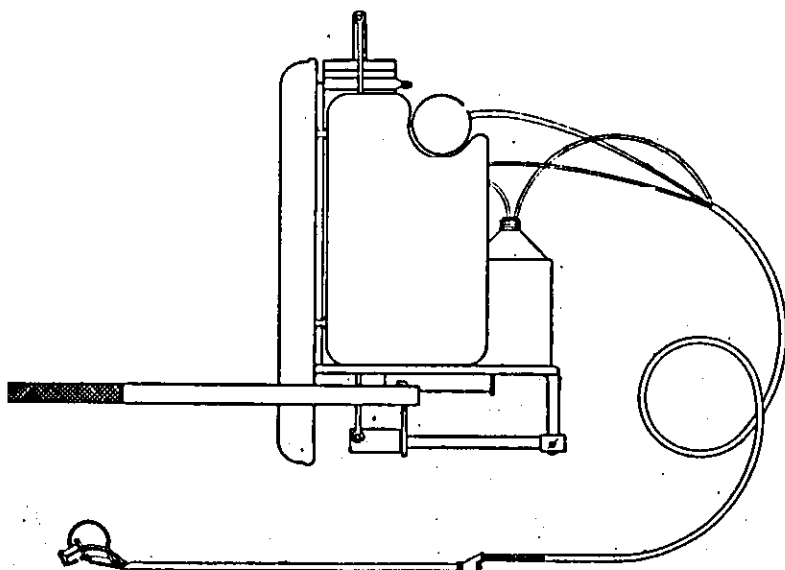


**PROCESSOS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS
FITOSSANITÁRIOS E CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL**



CIRCULAR TÉCNICA Nº 3

ISSN 0102-938X

Maio, 1989

**PROCESSOS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS
FITOSSANITÁRIOS E CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL**

Aldemir Chaim



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura - CNPDA
Jaguariúna, SP

Copyright c EMBRAPA - 1989

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:
CNPDA

Rodovia SP-340, Campinas/Mogi-Mirim, km 127,5
Caixa Postal 69
13.820 - Jaguariúna, SP

Tiragem: 500 exemplares

Comitê de Publicações:

Presidente: Wagner Bettiol

Secretária: Maria Amélia de Toledo Leme

Membros: Antonio Luiz Cerdeira
João Carlos Canuto
Margarida M. Hoepner Zaroni
Reinaldo Forster

Capa: Pulverizador pneumático eletrostático costal manual.

Chaim, Aldemir

Processos de aplicação de produtos fitossanitários e contaminação ambiental / Aldemir Chaim.

-- Jaguariúna : EMBRAPA-CNPDA, 1989.

24p. (EMBRAPA. CNPDA. Circular Técnica, 3)

1. Defensivos agrícolas - Técnicas de aplicação. 2. Meio ambiente - Contaminação. I. Título. II. Série.

CDD 632.94

Os trabalhos editados pelo Comitê de Publicações-CNPDA refletem exclusivamente a opinião do(s) autor(es).

SUMÁRIO

Introdução	5
Classificação dos sistemas de aplicação	6
Aplicações de líquido	8
Fundamentos da pulverização	9
O sistema atual de aplicação e contaminação ambiental	17
Perspectivas da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários	19
Considerações finais	22
Referências bibliográficas	23

Impressão e acabamento:

SERVIÇOS GRÁFICOS DEGASPARI LTDA.
Rua Barão de Piracicamirim, 1928-V. Independência
Telefone (DDD 0194) 33-67-48
13.400 PIRACICABA - SP

PROCESSOS DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS E CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Aldemir Chaim¹

INTRODUÇÃO

As plantas que fornecem alimentos aos homens, sofrem processos de seleção que, em alguns casos, duraram milênios e hoje não teriam condições de sobrevivência se não lhes fossem propiciadas as condições exigidas para o seu desenvolvimento. Isto ocorreu porque o homem sempre procurou maior produção, mesmo que a cultura exigisse um meio relativamente artificial para desenvolver-se.

