

ENCONTRO SUL AMERICANO DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS



TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS I

ALDEMIR CHAIM  
CENTRO NACIONAL DE PESQUISA  
DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS  
EMBRAPA

FAO/EMBRAPA/EMBRATER/CATI

## 1. O ALVO BIOLÓGICO

Um defensivo necessita ser aplicado em áreas "alvos" ocupados por um inseto, doença ou erva daninha.

Normalmente, a proteção das culturas contra danos de insetos ou doenças é aceito como um processo agrícola comum, semelhante a adubação ou controle de ervas daninhas. Desta maneira, o agricultor adquire defensivos, da mesma forma como ele compra fertilizantes, para espalhar sobre determinadas culturas. Por isto, é aceito que a aplicação de defensivos agrícolas só é eficiente quando o defensivo é uniformemente distribuído sobre toda a superfície da planta, e quando a maior parte possível é retida no campo para o qual foi destinado, isto é, a recuperação é maximizada (JOYCE et alii, 1977). É este conceito de "eficiência" que é a primeira causa dos efeitos locais indesejados na pulverização de culturas, e que tem levado HIMEL (1974) descrever o atual sistema de aplicação de defensivos como o processo industrial mais ineficiente já praticado.

Em termos comparativos, SPILLMAN (1982) ilustra a ineficiência da aplicação de defensivos, quando diz que, se um atirador iniciar seus disparos nos primeiros instantes do 1º dia de fevereiro e continuar metralhando à razão de 4 tiros por segundo visando um determinado alvo, existe a probabilidade que somente lá pelo 1º dia do mês de março ele atinja o alvo.

As aplicações de defensivos podem ser eficazes mas não são eficientes (COURSHEE, 1960), pois a eficiência da aplicação de defensivos pode ser conseguida apenas por uma definição mais rigorosa do alvo biológico, que é selecionado levando em consideração o conhecimento do hábito da praga e a rota de entrada do defensivo escolhido. A natureza do alvo biológico determina o tamanho da gota que deve ser usada para assegurar o objetivo específico da aplicação (JOYCE et alii, 1977). Desta maneira, o equipamento de aplicação que maximizar o número de gotas de tamanho ótimo e o conhecimento do mecanismo de transferência de tais gotas para o seu destino, devem ser empregados para melhorar a eficiência na aplicação.

A definição do alvo biológico necessita de um conhecimento da biologia da praga, na ordem de determinar em qual estágio ela é mais vulnerável ao defensivo. Infelizmente, apenas uma pequena parte da população da praga pode estar num estágio mais suscetível em um determinado tempo. Os insetos tem vários estágios distintos durante o seu ciclo de vida, por exemplo, ovos, ninfas e adultos ou estágios larvais e pupais distintos. Da mesma forma com ervas daninhas, a folhagem pode ser afetada por herbicidas, onde as sementes podem permanecer intactas, possibilitando às ervas daninhas recolonizar a área.

Uma definição teórica de alvo biológico é dada por JOYCE et alii (1977), como sendo uma entidade abstrata, para uma população de entidades semelhantes, que tem uma distribuição no tempo e no espaço.

O alvo para uma determinada cultura pode variar enormemente, dependendo das espécies da praga. Por exemplo, considerando algumas lagartas da folha de algodão, a Alabama argillacea Hb. no seu terceiro instar movimenta-se sobre as superfícies expostas das folhas e podem ser facilmente controladas por gotas de pulverização que se depositam no topo das plantas; por outro lado, certas Spodopteras spp, movimentam-se sobre as folhas somente durante a noite, de maneira que, os inseticidas pulverizados a baixo volume à noite são mais efetivos que quando aplicados de manhã. Entretanto, outras Spodopteras spp, movimentam-se na face inferior das folhas e permanecem muito bem protegidas dos inseticidas (MATTHEWS, 1977).

Uma maneira de se controlar os insetos seria a distribuição dos adultos, apesar de nesta fase e em numerosos casos não produzirem danos na cultura, mas, evitar-se-ia a concepção de sua descendência (BALS, 1971). A fase migrante do adulto, pode ser o alvo mais lógico que o estágio larval, especialmente porque um grande número de larvas não são detectadas facilmente durante o 3º ou 1º instar, devido ao fato de que elas podem se alimentar na superfície inferior das folhas, ou perfurações dentro das hastes ou frutos. Quando são detectadas, já pode ter ocorrido dano considerável e as larvas podem ser tão grandes que seriam necessárias doses relativamente grandes do defensivo para cusar uma mortalidade significativa (MATTHEWS, 1977).

