aquele que o está transportando. Os agrotóxicos ou outros produtos de natureza volátil, bem como os que originam exalações nocivas ou venenosas, nunca devem ser transportados em veículos fechados, junto aos passageiros ou ao motorista.

O melhor tipo de veículo para o transporte de produtos tóxicos é o aberto, tal como as camionetas ou caminhões. Como em temperaturas altas alguns tipos de agrotóxicos apresentam uma taxa elevada de volatilização, o seu transporte em veículo fechado não é recomendável, principalmente em regiões quentes onde a temperatura interior pode

ficar muito elevada. Assim, devem ser tomadas providências para uma ventilação adequada, se o veículo for fechado. O material não deve permanecer no veículo após sua chegada ao destino. Os pós molháveis, ou outras formulações sólidas em embalagens de papel, devem ser protegidos da chuva.

Se, por falta absoluta de outro meio de transporte ou urgência na aplicação do agrotóxico, for usado um veículo de passeio para o transporte, deve ser providenciada uma ventilação adequada no interior do carro. Se o transporte for sobre o assento, este deve ser forrado com algum material impermeável, que deve ser inutilizado após o uso.

Deve-se observar se o exterior da embalagem não está contaminado (sujo, vazando), como também tomar precauções no transporte dos diversos tipos de embalagens, principalmente de plástico ou de vidro. Os recipientes devem ser calçados com papel para que não fiquem rolando de um lado para outro no veículo. Esses movimentos podem quebrar ou rachar as embalagens.

Os recipientes das formulações líquidas devem estar bem vedados, para evitar derramamentos. Os produtos devem estar sempre em suas embalagens originais.

As embalagens de papel furadas ou rasgadas devem receber cuidados especiais durante o carregamento, descarregamento e armazenamento.

De modo geral, os recipientes devem ser transportados em sacos de plástico ou caixas de papelão, por precaução adicional.

#### Instruções de emergência em caso de acidentes

- O veículo deve ser estacionado em local onde o produto não possa atingir riachos, rios, fontes de água ou mesmo a pista de rolamento.
- Notificar o fabricante ou representante mais próximo e pedir instruções.
- Colocar o equipamento completo de proteção individual.
- Sinalizar o acidente e afastar os curiosos.
- Evitar que o material se espalhe.
- Separar as embalagens danificadas.

- Cobrir o material derramado com terra ou serragem.
- Notificar o órgão de controle ambiental e outros, como polícia e corpo de bombeiros.
- Dispor adequadamente os resíduos provenientes da limpeza do local.

Não devem ser transportados herbicidas e outros agrotóxicos ou fertilizantes juntos. Qualquer derramamento poderia causar uma contaminação cruzada.

Não devem ser transportados agrotóxicos próximos ou junto de mantimentos, gêneros alimentícios ou rações para animais, porque pode ocorrer contaminação dos alimentos.

## Armazenamento dos agrotóxicos

Existem várias condições rígidas que devem ser seguidas para se armazenar agrotóxicos. Os itens relacionados a seguir devem ser familiares a qualquer pessoa que trabalhe com tóxicos agrícolas.

1) Os agrotóxicos devem ser armazenados em uma construção separada, arejada, de alvenaria, revestida com material impermeável, de fácil limpeza, sem umidade e goteiras.

2) O recinto do armazém deve ser bem ventilado e fresco. Quando os agrotóxicos estão sujeitos a altas temperaturas, podem se expandir, causando a dilatação da embalagem e, mesmo, a sua ruptura. As altas temperaturas podem reduzir a eficácia dos emulsificantes, acelerar a erosão dos recipientes e, em alguns casos, causar a deterioração do produto.

3) Os agrotóxicos devem ser armazenados em suas embalagens originais rotuladas. Nunca se deve armazená-los em recipientes tais como garrafas de bebidas ou de refrigerantes.

4) Os recipientes devem ser mantidos muito bem vedados quando não estiverem em uso.

5) Devem ser adotadas medidas para evitar o enferrujamento da base dos recipientes metálicos. As formulações sólidas tendem a se aglutinar e endurecer, quando molhadas ou sujeitas a alta umidade.



Assim, devem ser colocadas sobre estrados de madeira, para evitar a absorção da umidade direta do piso do depósito.

6) Todos os recipientes e embalagens devem ser checados periodicamente para evitar vazamentos.