Atualmente a necessidade crescente de alimentos, aliada às facilidades e rapidez da mecanização, tem proporcionado o cultivo em áreas extensas, de uma única espécie vegetal durante anos consecutivos. Isto tem causado o aparecimento de pragas, doenças e ervas daninhas que afetam negativamente a produção da cultura. Assim o homem tem sido obrigado, cada vez mais, a usar os produtos químicos fitossanitários para evitar as perdas de produção ocasionadas por problemas fitossanitários.

Sem dúvida, os produtos fitossanitários têm sido as armas mais poderosas e eficazes na incessante guerra contra as pragas. Entretanto, seu uso abusivo tem provocado o aparecimento de efeitos colaterais perigosos ao meio ambiente não alvo, com sérias consequências, até mesmo para a vida humana.

A ignorância do homem quanto ao correto emprego dos produtos fitossanitários e de suas consequências nos organismos não alvos, aliada às inadequadas técnicas de aplicação, tem contribuído bastante para o aumento dos efeitos indesejáveis ao meio ambiente.

Gasta-se milhões de dólares para desenvolver produ-

¹ Eng. - Agr., MSc., EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, Caixa Postal 69, CEP 13820, Jaguariúna, SP.

tos extremamente eficazes contra as pragas, mas atualmente utilizam-se os mesmos princípios de aplicação baseados nos bicos cones e leques que foram desenvolvidos no século passado. Graham-Bryce (1977) tem estimado que somente 0,02% de um inseticida aplicado é realmente utilizado para o controle efetivo de um inseto. A quantidade de ingrediente ativo necessária para o controle do organismo alvo e o alto consumo de energia para as finalidades a que se destina, tem contribuído para que Himel (1974) e Hutherford (1985) classifiquem o atual sistema de aplicação como o processo industrial mais ineficiente do mundo.

Os altos custos dos derivados de petróleo aliados à pressão crescente da sociedade, para que menos produtos químicos sejam lançados no meio ambiente tem estimulado a pesquisa na área de tecnologia de aplicação. Recentes inovações tecnológicas têm sido introduzidas apresentando resultados satisfatórios. Mas os avanços tecnológicos só podem contribuir efetivamente, se o agricultor ou trabalhador rural receber maior orientação a respeito do uso racional de produtos fitossanitários.

Pretende-se apresentar com esta revisão, alguns problemas bem como algumas propostas para minimizar os riscos de contaminação humana e ambiental, ocasionados pelo atual sistema de aplicação de produtos fitossanitários.

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE APLICAÇÃO

Os produtos químicos usados no controle das pragas, são muito eficazes. Normalmente, são necessários poucas gramas do ingrediente ativo por hectare para o controle do organismo alvo. Entretanto, os equipamentos de aplicação em uso, não apresentam condições técnicas para espalhar poucas gramas ou mililitros uniformemente por hectare e, além disso, seria extremamente perigoso manipular produtos puros. Por esse e por outros motivos os ingredientes ativos devem estar preparados numa "forma" em que possam ser usados e espalhados uniformemente em grandes áreas. Essa preparação do ingrediente ativo na "forma" adequada para o uso é denominada de "formulação". De acordo com o material diluente das formulações, elas podem

ser classificadas em: formulações sólidas, líquidas e gasosas. Assim, os métodos de aplicação também podem ser classificados em: aplicação de sólidos, aplicação de líquidos e aplicação de gases.

A aplicação de gases por ter seu uso bastante restrito não será considerada.

A aplicação de sólidos pode ser subdividida de acordo com a granulometria das partículas em: aplicação de pós e aplicação de grânulos.