Muitas vezes o alvo é o habitat e/ou suprimento alimentar da praga. Infelizmente, o habitat e/ou suprimento alimentar da praga é também na maioria dos casos o nosso suprimento alimentar e a deposição do defensivo diretamente sobre o alvo é impossível ou impraticável, sendo necessário portanto, um método indireto de contaminação da praga (BALS, 1973).

O alvo para herbicidas pode ser, normalmente, a semente da erva daninha para prevenir a germinação ou matar as plântulas imediatamente após a germinação; as raízes, rizomas ou outros tecidos subterrâneos; o tronco, especialmente quando aplicados para plantas arbóreas; a folhagem; ou as gemas apicais.

O alvo para fungicidas seria a planta toda para prevenir a germinação dos esporos do fungo (BALS, 1973), mas MATTHEWS (1977) diz que a cobertura seletiva tem conseguido bons resultados quando o fungicida tem sido dirigido para o mesmo local dos esporos.

## 1.1. A Dose - Alvo

No controle de insetos, o alvo final que se deseja atingir é o seu centro nervoso em algum estágio de seu desenvolvimento, e, sob este aspecto, provavelmente 1 ppm de inseticida seria suficiente para matar um inseto (BALS, 1971, 1973).

Alguns pesquisadores tem trabalhado no sentido de se determinar a dose de ingrediente ativo capaz de matar determinadas pragas na agricultura. BROWN (1951) informou que seriam necessários  $3 \times 10^{-2}$  µg de inseticida para matar um inseto; consequentemente, para uma população de um milhão seriam necessários que apenas 30 mg atingisse o alvo; não obstante, 3.000 vezes esta dose são normalmente aplicados para o controle efetivo da praga no campo. Da mesma forma, JOYCE et alii (1977) concluíram que para matar 10.000 lavras de Heliothis armigera Hb, população esta capaz de causar dano econômico no algodão, seriam necessários apenas 100µg de DDT, sendo que entretanto, eram aplicados 1,0 kg, ou seja,  $10^7$  vezes a dose necessária.

O objetivo da aplicação de defensivos é colocar a quantidade certa de princípio ativo no alvo desejado, com a máxima eficiência, sem afetar o meio ambiente e da maneira mais econômica possível. Não se pode limitar a afirmação que uma praga possa ser controlada pela aplicação de X gramas de ingrediente ativo por hectare, pois assim, nunca será melhorada a baixa eficiência da aplicação de defensivos que é típica a aplicação agrícola atual. A eficiência na aplicação de defensivos agrícolas só pode ser conseguida se for feita uma definição mais rigorosa do alvo biológico, pois a natureza do alvo determina o tamanho das partículas com o defensivo, a quantidade e a aplicação específica que deve ser usada.

## 2. CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS

Atualmente, os métodos de aplicação de defensivos podem ser fundamentalmente classificados de acordo com o material diluente das formulações, ou seja, aplicações de sólidos e gases. A aplicação de gases, sendo de interesse restrito, não será abordada no curso.

### 2.1. Aplicação de Sólidos

Dependendo da granulometria, do material empregado, a aplicação de sólidos encerra duas modalidades: aplicação de pós e aplicação de grânulos.

#### 2.1.1. Aplicação de Pós

Segundo ROSE (1963) a aplicação de formulação "pó seco" pode ser feita através de 5 tipos de aparelhos. A divisão está baseada na fonte de potência empregada.

Desta forma, as polvilhadoras poderiam ser operadas pela mão, pelo movimento de rodas no solo, pela tomada de força de um trator ou por um motor. A quinta fonte seria aquela que é comumente usada quando o polvilhamento é feito por avião, ou seja, ar é forçado em um estreito venturi, pelo movimento desenvolvido pelo avião, e no seu percurso ele coleta o pó.

Todas as polvilhadoras consistem, fundamentalmente, de um reservatório (depósito), um sistema de agitação para manter o pó em movimento de maneira a facilitar-lhe a passagem através de um mecanismo de alimentação, para uma corrente de ar, que o conduz para a saída, na forma de uma nuvem turbulenta de partículas. A corrente de ar pode ser produzida por um ventilador, um venturi ou foles. Estes componentes básicos tem sido incorporados numa série de projetos de várias polvilhadoras.