7) Devem ser feitos esforços para se evitar o armazenamento de quantidades desnecessariamente grandes de agrotóxicos, registrando-se os gastos, o que fornece boas estimativas das necessidades futuras. Deve ser feito, também, inventário de todos os agrotóxicos armazenados. Os recipientes devem ser marcados com as datas de compra e de validade.

8) Não se deve armazenar, no mesmo recinto, agrotóxicos com alimentos, rações ou água, para que não ocorra contaminação desses produtos.

9) Não se deve armazenar herbicidas, especialmente os hormonais, juntamente com outros agrotóxicos ou fertilizantes, porque pode ocorrer contaminação cruzada.

10) Devem ser colocados sinais de advertência em todas as paredes, portas e janelas do depósito, onde possam ser facilmente vistos por qualquer pessoa interessada em entrar em seu interior. Se possível, deve-se cercar o depósito com uma cerca de tela fina, para evitar a entrada de animais e a aproximação de crianças.

11) O depósito de agrotóxicos deve ser construído com material à prova de incêndio.

12) Não se deve guardar roupas, respiradores, comidas, cigarros ou bebidas junto com agrotóxicos.

13) Deve ser mantida no recinto uma fonte de água corrente e sabão.

14) Deve-se evitar, ao máximo, armazenar agrotóxicos de um ano para outro. A vida útil desses produtos varia consideravelmente. Os produtos do grupo dos clorados podem ser armazenados por vários anos com pouca ou nenhuma variação química. Outros, contudo, tais como os fosforados, tendem a ter uma vida de armazenamento relativamente curta. As condições climáticas como alta temperatura, alta umidade e luz solar podem provocar a degradação dos agrotóxicos.

## Rótulo

De acordo com o Decreto nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990, que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, a embalagem e a rotulagem dos agrotóxicos e afins devem ser feitas de maneira a impedir que eles sejam confundidos com produtos de higiene, farmacêuticos, alimentares, dietéticos, bebidas, cosméticos ou perfumes (Brasil, 1995).

Deverão constar do rótulo, entre outras informações de interesse:

- a) formulação do produto (ingredientes inertes e porcentagem do agrotóxico);
- b) datas de fabricação e de vencimento;
- c) indicações sobre se é explosivo, inflamável, comburente, corrosivo ou irritante;
- d) recomendações quanto à leitura do rótulo e da bula antes do uso, e quanto ao uso de equipamentos de segurança;
- e) classificação toxicológica;
- f) instruções quanto ao armazenamento e uso e prevenção de acidentes;
- g) recomendações quanto a primeiros socorros, antídotos e tratamento;
- h) telefone de centros de informações toxicológicas; e
- i) uma faixa colorida, de acordo com a respectiva classe toxicológica: vermelho-vivo – extremamente tóxico – Classe I; amarelo-intenso – altamente tóxico – Classe II; azul-intenso – medianamente tóxico – Classe III; e verde-intenso – pouco tóxico – Classe IV.

Além do rótulo, os produtos deverão ser apresentados com folheto ou bula, no qual constem informações quanto às instruções de uso do produto (culturas e dosagens recomendadas, modo de aplicação, intervalo de segurança e de reentrada, informações sobre equipamentos de aplicação e de proteção individual, destino de embalagens), quanto à proteção do meio ambiente e quanto à proteção da saúde humana (mecanismo de ação, absorção e excreção no organismo, efeitos agudos, crônicos e colaterais).

## Rotas de Entrada dos Agrotóxicos no Organismo e Medidas Protetoras

Os caminhos pelos quais um agrotóxico pode entrar no corpo humano e provocar um envenenamento são, basicamente, três: pela boca

(exposição oral); pele (exposição dérmica); e respiração ou inalação (exposição respiratória ou inalatória).

## Exposição oral

Apesar de não ser considerada a maior fonte de exposição ocupacional aos agrotóxicos, a exposição oral e a subsequente absorção através do trato gastrointestinal é, com poucas exceções, a exposição mais perigosa, devido à rápida absorção interna e à possibilidade de morte rápida. Geralmente, quando o agrotóxico é recebido dentro da boca em quantidade suficiente para causar sérios danos ou morte, é consumido por acidente, como consequência de uma negligência grosseira, ou pela intenção de suicídio. A ingestão oral acidental é, na maioria dos casos, resultado da colocação do agrotóxico em embalagens não rotuladas, tais como recipientes de bebidas ou alimentos, ou da sua armazenagem em locais onde crianças e adultos desavisados podem consumi-lo.

O meio mais comum de ingestão de agrotóxicos é através dos respingos ou escorrimentos acidentais na boca, ou pelo ato de enxugar a face com as mangas, punhos ou mãos contaminados.