O pó é um termo aplicado para partículas secas menores que 30 micrometros de diâmetro. A formulação pó seco, contém normalmente, 0,5% a 10% de ingrediente ativo. A aplicação de pó é feita normalmente por aparelhos denominados polvilhadora que são constituídos basicamente de um depósito, um agitador, um sistema dosador alimentador e uma fonte de movimentação de ar. O ar em movimento arrasta as partículas liberadas pelo sistema alimentador doador produzindo uma nuvem turbulenta de pó que deverá atingir e se depositar na superfície alvo. Este sistema tem uma vantagem principal de que o produto usado não precisa ser diluído ou misturado pelo usuário. Entretanto, o produto é comercializado em baixa concentração e assim, o custo por unidade de ingrediente ativo se torna mais elevado. Durante a aplicação o vento pode levar o produto para áreas não alvo e além disso, as partículas depositadas não têm boa aderência e podem igualmente ser levadas pelo vento ou lavadas pela chuva. O risco de inalação de partículas pelos operadores, durante o manuseio e aplicação deste tipo de formulação é elevado. Estes e outros motivos têm contribuído para que esta formulação seja cada vez menos usada atualmente.

A aplicação de grânulos é feita a lanço ou por equipamento denominado granuladora. A granuladora também é um equipamento simples, constituído de um depósito e um sistema dosador. Sem dúvida, a formulação granular é a que oferece maior segurança aos aplicadores. Normalmente, os produtos de maior toxicidade ao ser humano são formulados como grânulos, devido à segurança que este tipo de formulação oferece. Entretanto, a concentração de ingrediente ativo é normalmente baixa e o custo por unidade

de ingrediente ativo transportado se torna alto. Devido aos problemas de deposição que esta formulação oferece, existem poucos produtos no mercado, sendo a maioria deles de ação sistêmica. Atualmente, estão sendo desenvolvidos produtos microencapsulados de liberação lenta que minimiza ainda mais os riscos de contaminação dos operadores. Contudo, o pequeno número de produtos no mercado, não justificaria a compra pelos agricultores, de um equipamento específico de aplicação. Normalmente o agricultor tem preferência por um equipamento mais versátil, que aplique um maior número de produtos, face aos diferentes problemas fitossanitários que existe na agricultura.

Assim, a maioria das aplicações dos produtos fitossanitários é feita por via líquida com os pulverizadores.

O líquido empregado na pulverização é uma calda preparada com a diluição de uma formulação de produto fitossanitário em água ou outro líquido especial. O produto químico pode ser formulado como pó solúvel, pó molhável, concentrado solúvel, concentrado emulsionável, UBV (ultra baixo volume) e outras.

APLICAÇÕES DE LÍQUIDO

Normalmente a aplicação de líquidos é feita por pulverizadores que apresentam três características comuns. O líquido é armazenado em um recipiente (tanque) do qual é removido por uma bomba de pressão ou sistema de alimentação por gravidade, para uma ou mais saídas chamadas de "bico". O termo "bico" é utilizado aqui para designar qualquer artifício que promova a ruptura do líquido em gotas, dispersando-as à curtas distâncias. As distribuições mais distantes das gotas são influenciadas, principalmente, pelo movimento do ar ambiente. Em determinados pulverizadores, usam-se jatos de ar auxiliares para propeler as gotas para longas distâncias.

Na maioria dos casos a quantidade de líquido a ser pulverizada é dosada pelo próprio bico, mas em alguns casos, como os de pulverizadores costais motorizados, existe um sistema dosador constituído de um orifício especial denominado "célula dosadora".

O bico é a parte mais importante de um pulverizador e, apesar disso, ele é negligenciado e raras vezes é checado para assegurar que os caríssimos produtos químicos sejam aplicados na dosagem correta. Não existem bicos universais e assim são usados diferentes modelos para se conseguir o espectro de gotas adequado. É necessária energia para romper o líquido em gotas, e os bicos podem ser classificados de acordo com a energia utilizada, isto é, energia hidráulica, centrífuga, cinética e elétrica. A Tabela 1 fornece uma classificação dos bicos de pulverização, de acordo com a energia utilizada, bem como os seus principais usos.