A aplicação de pó tem uma vantagem principal no fato de que o produto não necessita ser diluído ou misturado pelo usuário.

As polvilhadoras são equipamentos normalmente de baixo custo e de fácil manutenção e são de alta capacidade operacional.

Como desvantagens poderiam ser apontadas as seguintes: grande perigo de inalação das partículas; custo de transporte de ingrediente ativo maior do que outras formulações (grande volume de diluente); baixa retenção das partículas nos alvos; deriva excessiva, etc. Estes inconvenientes fazem com que o polvilhamento seja atualmente um processo cada vez menos empregado.

### 2.1.2. Aplicação de Grânulos

O equipamento aplicador de grânulos (granuladoras) é bastante simples, constituído de um depósito com saída regulável e um conduto direcionável para o local de aplicação. Existem poucos fabricantes especializados para tais equipamentos e muitas vezes são improvisados nas próprias fazendas (MATUO, 1980).

Segundo WALKER (1976) uma boa granuladora deveria possuir as seguintes características:

- a) fornecer com precisão a quantidade calibrada, continuamente ou intermitentemente;
- b) espalhar as partículas uniformemente;
- c) evitar danos nas partículas por trituramento ou por impactos;
- d) misturar e alimentar adequadamente o material para o sistema dosador;
- e) fácil de usar, calibrar, reparar ou substituir partes gastas;
- f) as versões leves, manuais ou costais necessitam ser confortáveis para carregar;
- f) deve ser robusto;
- h) deve ser à prova de corrosão, abrasão e umidade;
- i) deve ser barato.

## 2.2. Aplicação de Líquidos

A aplicação de líquidos é feita por meio de pulverizadores. Todos os pulverizadores tem três funções comuns. A calda é armazenada em um recipiente (tanque), do qual é movimentada, por um sistema de bomba de pressão ou gravidade, para uma ou mais saídas denominadas de "bicos". Um bico é, estritamente, o final de um tubo através do qual o líquido pode emergir como um jato. Para os propósitos deste curso, o termo "bico" é usado com um significado mais amplo de algum artifício através do qual o líquido é emitido na forma de gotas, dispersadas a curtas distâncias. Distribuições mais distantes das gotas da pulverização são influenciadas principalmente por movimentos do ar natural, embora em certos pulverizadores usa-se um fluxo de ar que arrasta e direciona as gotas para o alvo apropriado.

Normalmente a quantidade de líquido pulverizado é dosada pelo próprio bico, mas em alguns pulverizadores tais como os pulverizadores costais motorizados o líquido é dosado por meio de um limitador (restrictor) separado. O bico é, sem dúvida, a parte mais importante de um pulverizador, não obstante, ele é muitas vezes negligenciado e raramente checado para assegurar que os caríssimos defensivos sejam aplicados na quantidade certa. Algumas vezes os bicos são chamados de "atomizadores", mas não são produzidos átomos dos líquidos e o uso da palavra "atomizador" deveria ser evitada. Não existe um bico universal e diferentes modelos são usados para conseguir o espectro de gota apropriado. É necessária energia para romper o líquido em gotas e os bicos são normalmente classificados de acordo com a energia utilizada, isto é, energia hidráulica, gaseosa, centrífuga, cinética, térmica e mais recentemente a energia elétrica, como mostra a Tabela I.

### 2.2.1. Classificação dos Pulverizadores

Os bicos de energia hidráulica tem sido os mais largamente usados em comparação com os outros tipos já descritos no tópico anterior, devido a enorme flexibilidade que pode ser conseguida, na razão, no padrão de pulverização, etc, com baixo custo. Os bicos hidráulicos são usados por uma grande série de pulverizadores, desde uma simples seringa até em equipamentos montados em aviões.

Devido a existência de uma grande diversidade de equipamentos de aplicação, uma das classificações que pode ser adotada está relacionada à forma de tração dos aparelhos, ou seja, tração humana, animal, tratorizada e aérea.