Outras formas de exposição oral aos agrotóxicos são a manipulação de alimentos com as mãos contaminadas, o uso de utensílios para bebidas contaminados e a preocupação em desobstruir bicos ou tubulações dos pulverizadores, assoprando-os.

A exposição oral pode ser minimizada pela adoção das seguintes medidas: a) checar o rótulo quanto a instruções especiais ou advertências; b) etiquetar as embalagens dos produtos perigosos com desenhos e/ou ilustrações, com os quais qualquer pessoa possa identificar a periculosidade do agrotóxico; c) nunca comer ou beber durante a pulverização ou polvilhamento; d) lavar-se completamente antes de comer ou beber; e) não tocar os lábios em objetos ou superfícies contaminados; f) não esfregar a boca com as mãos, antebraços ou roupas, durante a manipulação ou aplicação do agrotóxico; g) não deixar expostos alimentos e bebidas, bem como seus recipientes, aos agrotóxicos; e h) quando uma pessoa estiver envolvida em operações nas quais estão sendo usados produtos altamente tóxicos, cujos rótulos não apresentem

advertências para a ingestão oral, é aconselhável que ela use uma proteção facial, se existir risco de espirramentos.

## Exposição dérmica

A maioria das fontes de informação indica que a absorção pela pele é a causa mais comum de intoxicações dos trabalhadores rurais.

A absorção através da pele pode ocorrer como resultado de escorrimentos, espirramentos ou deriva, quando os agrotóxicos estão sendo medidos, misturados, colocados no tanque do equipamento ou aplicados. Pode ocorrer, também, o contato com uma deposição ou resíduo remanescente de algum tratamento de cultura.

Existem vários fatores que afetam a absorção de um agrotóxico. Esses fatores incluem: a) estado da pele do usuário (cortes e abrasões podem facilitar a penetração do pesticida); b) temperatura (sob condições de temperatura alta há dilatação dos poros da pele, o que facilita a penetração do agrotóxico); c) umidade e vento; d) propriedades físico-químicas do agrotóxico – formulação (solventes e surfactantes) e concentração do princípio ativo; e) tipo da atividade ou método de aplicação; e f) frequência e duração da exposição.

Todos esses fatores devem ser levados em consideração quando se fizer a seleção das roupas e equipamentos de proteção contra a exposição dérmica ao agrotóxico. O tipo e a quantidade da roupa protetora necessária depende do tipo de trabalho executado e do tipo de agrotóxico que está sendo usado. Vários fatores são importantes na determinação das necessidades de proteção: a toxicidade e a concentração do agrotóxico que está sendo usado, o grau de exposição esperado durante a execução do trabalho e a duração dessa exposição.

## Exposição respiratória

Os agrotóxicos são inalados, algumas vezes, em quantidade suficiente para causar danos ao sistema respiratório e ao organismo em geral.

Os vapores e as partículas extremamente finas representam o perigo mais sério da exposição respiratória, já que são absorvidos quase

totalmente pela superfície dos alvéolos pulmonares. Portanto, durante a manipulação e a aplicação de agrotóxicos, quando prevalecerem gotas muito pequenas, pós ou vapores em suspensão no ar, é necessária a adoção de algumas medidas de proteção do sistema respiratório.

A exposição respiratória é relativamente baixa quando se aplicam agrotóxicos diluídos, com os equipamentos de aplicação convencionais. Isso ocorre devido ao tamanho relativamente grande das gotas produzidas pelos pulverizadores hidráulicos.

Quando se usa equipamento de aplicação de baixo ou ultrabaixo volume, o risco da exposição respiratória aumenta, devido ao pequeno tamanho das gotas produzidas. Quando a aplicação é confinada a espaços fechados, o risco de exposição respiratória também aumenta.

As partículas ou as gotículas menores que 10 micrometros são as mais perigosas para o sistema respiratório. Aquelas menores que 5 micrometros alcançam, com maior facilidade ainda, os pulmões, sendo, portanto, mais rapidamente absorvidas (Couts, 1980).

A proteção do sistema respiratório é feita com aparelhos denominados respiradores. Os respiradores, normalmente, são desconfortáveis, principalmente nas condições climáticas do ambiente agrícola, mas é importante que o usuário compreenda a necessidade da proteção das vias respiratórias.