FUNDAMENTOS DA PULVERIZAÇÃO

O alvo biológico

Um produto fitossanitário necessita ser aplicado em "alvos". Esses "alvos" podem ser áreas ocupadas por um inseto, doença ou erva daninha. Normalmente o agricultor compra produtos fitossanitários para "espalhar" sobre as culturas, porque tem sido aceito que a aplicação só é eficiente quando o produto é uniformemente distribuído sobre todas as superfícies das plantas, e quando a maior parte possível é retida pela "área" para a qual foi destinado, isto é, a recuperação seja maximizada (Joyce et alii, 1977). Estes conceitos de "alvo" e de "eficiência" são as primeiras causas dos efeitos indesejáveis da pulverização nas culturas, e que tem levado Himel (1974) e Rutherford (1985) a despreverem o atual sistema de aplicação como o "processo industrial mais ineficiente que existe no mundo".

Brown (1951) já informava, que eram necessários 0,03 microgramas de um determinado produto para matar um inseto; para uma população de um milhão, seria necessário que 30 miligramas atingisse os alvos. Mas baseados nos falsos conceitos de "eficiência" e "alvo", eram aplicados 3000 vezes a dose necessária para o controle efetivo no campo. Mais tarde, Joyce et alii (1977) calcularam experimentalmente que para matar a população de 10000

Tabela 1. Bicos de pulverização e seus principais usos

Energia	Tipo	Usos
Hidráulica	Impacto	Bicos de baixa pressão com gotas grandes (herbicidas).
	Leque	Aplicação em superfícies planas (solos e paredes).
	Cone	Aplicação em folhagens.
	Pneumático	Aplicação em folhagens especialmente em arbustos e árvores.
Gasosa	Vortical	Aplicação espacial de aerossóis.
	Disco rotativo e gaiola (Micronair)	Aplicação de volumes pequenos com gotas de tamanho mais ou menos uniforme. Em baixa rotação produzem gotas grandes (aplicação de herbicidas). Em altas rotações produzem gotas pequenas.
	Vibratório	Produz gotas grandes e serve para aplicação de herbicidas.
Térmica		Produz neblina ou fumaças para aplicações espaciais em recintos fechados ou florestas.
Elétrica	Eletrohidrodinâmico	Aplicação de produtos oleosos em volumes reduzidos (0,5 a 1,5 l/ha).

lagartas *Heliothis armígera* HB no primeiro estágio (população esta, capaz de causar dano econômico na cultura de algodão) seriam necessários apenas 100 microgramas de DDT, entretanto eram aplicados 10.000.000 vezes (1 kg) a dose necessária.

A aplicação de produtos fitossanitários é eficaz, mas não é eficiente, pois a eficiência da aplicação só pode ser conseguida com uma definição mais rigorosa do alvo biológico, que deve ser selecionado levando em consideração o conhecimento dos hábitos da praga e o caminho que deve ser usado pelo produto para atingir esse alvo (Courshee, 1960).

A definição do alvo biológico necessita de um conhecimento da biologia da praga, para que se saiba em qual estágio ela é mais vulnerável ao produto. Por exemplo, os insetos tem vários estágios distintos durante o seu ciclo de vida como ovo, ninfa e adultos ou estágios larvais e pupais distintos.

É necessário muito menos produto para matar uma lagarta quando ela emerge do ovo eclodido, do que quando o inseto já está no final do seu ciclo de metamorfose. Também, na fase inicial ela se alimenta de muito pouco e os danos são bem menores às plantas.

Outra maneira de controlar os insetos, seria através da destruição de adultos, apesar de, em alguns casos, não produzirem danos nesta fase; mas evitar-se-ia a concepção de sua descendência.

A posição dos alvos pode variar bastante numa cultura, pois no caso de doenças ou insetos, existe quase sempre uma região mais propícia na planta. Por exemplo em muitos casos os esporos dos fungos só conseguem penetrar pela página inferior das folhas. No caso de insetos, algumas espécies sobrevivem nos ponteiros das plantas, outras nas partes medianas. Assim, para cada caso específico existe uma maneira de fazer o produto atingir mais facilmente a praga.

O objetivo da aplicação de produtos fitossanitários deve ser sempre colocar a quantidade de ingrediente ativo certa no alvo desejado, com a máxima eficiência, da maneira mais econômica possível, sem afetar o meio ambien

te. Mas a tendência atual é ainda, tentar cobrir a planta completamente com uma película tóxica, com o uso da pulverização em grandes volumes de líquido, embora na prática isto raramente possa ser conseguido.