TABELA I - Diferentes Tipos de Bicos e seus Principais Usos

ENERGIA	TIPO	USOS
Hidráulica	Impacto	bico de baixa pressão, com gotas grandes: aplicação de herbicidas
	Leque *	aplicação em superfícies planas: solos e paredes
	Cone *	aplicação em folhagens
	Jato Sólido	tratamento dirigido
Gasosa	Ar assoprado	aplicação em folhagem, especialmente em arbustos ou árvores
	Vortical	aplicações de aerossóis no espaço
Centrífuga	Disco rotativo ou gaiola *	aplicação de pequenos volumes com gotas de tamanho controlado (CDA). Em baixa velocidade rotacional, gotas grande para aplicação sob forma de sedimentação. E altas velocidades rotacionais, gotas pequenas para aplicação sob deriva ou aplicação no espaço
Cinética		gotas grandes para aplicação de herbicidas
Térmica		tratamento de espaços especialmente dentro de construções e florestas
Elétrica	Eletrohidrodinâmico	aplicação de volumes estritamente pequenos, com gotas mais uniformes que qualquer outro processo - aplicação em folhagens - alta porcentagem de cobertura

\* principais bicos utilizados em aplicação aérea.

### 3. ESTUDO DAS GOTAS DE PULVERIZAÇÃO

O tamanho das gotas tem importância fundamental quando se desejar aplicar os defensivos eficientemente com o número de contaminação ambiental. As gotas de pulverização são geralmente classificadas de acordo com o seu tamanho. A OMS (1976) (Organização Mundial da Saúde) tem adotado as seguintes definições:

Aerazol - Distribuição de gotas com diâmetro mediano volumétrico inferior a 50 micrômetros.

Nebulização - Distribuição de gotas com diâmetro mediano volumétrico compreendido entre 50 a 100 micrômetros.

Pulverização Fina - Distribuição de gotas com diâmetro mediano volumétrico compreendido entre 100 a 400 micrômetros.

Pulverização Grossa - Distribuição de gotas com diâmetro mediano volumétrico superior a 400 micrômetros.

MATTHEWS (1982) apresenta uma outra classificação, que pode ser vista na Tabela II.

TABELA II - Classificação do Tamanho das Gotas de Pulverização Segundo MATTHEWS (1982)

CLASSIFICAÇÃO DO TAMANHO DAS GOTAS	DIÂMETRO MEDIANO VOLUMÉTRICO (VMD) EM MICRÔMETROS
Aerosol ("aerosol")	< 50
Nevoa, neblina ("mist")	51 - 100
Pulverização fina ("fine spray")	101 - 200
Pulverização média ("medium spray")	201 - 400
Pulverização grossa ("coarse spray")	> 400

O parâmetro mais comumente utilizado para definir o tamanho das gotas é o diâmetro mediano volumétrico (vmd) medido em micrômetros ( $\mu\text{m}$ ). Uma amostra representativa de gotas é dividida em duas partes iguais por volume, de maneira que uma metade do volume contém gotas menores que a gota cujo o diâmetro é o vmd e a outra metade do volume contém gotas maiores. Poucas gotas grandes podem ser responsáveis por grande parte do volume pulverizado e por isto, aumentam o valor do vmd, que por si só, não indica a variação do tamanho das gotas. O diâmetro mediano numérico divide as gotas em duas partes iguais pelo número, sem referências aos seus volumes, dando desta maneira ênfase às pequenas gotas. Devido ao fato do vmd e nmd serem afetados pelas gotas grandes e pequenas, respectivamente, a relação entre estes parâmetros é muitas vezes uma indicação da variação dos tamanhos, sendo que uma amostra é constituída de gotas mais uniforme quando esta relação é próxima de 1.

### 3.1. Coleta das Gotas pelo alvo

As gotas são coletadas pelos insetos ou superfícies das plantas por sedimentação ou impacto, sendo o último importante, particularmente, para gotas aerossóis (< 50 micrômetros). Estudos sobre o impacto das gotas tem demonstrado uma interação complexa entre o tamanho das gotas, o obstáculo na sua trajetória e sua velocidade relativa. A eficiência da captura por um obstáculo em um fluxo de ar, é definida como a rela

ção do número de gotas que colide com o obstáculo e o número que deveria colidir se o ar não fosse desviado. Em geral, a eficiência da captura aumenta com o tamanho e velocidade das gotas em relação ao obstáculo e diminui quando o obstáculo aumenta em tamanho (MATTHEWS, 1982).

A destruição de insetos alados tais como tsê-tsê, mosquitos e mariposas, pode ser feita com o uso de pequenas gotas (20-40 micrômetros). O próprio inseto contribui na captura dessas gotas através do batimento das asas (BALS, 1973). As antenas, as patas, as asas ou outras protuberâncias são excelentes coletores para as pequenas gotas da pulverização (MATTHEWS, 1977).