Nem todas as operações desenvolvidas, desde o preparo da calda até a aplicação, apresentam a mesma periculosidade. Por exemplo, um tratorista que traciona um pulverizador de barras, em condições de pouco vento, não está tão exposto como aquele trabalhador que efetua a pulverização com pulverizadores costais motorizados, situação esta na qual é obrigatório o uso das máscaras de proteção. Durante o preparo da calda e abastecimento do pulverizador, também, é recomendável o uso do respirador.

Os equipamentos de proteção respiratória podem ser classificados como independentes do ar atmosférico (máscara de oxigênio) e dependentes do ar atmosférico (máscara com filtros). Para proteção contra os agrotóxicos agrícolas, os equipamentos dependentes são os mais utilizados.

Dentre os equipamentos dependentes, os respiradores semifaciais, que cobrem a boca e o nariz, são bastante usados. As principais vantagens do respirador semifacial estão no seu baixo peso e na boa vedação que proporcionam. Entretanto, o traçado da linha de vedação sobre o nariz, bochechas e queixo é desfavorável, em vista da grande variação no tamanho e formato de rosto dos usuários. Este equipamento deve ser usado com filtro de encaixe, de preferência em locais de baixa concentração de poluentes. O usuário deve ter a barba bem escanhoada para uma perfeita vedação do equipamento.

As máscaras faciais envolvem completamente o rosto, oferecendo uma proteção simultânea para a respiração e a visão. São indispensáveis em ambiente onde exista o perigo de contaminação dos olhos.

## Equipamentos de proteção individual (EPI)

A motivação e a conscientização sobre a importância do uso de EPI para a prevenção de acidentes de natureza toxicológica ainda não são suficientes em nosso país. Os riscos de exposição aos agrotóxicos variam em função do tipo de equipamento, tempo de aplicação, cultura e condições climáticas. Entretanto, esta exposição pode ser minimizada de diferentes formas. Além dos EPIs, outros princípios de proteção podem ser utilizados, como a distância, o tempo e o método de trabalho.

A proteção por distância envolve modificações no equipamento usado para aplicação, de forma que o trabalhador seja afastado tanto quanto possível da provável rota de absorção do produto. A proteção por tempo envolve a limitação de horas de trabalho. A conveniência ou não da aplicação desse método depende do comportamento do agrotóxico no organismo, ou seja, se ele é excretado facilmente ou se é cumulativo. A proteção por mudança no método de trabalho envolve a reconsideração dos detalhes da operação, como a seleção do equipamento e da natureza física do produto a ser aplicado.

O Ministério do Trabalho, mediante a Portaria nº 3.067 de 12 de abril de 1988, aprovou as Normas Regulamentadoras Rurais (NRR), sendo a de nº 4 sobre o uso de EPIs. Essa NRR-4 considera como EPI todo dispositivo de uso individual destinado a preservar e proteger a



integridade física do trabalhador. Os EPIs devem ser usados: a) sempre que as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou não oferecerem completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho e/ou doenças profissionais; b) enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas; e c) para atender situações de emergência.

Os EPIs devem ser utilizados para proteção da cabeça, dos olhos e da face, da audição, das vias respiratórias, dos membros superiores e inferiores ou do tronco, durante a manipulação, preparo e aplicação dos agrotóxicos e afins, fertilizantes e corretivos. Para o caso da aplicação de agrotóxicos, o grau de exposição das diferentes regiões do corpo varia com o método de aplicação empregado e a natureza do alvo tratado. Dessa forma, as características do EPI devem ser específicas para cada situação de exposição.

Santos (1989) avaliou qualitativamente o grau de exposição ao qual os aplicadores ficam submetidos durante as aplicações de agrotóxicos, em diferentes culturas e com diferentes equipamentos de aplicação. Os resultados apresentados pelo autor demonstram que o pulverizador costal, quando utilizado, em cultura de porte baixo, promove uma pesada contaminação das pernas do aplicador. Entretanto, este quadro muda quando ele é usado em culturas envaradas, como o tomate e as parreiras de uva, ou culturas de porte médio, como, por exemplo, o fumo e o café, onde o aplicador necessita movimentar verticalmente a lança para proporcionar uma cobertura adequada das plantas com a calda tóxica. Nesses casos, o aplicador se desloca dentro de uma névoa de gotas em suspensão no ar, contaminando as regiões mais elevadas do corpo. Foi observado por esse autor (Santos, 1989) que o pulverizador costal proporcionou vazamentos de calda nas costas do aplicador, originados no respiro da tampa do equipamento. Por isso, recomenda-se não encher completamente o tanque dos equipamentos, pois as tampas possuem respiros ou em outros casos não vedam bem, ocasionando escorrimento nas costas do operador.