BALS (1971) diz que uma gota de 70 micrômetros de um produto não evaporante tem uma velocidade terminal de 0,5 km/h. Esta gota sob a ação de um vento de 5 km/h terá, teoricamente uma componente de deslocamento horizontal de 10:1 com a vertical. Estas gotas seriam mais facilmente capturadas por alvos verticais do que por horizontais. Como as plantas crescem verticalmente, tornam-se excelentes alvos para tais gotas. É desta maneira que se processa a chamada pulverização sob deriva, ou seja, as gotas são lançadas ao vento e este se encarrega de conduzi-las ao alvo.

Em muitos casos, para fazer uma distribuição uniforme do defensivo na planta inteira, é necessário que as gotas penetrem no interior da folhagem. O principal fato que afeta a penetração é o tamanho das gotas. As gotas grandes são "filtradas" pelas folhas mais expostas, isto é, as gotas grande se chocam contra as folhas mais externas da planta, se coalescem e caem para a parte inferior da planta, escorrendo posteriormente para o solo (MATTHEWS, 1977), provocando o que HIMEL (1974) denomina de "endoderiva". As pequenas gotas são importantes, não porque elas são mais numerosas ou mais disponíveis devido a lenta sedimentação, mas sim devido a natureza protegida do alvo biológico, cuja proteção impede o excesso das gotas grandes (JOYCE et alii, 1977).

### 3.2. Fatores Físicos que Influenciam nas Gotas

Quando se escolhe um determinado tamanho de gotas para um alvo particular, deve-se considerar o movimento que ela faz do equipamento de aplicação ao alvo. A grandeza dos efeitos das forças gravitacionais, meteorológicas e eletrostáticas sobre o movimento das gotas, é influenciada pelo tamanho das gotas (MATTHEWS, 1982). O tamanho das gotas não era considerado no passado, porque a maioria dos bicos produzia gotas de tamanhos variados e quando a calda era aplicada a alto volume as gotas se coalesciam para formar um filme líquido contínuo sobre o alvo. A tendência atual é reduzir o volume de calda aplicado, de maneira que a cobertura efetiva para controlar determinadas pragas só pode ser obtida com um grande número de gotas pequenas.

Se o líquido pulverizado puder ser dispersado em gotas de tamanho uniforme, o número de gotas disponíveis para um determinado volume é inversamente relacionado com o cubo do diâmetro da gota. Assim, o número médio que cai em um centímetro qua

drado em uma superfície lisa e plana é calculado por:  $n = \frac{60}{\pi} \frac{100^3}{d^3} Q$ , onde n é o número de gotas por  $\text{cm}^2$ ; d é o diâmetro das gotas em micrômetros; Q é o volume aplicado em litros por hectare (MATTHEWS, 1982).

### 3.2.1. Efeito da Evaporação

A área da superfície do líquido aumenta consideravelmente quando ele é quebrado em pequenas gotas (MATTHEWS, 1982). Segundo MAAS (1971) a relação superfície por volume da gota é dada por:  $S/V = \frac{3}{R}$  onde R é o raio da gota. Por esta equação pode ser observado que a relação S/V aumenta com a diminuição do tamanho da gota. Isto implica num aumento da taxa da evaporação a medida que se diminui o tamanho das gotas.

Uma gota poderá perder algum líquido volátil através de sua superfície. A taxa de evaporação diminuirá quando houver uma saturação por vapores no ar circundante. A principal desvantagem de se usar água como diluente de calda de defensivos, bem como de alguns solventes orgânicos usados nos concentrados emulsionáveis, é a volatilidade (MATTHEWS, 1982).

Amsden (1962) citado por MATTHEWS (1982) calculou que o tempo de vida de uma gota de água medida em segundos é dado por:

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

t = tempo de vida da gota em segundos

d = diâmetro da gota em micrômetros

$\Delta T$  = diferença de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre termômetros de bulbo úmido e seco

A distância teórica (altura) que uma gota poderia cair sob ação da força da gravidade antes que toda água se evaporasse é dada por:

$$D = \frac{1,5 \times 10^{-3} d^4}{80\Delta T} \text{ cm}$$

### 3.2.2. Efeito da Gravidade

Uma gota liberada em ar parado, aumentará a sua velocidade por efeito da força da gravidade até o momento em que a força gravitacional for contrabalanceada pelas forças aerodinâmicas de arrasto, e continuará posteriormente o seu movimento numa velocidade terminal constante (MATTHEWS, 1982). A velocidade terminal é dada por:

$$V_t = \frac{g d^2 \rho d}{18\eta}$$

onde  $V_t$  = velocidade terminal (m/s); d = diâmetro da gota (m);  $\rho d$  = densidade da gota ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ); g = aceleração da gravidade ( $\text{m}/\text{s}^2$ );  $\eta$  = viscosidade do ar em newton segundos por metro quadrado ( $1\text{Ns}/\text{m}^2 = 10 \text{ P}(\text{poise}) = 181 \mu\text{p}$  em  $20^{\circ}\text{C}$ ). Esta equação é normalmente referida como Lei de Stokes.

As gotas pequenas poderiam demorar vários minutos para cair e durante este tempo, poderiam sofrer a ação da evaporação se fossem originadas de um veículo volátil, ou poderiam ser arrastadas para bem longe do alvo desejado, provocando o que tem sido denominado por HIMEL (1974) de "exoderiva".

#### 4. COBERTURA DA PULVERIZAÇÃO

Quando a calda é aplicada em alto volume, o desejo é cobrir completamente a planta, embora na prática isto raramente possa ser conseguido. Uma redução no volume de pulverização, tem implicado geralmente na utilização de gotas menores para manter uma cobertura adequada do alvo. Segundo MATUO (1980) a cobertura é expressa pela seguinte fórmula:

$$C = 15 \frac{V R K^2}{A D}$$

onde: C = cobertura (% da área)

V = volume (litros/ha)

R = taxa de recuperação (% do volume aplicado e captado pelo alvo)

K = fator de espalhamento das gotas

D = diâmetro das gotas (micrômetros)

Para conseguir uma boa cobertura da superfície a ser tratada, pode-se lançar mão da aplicação a alto volume (até o escorrimento) usando um grande volume de calda diluída em gotas grandes, ou então, com volume menor de calda, mais concentrado, usando gotas menores MATUO (1980).

Nas aplicações a baixo volume, com a utilização de gotas pequenas, o aplicador de defensivos precisa conhecer a densidade de gotas necessária e sua distribuição no alvo. Esta distribuição se torna mais importante quando o defensivo tem ação de contato.

O controle de insetos móveis tais como as cigarrinhas, pode ser perfeitamente conseguido sem uma cobertura completa da planta (MATTHEWS, 1982), mas é necessária uma cobertura mais uniforme para controlar, por exemplo, cochonilhas. JOHNSTONE et alii (1972) usaram 1 gota/mm<sup>2</sup> como critério de densidade para controlar a cochonilha escama vermelha (*Aonidiella auranti*) em citros, de maneira que gotas de 100 micrômetros poderiam ser depositadas suficientemente e com uniformidade, para dar grande probabilidade de impacto direto sobre os pequenos insetos.

O controle de doenças com fungicidas sem uma cobertura completa da planta parece impossível antes que a hifa possa penetrar na planta nos locais da deposição do esporo, quando ocorre condições adequadas. Contudo, cada partícula fungicida da gota tem uma zona de influência fungicida, de forma que, Courshee et alii (1954) citados por MATTHEWS (1982), referem-se a isto, como taxa biocida da gota. Eles postularam que a relação máxima entre a cobertura fungicida efetiva e a cobertura real do depósito do

fungicida é  $\frac{(Ad + b)^2}{Ad^2}$  onde b = raio de ação biocida e Ad = área coberta pelo resíduo seco deixado por uma gota. No período de condições ideais de germinação do esporo do fungo (alta unidade) pode ocorrer uma redistribuição do fungicida, atingindo o esporo que estiver nas proximidades (MATTHEWS, 1982). Sob este aspecto, BALS (1971) diz que um milímetro de chuva ou o equivalente a uma boa deposição de orvalho, distribui muito igualmente 10.000 litros de água por hectare, mais uniformemente do que jamais poderia ser conseguido com um pulverizador. De qualquer forma, a formulação deve ser especial, para permanecer fixada e biologicamente ativa nos locais onde é necessário o controle (MATTHEWS, 1982) sendo que, por exemplo, determinados fungicidas formulados em óleo deveriam conter uma pequena quantidade de emulsificante permitindo que a água contaminasse com o produto toda a planta (BALS, 1971).