Os pulverizadores estacionários, muito usados em floricultura (compostos de um tanque, bomba e mangueiras móveis com pequenas barras de bicos hidráulicos transportadas pelos aplicadores), apresentam alto risco de exposição. Na pesquisa realizada por Santos (1989),

após pouco tempo de operação, o operador apresentava quase todas as partes do corpo atingidas pela calda tóxica.

Os pulverizadores tipo pistola, utilizados em citros ou mangueiras, dependendo do espaçamento e do porte da cultura, podem proporcionar uma contaminação pesada nas regiões da cabeça, braços, tórax e abdômen do aplicador. As mãos e as pernas podem ser eventualmente contaminadas por escorrimentos durante a aplicação.

Os pulverizadores tratorizados de barra apresentam um risco muito pequeno para o aplicador (tratorista), quando usados em culturas de porte inferior a 50 cm. Entretanto, à medida que o porte da cultura se torna maior, o risco de contaminação do aplicador aumenta, principalmente se houver vento durante a aplicação.

Os pulverizadores tratorizados turbinados (ventiladores), largamente empregados em citros e café, promovem uma contaminação relevante na cabeça e nos ombros do aplicador devido à deriva das gotículas produzidas pelo equipamento (Santos, 1989).

A determinação do grau de exposição das diferentes regiões do corpo serve para definir o tipo de proteção necessária. De maneira geral, para uma proteção mínima, exige-se pelo menos um chapéu ou outra proteção para a cabeça, uma camisa de mangas compridas, calças compridas ou trajas do tipo macacão, botas ou botinas e luvas.

O fato de o uso de EPIs ser considerado prioritário traz consequências negativas. O trabalhador, sentindo-se protegido pelo equipamento, pode se expor demasiadamente durante o trabalho, aumentando os riscos, pois o simples uso de EPIs não garante sua segurança se forem esquecidas as demais medidas de segurança preventiva (boa prática de trabalho, higiene pessoal, manutenção do equipamento e treinamento). Além disso, muitos desses equipamentos foram desenvolvidos para uso industrial, o que nem sempre os faz adequados ao uso na agricultura.

O uso de EPIs deve ser orientado quanto à necessidade e à ocasião de emprego, eliminando equívocos de uso como, por exemplo, o crédito dado ao uso de respiradores, sem outro tipo qualquer de proteção. No que se refere às intoxicações ocupacionais por agrotóxicos (com exceção dos fumigantes) na agricultura, a principal rota de entrada no organismo é a dérmica (90% da exposição total recebida, principalmente as mãos).

Quanto aos respiradores, deve ser informado, ainda, que possuem diferentes tipos de filtros, adequados a situações específicas e com tempo de vida útil predeterminado pelo fabricante. Além disso, o trabalhador deve estar bem barbeado para que eles funcionem eficientemente.

Não existem equipamentos de proteção específicos para a aplicação de agrotóxicos, e a pesquisa de novos materiais para a roupa de proteção necessita de respostas em diversas áreas: a) permeabilidade do tecido às diferentes formulações; b) testes de campo quanto à eficácia em reduzir a exposição com diversos equipamentos de aplicação; c) desenvolvimento e padronização de métodos para avaliar a proteção conferida pela roupa; d) efeitos de procedimentos de descontaminação; e) efeitos do desenho da roupa; f) durabilidade e degradação do material utilizado na confecção da roupa; e g) sistema de manutenção, atualização e disseminação de informações a esse respeito entre os extensionistas e trabalhadores.

As vantagens relativas e as características de compatibilidade de uma roupa de proteção podem ser determinadas através de critérios, como disponibilidade no mercado, preço, opinião dos usuários, e exposição que ocorre na aplicação do agrotóxico. O trabalhador deve estar protegido dos danos potenciais de um produto, porém com conforto; e se uma roupa de proteção for aceita como eficaz e confortável, seu uso será difundido mais facilmente entre os trabalhadores através de encontros, campanhas educativas ou lances promocionais. O componente social de aceitabilidade da roupa também não pode ser esquecido (estética e facilidade de movimentos).

As roupas de plástico ou emborrachadas reduzem a exposição dérmica, mas em condições de clima quente são muito desconfortáveis.