#### 4.1. Análise da Distribuição e Tamanho das Gotas

A distribuição da pulverização sobre a folhagem pode ser analisada pela adição de traçantes fluorescentes do líquido e examinando os depósitos sob luz ultravioleta. Pós micronizados tais como sulfeto de zinco, "Saturn yellow" ou Lumogem tem sido largamente empregados como traçantes para pulverização, mas necessitam uma mistura cuidadosa com um surfactante adequado antes de serem diluídos no volume correto da calda (MATTHEWS, 1975). São coletadas amostras dos alvos, muitas vezes as folhas, são sorteadas em várias categorias arbitárias dependendo da quantidade de cobertura conseguida (PEREIRA, 1967). A cobertura de pulverização também tem sido analisada, medindo-se a emissão de luz visível com fluorímetro. Análise quantitativa tem sido usada extensivamente no estudo da cobertura da pulverização. O material fluorescente contém um número conhecido de micro partículas por unidade de peso, que adicionadas na calda originam uma suspensão uniforme. O número médio de partículas em gotas individuais pode ser contados sob luz violeta quando os depósitos estiverem secos dando uma idéia da cobertura na amostra analisada, em termos quantitativos. Segundo MATTHEWS (1975) usando uma calda contendo  $2 \times 10^8$  partículas fluorescentes por ml, o método é útil para indicar gotas variando entre 20 a 70 micrômetros contendo de 1 a 35 partículas; mas o tamanho das gotas individuais não pode ser medido, devido a particularidade de ser difícil manter a suspensão uniforme.

Existem vários artifícios que servem para amostrar gotas. A superfície padrão é o óxido de magnésio obtido pela queima de tiras de magnésio metálico sob uma lâmina de vidro (lâmina de microscópio). As gotas quando atingem esta superfície formam crateras maiores que o tamanho da gota. A diferença entre o tamanho da cratera e o tamanho da gota é conhecido como "fator de espalhamento".

Gotas de água podem ser coletadas numa matriz graxa que é preparada misturando vasilina com óleo de pulverização (shell spray oil nº 3) até atingir uma con

sistência ideal na qual a gota fique aprisionada.

Aqui no Brasil o papel fotográfico tem sido utilizado para substituir a lâmina coberta com óxido de magnésio ou a matriz graxa; entretanto para cada líquido de pulverização é necessário que se calcule o fator de espalhamento.

A medição de gotas pode ser feita usando um microcôpio de bolso com um graticulo de classificação com 4 tamanhos básicos de gotas - 50 - 100 - 200 e 400 micrômetros. Quando é necessário medições mais precisas pode ser usado o graticulo de Porton G 12. O uso de graticulos é trabalhoso e cansativo e existem métodos alternativos que aumentam a velocidade e precisão da medição. Existe o analisador Fleming que é operado eletricamente; o instrumento tem vários canais que podem ser calibrados para diferentes tamanhos de gotas. Atualmente existem aparelhos analisadores, computadorizados e com raio laser em que as gotas produzidas por um bico são medidas diretamente, portanto, sem o auxílio de superfícies amostradoras.

## 5. VOLUME DE APLICAÇÃO

O volume empregado para distribuir o líquido na forma de gotas, é tão variável que diversas classificações são adotadas. Das diversas classificações duas são apresentadas nos Quadros I e II.

Os limites superior e inferior das categorias são estabelecidos através de conceitos. Assim, entende-se como alto volume aquela aplicação feita até o ponto que ultrapassa a retenção máxima da planta, ocorrendo o escorimento (JOHNSTONE, 1973). O conceito de ultra-baixo-volume é dado como o volume mínimo compatível com o controle e econômico (MATTHEWS, 1982).

Como os defensivos são biologicamente muito ativos, a eficiência da aplicação só pode ser melhorada se, em vez de tentar molhar totalmente o alvo, for selecionado um tamanho de gota ótimo para aumentar a quantidade de defensivo que atinge o alvo. É necessária muita pesquisa para definir qual é o tamanho ótimo de gota para ser coletada por determinados alvos; mas certas generalizações podem ser feitas, conforme apresenta MATTHEWS (1982)(Tabela III).

Quando a gota adequada é escolhida e conhecendo-se a estimativa da densidade de gotas necessárias, o volume de aplicação pode ser calculado (JOHNSTONE, 1973).

A área alvo que necessita o tratamento pode ser muito maior do que a área do solo, e apesar disto, a maioria das recomendações de volumes de aplicação tem sido feitas com base na área do solo. Atualmente, inúmeros pesquisadores já estão tomando o cuidado de relacionar o volume de aplicação com a área alvo. MATTHEWS (1982) acha necessário estimar o índice de área foliar (IAF) quando se pulverizar folhagens. O IAF é a relação entre a área foliar com a área do solo, e varia com diferentes culturas e com os diferentes estágios da planta.