Orlando et al. (1984) testaram outros materiais, como cambraia tratada com Scotchgard (impermeabilizador de tecido composto por 1,1,1 - tricloroetano e refina fluxo-alifática); Tyvek (fios de defina) Crowntex<sup>R</sup> (fibra de polipropileno entrelaçado); Gore-Tex<sup>R</sup> (náilon com politetrafenoxifileno). Os tecidos Gore-tex<sup>R</sup>, Tyvek<sup>R</sup> e Crowntex<sup>R</sup> compuseram o grupo que proporcionou menor penetração do inseticida metil-azimfós. A cambraia com Scotchgard compôs o segundo grupo e a cambraia não tratada o terceiro. Os tecidos do primeiro grupo deram 25 vezes mais proteção contra penetração, em relação aos do segundo.

A cambraia tratada proporcionou 1,2 vezes mais proteção que a não tratada.

Embora diferentes tipos de roupas de proteção, em algumas situações de trabalho, tenham demonstrado reduzir a exposição aos agrotóxicos, a eliminação total dessa exposição ainda não foi observada. Além disso, após o uso, as lavagens têm a sua eficiência reduzida, com o tempo. O macacão de brim grosso (confeccionado com 100% de algodão) proporciona uma boa proteção contra a penetração da névoa agrotóxica na pele do aplicador, embora a intensidade de deposição de pesticidas e o tamanho das áreas contaminadas aumentem com o tempo de trabalho.

De acordo com a região do corpo mais atingida podem-se usar vestimentas, ou parte delas, impermeabilizadas. Assim, para a cabeça, utilizar capuz ou chapéu, para os membros superiores, mangas compridas, para o tórax e coxas, avental e para as pernas, perneiras. Entretanto, devido às nossas condições climáticas e ao grande esforço físico durante a aplicação, há rejeição por parte do trabalhador à utilização de EPIs. É aconselhável o uso de avental e luvas impermeáveis pelo menos durante as operações de enchimento de tanque, preparo da calda, desentupimento ou substituição de bicos, e reparos do pulverizador quando em operação no campo. Essas operações oferecem muitos riscos de intoxicação, principalmente com os produtos mais tóxicos.

## Cuidados na lavagem dos EPIs

- Lavar separadamente do resto da roupa da família.
- Após a lavagem, a máquina de lavar roupas ou o tanque devem ser limpos.
- A água quente, a 60°C, é mais eficiente para remover os resíduos de pesticidas das roupas.
- Quando a aplicação dura cinco ou mais horas, ou o produto é pouco solúvel em água, é recomendável que a roupa passe por duas ou três lavagens.

- A eficiência da lavagem depende da formulação utilizada. Compostos com maior solubilidade em água são mais facilmente removidos.
- Botas ou calçados de couro ou lona adsorvem o produto que atinge sua superfície, mas liberam-no futuramente para a pele do indivíduo, tornando-se assim uma perigosa fonte de contaminação. Por isso, os calçados devem ser impermeáveis e, após o uso, devem ser lavados por dentro e por fora.

## Cuidados gerais quando se manipulam agrotóxicos

Selecionado o produto certo para o trabalho, deve-se ler o rótulo e executar os cálculos necessários para a diluição adequada. Deve-se dispor de equipamentos de proteção adequados, incluindo roupas, respiradores, se necessário, luvas protetoras e, também, os equipamentos de primeiros socorros.

A mistura deve ser preparada em lugares bem ventilados e nunca se deve trabalhar sozinho quando se manipular produtos concentrados. As embalagens devem ser abertas com muito cuidado. Não posicionar qualquer parte do corpo sobre a tampa ou boca da embalagem, durante a sua abertura. Uma liberação violenta de pressão poderia espirrar o produto no corpo. Os sacos de papel ou de outro material devem ser abertos com algum objeto cortante. Não rasgar as embalagens, pois as formulações secas podem produzir nuvens de pó em altas concentrações. Não preparar, misturar ou abastecer produtos contra o vento.

Todas as quantidades de agrotóxicos devem ser rigorosamente medidas como recomenda o rótulo. O usuário deve dispor dos recipientes de medição e transferência adequados. As balanças ou recipientes de medição devem permanecer no local de armazenamento dos agrotóxicos e não devem ser usados para outros fins, por estarem contaminados. Os aparelhos de medição devem ser lavados com água e sabão, após cada uso.