QUADRO I - Categoria de Aplicação Segundo ASAE (Standart S 327/1974) Adaptado para o Sistema Métrico (MATUO,1982)

DESIGNAÇÃO	ABERTURA	VOLUME ℓ/ha
Ultra-ultra baixo volume (ultra-ultra low volume)	U-UBV (U-ULV)	< 0,5
Ultra-baixo-volume (ultra low volume)	UBV ULV	0,5 - 5
Baixo volume (low volume)	BV LV	5 - 50
Médio volume (medium volume)	MV (MV)	50 - 500
Alto volume (high volume)	AV HV	> 500

QUADRO II - Categorias de Aplicação Segundo MATTHEWS (1982)

DESIGNAÇÃO	VOLUME ℓ/ha	
	CULTURA DE CAMPO	ÁRVORES E ARBUSTOS
Alto volume	> 600	> 1000
Médio volume	200 - 600	500 - 1000
Baixo volume	50 - 200	200 - 500
Muito baixo volume	5 - 50	50 - 200
Ultra baixo volume	< 5	< 50

TABELA III - Tamanhos Ótimos de Gotas para Alvos Seleccionados (MATTHEWS, 1982)

ALVO	TAMANHOS DAS GOTAS (MICRÔMETROS)
Insetos em vôo	10 - 50
Insetos sobre folhagens	30 - 50
Folhagem	40 - 100
Solo (evitar deriva)	250 - 500

## LITERATURA CITADA

1. BALS, E.J. algumas idéias sobre o conceito de pulverização a ultra baixa dosagens (UBD) In: CONFERÊNCIA DAS ORGANIZAÇÕES INTERNACIONAIS, 1971. s.l. 10p.
2. BALS, E.J. Some observations in the basic principles involved in ultra-low-volume sprays applications PANS, 19(2): 193-200, 1973
3. BROWN, A.W.A. Insect control by chemicals. New York, Wiley & Sons, 1961. 817 p.
4. COURSHÉE, R.J. Some aspects of the application of insecticides. Ann. Rev. Ent., 5: 327-352, 1960
5. HIMEL, C.M. Analytical methodology in ULV. In: SYMPOSIUM FOR SPECIALISTS IN PESTICIDE APPLICATION: "PESTICIDE APPLICATION BY ULV METHODS, 29, Cranfield, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> april, 1974. Proceedings. p. 112-119. (BCPC, Monograph, 11)
6. JOHNSTONE, D.R. Spreading and retention of agricultural sprays on foliage In: VALKENBURG, W. Van. Pesticide formulations. New York, Marcel Dekker, 1973. p. 343-386.
7. JOHNSTONE, D.R.; WALKER, P.T.; HUNTINGTON, K.A. Ultra-low-volume hand operated motorized sprayers for insecticide application in citrus. International Pest Control, 14(5): 8-15,
8. JOYCE, R.J.; UK, S.; PARKIN, C.S. Efficiency in pesticide application. In WATSON, D.L. & BROWN, A.E.A. Pesticide Management and Insecticide Resistance. New York, Academic Press, 1977, p. 199-216.
9. MATTHEWS, G.A. Determination of droplet size. PANS, 21 (2): 213-225, 1975
10. MATTHEWS, G.A. The biological target. Pesticide Science, 8:96-100, 1977.
11. MATTHEWS, G.A. Pesticide Applications Methods. 2ed, London, Longman, 1982. 336 p.
12. MATUO, T. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS AGRÔNOMOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. DELEGACIA REGIONAL DE JABOTICABAL. Uso adequado de defensivos agrícolas e receituário agrônomo, Jaboticabal, 1980. p 43-75
13. OMS. Material de la Lucha contra los vectores. Ginebra, 1976, 189p.
14. PEREIRA, J.L. Uses of fluorescent tracer for assessment of spray efficiency. Kenya Coffee, 32: 461 - 464, 1967
15. ROSE, G.J. Crop protection. London, Leonard Hill, 1963. 490p.

16. SPILLMAN; J. The practical emplication of aerodinamic theories in aerial spraying In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, XII, Itabuna, 19 a 23 de julho. 1982
17. WALKER, P.T. Pesticide granules: developments overseas, and opportunities for the future. Br. Crop. Prot. Council. Monogr. 18: 115 - 122, 1976