Quando os recipientes de agrotóxicos concentrados forem esvaziados e drenados, devem ser enxaguados com água ou com outro diluente que estiver sendo empregado na aplicação. Deve-se efetuar, no mínimo, três enxaguadas, drenando o recipiente por pelo menos 30 segundos. Utilizar um quarto do volume total do recipiente em cada enxaguada. O líquido residual de cada enxaguada deve ser jogado dentro do tanque do pulverizador, antes de ter sido completado o volume desejado. Se houver derramamentos, estes devem ser limpos imediatamente. Se o produto foi derramado sobre a pele, esta deve ser lavada imediatamente com água e sabão. As luvas de proteção devem ser lavadas antes de serem retiradas das mãos e, freqüentemente, devem ser trocadas por outras novas, mesmo que não apresentem furos ou sinais aparentes de desgaste.

A roupa de proteção contaminada deve ser trocada logo após o uso e também lavada antes de ser reutilizada. Não se deve guardar ou lavar roupas contaminadas juntamente com outros itens de proteção ou roupas comuns não contaminadas.

As pessoas que preparam caldas, manipulam ou aplicam agrotóxicos agrícolas nunca devem aspirar produtos por meio de si-fões, fumar, beber ou comer antes de se lavarem completamente.

A aplicação deve ser realizada na época adequada, usando as doses recomendadas, para evitar a permanência de resíduos indesejáveis nos alimentos. Não se deve aplicar dose maior do que a recomendada nos rótulos ou pelo serviço de extensão rural. Para aplicar a quantidade de agrotóxico correta, o equipamento deve estar bem calibrado. Deve-se conhecer a vazão do equipamento para se calcular exatamente a quantidade de agrotóxico que deve ser colocada no tanque da máquina.

O equipamento de aplicação deve estar limpo e em boas condições de operação, pois um equipamento em más condições pode provocar riscos desnecessários ao usuário, bem como possíveis danos à cultura e ao meio ambiente. O tempo gasto durante a aplicação para calibrar ou ajustar um equipamento sem condições de operação, além de constituir desperdício, pode provocar excessiva exposição do aplicador ao produto.



Muitos rótulos mencionam o “intervalo de segurança”, que é o espaço de tempo entre a última aplicação e a colheita, para que o resíduo do agrotóxico desapareça ou baixe a um nível de tolerância específico, para não intoxicar o consumidor. O mesmo produto pode ter diferentes intervalos de segurança para as diferentes culturas (dosagens, partes tratadas). Esse “intervalo de segurança” deve ser rigorosamente seguido.

Deve-se tomar cuidado durante a aplicação para que o produto não atinja áreas não intencionadas. Da mesma forma, deve-se tomar extremo cuidado para evitar a contaminação de rios, lagos, açudes e nascentes.

Se alguma pessoa sentir-se mal, ou apresentar algum sintoma físico irregular durante a aplicação do agrotóxico, deve parar imediatamente o trabalho e procurar um médico.

Outra maneira de reduzir a exposição dérmica e inalatória dos indivíduos que misturam e abastecem os tanques dos pulverizadores tem sido obtida com o desenvolvimento da tecnologia de sistemas fechados de transferência dos agrotóxicos.

Nesses sistemas, a própria máquina retira o produto das embalagens e o mistura com a água antes da pulverização. Enquanto a roupa protetora é projetada para proteger o trabalhador das substâncias dispersas no ambiente de trabalho, os sistemas fechados são projetados para prevenir tais dispersões. Essas duas medidas podem ser usadas separadamente ou em conjunto, a fim de diminuir a exposição do trabalhador.

## Reentrada em área tratada com agrotóxico

Podem ocorrer sérios acidentes de intoxicação com as pessoas que trabalham em áreas recentemente tratadas. Dessa forma, neste trabalho, são apontados alguns critérios que devem ser observados durante e depois da aplicação, para melhorar a segurança no uso dos agrotóxicos.

Não se devem efetuar aplicações que venham expor pessoas aos agrotóxicos, direta ou indiretamente, exceto aquelas diretamente envolvidas na aplicação.

Uma vez que se aplicou agrotóxico em uma área, é recomendável que se coloquem avisos, para evitar acidentes. Nos avisos, devem constar o nome do produto, a época de aplicação e o prazo durante o qual devem ser usados os equipamentos de segurança por pessoas que necessitem entrar na área. Se for necessária a entrada de trabalhadores na área tratada, os responsáveis deverão informá-los do tratamento, da data da aplicação e fornecer-lhes os equipamentos de proteção adequados.

Se houver necessidade de entrar em áreas recentemente tratadas, é recomendável que se espere a pulverização secar ou o pó assentar. Não se deve entrar em condições úmidas.

Uma aplicação de pesticida resulta em um depósito inicial, de acordo com a quantidade utilizada nas folhas, no solo e no ambiente adjacente. Durante o intervalo de reentrada, este depósito diminui em magnitude e pode sofrer mudanças em sua composição química original, reduzindo assim o risco de efeitos tóxicos para o trabalhador.

O intervalo de segurança, ou seja, o período que se deve esperar para fazer a colheita, e que normalmente consta no rótulo, não deve ser confundido com o intervalo de reentrada. O intervalo de segurança é o tempo decorrido entre a última aplicação e a colheita.

## Referências

AKENSON, N.B.; YATES, W.E. **Pesticide application equipment and techniques**. Rome: FAO, 1979. 257p. (FAO Agricultural Services Bulletin).

BOHMONT, B.L. **The new pesticide user's guide**. Fort Collins: B. & K. Enterprises, 1981. 402p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Defesa e Inspeção Federal. **Legislação federal de agrotóxicos e afins**. Brasília, 1995. 120p.

BROOKS, F.A. The drift of poisonous dusts applied by airplanes and land rigs. **Agricultural Engineering**, Sri Lanka, v.28, n.6, p.233-244, 1947.

BROWN, A.W.A. **Insect control by chemicals**. New York: John Wiley, 1951. 817p.

CARVALHO, P.C.T. Importância das doenças das plantas. In: GALLI, F., ed. **Manual de fitopatologia - princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1978. v.1, p.15-51.

CHAIM, A. Desenvolvimento de um pulverizador eletrohidrodinâmico: avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips (*Enneothrips flavens* Moulton, 1951), em amendoim (*Arachis bipogaea* L.). 1984. 107p. Dissertação (Mestrado) - FCAV, UNESP, 1984.

COFFEE, R.A. Electrodynamic energy: a new approach to pesticide application. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE: PESTS AND DISEASES, 1979, Brighton. **Proceedings...** Croydon: BCPC, 1979. p.777-789.

COURSEE, R.J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.5, p.327-352, 1960.

COUTS, H.H. Field worker exposure during pesticide application. In: TORDOIR, W.F.; VAN HESTRA-LEQUIN, E.A., ed. **Field worker exposure during pesticide application**. Amsterdam: Elsevier, 1980. p.39-45.

ENDACOTT, C.J. Non-target organism mortality: a comparison of spraying techniques. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PROTECTION, 10., 1983, Brighton. **Proceedings...** Croydon: BCPC, 1983. v.2, p.502.

FRASER, R.P. The fluid kinetics of application of pesticidal chemicals. **Advances in Pest Control Research**, New York, v.23, p.1-206, 1956.

GRAHAM-BRYCE, I.J. Crop-protection: a consideration of effectiveness and disadvantages of current methods and the scope for improvement. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, Series B, London, v.281, p.163-179, 1977.

HIMEL, C.M. Analytical methodology in ULV. In: SYMPOSIUM FOR SPECIALISTS IN PESTICIDE APPLICATION BY ULV METHODS,

2., 1974, Cranfield. **Proceedings...** Brighton: BCPC, 1974. p.112-119. (BCPC. Monographs, 11).

HIMEL, C.M. The optimum size for insecticide spray droplets. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.62, n.4, p.919-925, 1969.

HIMEL, C.M.; MOORE, A.D. Spray droplet size in control of spruce budworm, boll weevil, bollworm, and cabbage looper. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.62, n.4, p.916-918, 1969.

MATTHEWS, G.A. **Pesticide application methods**. New York: Longman, 1982. 336p.

MILLER, E.P. Electrostatic coating. In: MOORE, A. D., ed. **Electrostatics and its applications**. New York: John Wiley, 1973. p.250-306.

ORLANDO, J.; BRANSON, D.; HENRY, M. The development and evaluation of protective apparel for pesticide applicators. In: SIEWIERSKI, M., ed. **Determination and assesment of pesticide exposure**. Amsterdam: Elsevier, 1984. p.39-52.

QUANTICK, H.R. **Aviation in crop protection, pollution and insect control**. London: Collins, 1985a. 447p.

QUANTICK, H.R. **Handbook for agricultural pilots**. London: Collins, 1985b. 265p.

ROSE, G.J. **Crop protection**. London: Leonard Hill, 1963. 490p.

SANTOS, H.N.G. **Avaliação qualitativa da exposição dos aplicadores aos pesticidas em diversas culturas**. São Paulo: Fundacentro, 1989. 52p.

SWATICK, D.S. Nonimpact printing. In: MOORE, A.D., ed. **Electrostatics and its applications**. New York: John Wiley, 1973. p.307-335.