Volumes de aplicação

A aplicação a alto volume tem sido definida como aquela em que a pulverização é feita até o ponto que a planta não consegue reter mais o líquido nas suas folhas, ocorrendo o escoamento (Johnstone, 1973). Entretanto, o custo de combustível gasto com as aplicações a alto volume, bem como os problemas de abastecimento durante as operações contribuíram para que os volumes de aplicações fossem reduzidos até um ponto mínimo, que define o outro limite das categorias de aplicação, ou seja, o ultra baixo volume que é dado como o volume mínimo compatível com o controle econômico (Matthews, 1982).

O volume empregado para distribuir os produtos fitossanitários é tão variável que existem diversas classificações, mas uma, apresentada por Matthews (1982), possui a particularidade de levar em consideração o porte da cultura e pode ser observada no Quadro 1.

Quadro 1. Categorias de aplicação segundo Matthews (1982)

Designação	VOLUME (l/ha)	
	Cultura rasteira	Arbustos e árvores
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

Importância das gotas na pulverização

Como os produtos químicos são biologicamente muito ativos a eficiência da aplicação só pode ser melhorada

se, em vez de tentar molhar a planta toda, for selecionando um tamanho ótimo de gota para aumentar a quantidade do produto que atinge o alvo. É necessário muita pesquisa para se definir qual o tamanho ótimo das gotas que devem se depositar nos diferentes alvos.

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

AEROSSOL - distribuição de gotas com diâmetro media no do volume inferior a 50 micrometros.

NEBULIZAÇÃO - distribuição de gotas com diâmetro mediano do volume compreendido entre 50 e 100 micrometros.

PULVERIZAÇÃO FINA - distribuição de gotas com diâmetro mediano do volume compreendido entre 100 a 400 micrometros.

PULVERIZAÇÃO GROSSA - distribuição de gotas com diâmetro mediano do volume superior a 400 micrometros.

Uma outra classificação, apresentada por Matthews (1982), pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação do tamanho das gotas de pulverização segundo Matthews (1982).

Classificação dos tamanhos das gotas	Diâmetro mediano do volume (micrometros)
Aerossol - ("aerosol")	50
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 empregado para definir o tamanho das gotas é o diâmetro mediano do volume (dmv) medido em micrometro. O dmv é o diâmetro da gota que divide o volume total de uma amostra representativa em duas partes iguais, ou seja, metade do volume total da amostra

contém gotas menores e a outra metade do volume é constituída de gotas maiores que a do dmv . O valor do dmv sozinho não é um bom indicador do tamanho das gotas, porque umas poucas gotas grandes são as maiores responsáveis do volume total de amostra. Assim, um outro parâmetro, o diâmetro mediano do número (dmn) é usado em conjunto com outro. O dmn é o diâmetro da gota que divide o número total de uma amostra representativa em duas partes iguais, de maneira que a metade do número total das gotas são menores e a outra metade é constituída de gotas maiores que o dmn . Com o dmv e o dmn são afetados pelas gotas grandes e pequenas, respectivamente a relação entre estes dois parâmetros é usada frequentemente com uma indicação da uniformidade do tamanho das gotas, de uma amostra. Neste caso, a amostra é constituída de gotas de tamanho mais uniformes quando a relação dmv/dmn é próxima de 1.

Coleta das gotas pelos alvos

As gotas são coletadas pelos insetos ou superfícies das plantas de duas formas: por sedimentação ou por impacto. Esta última tem importância particularmente para as gotas aerossóis (50 micrometros). Estudo sobre o impacto de gotas tem demonstrado uma interação complexa entre o tamanho das gotas, o obstáculo na sua trajetória e a sua velocidade relativa. Em geral, a eficiência da captura das gotas aumenta com o tamanho e velocidade das mesmas em relação ao obstáculo, e diminui quando este último aumenta em tamanho.

Em muitos casos, para fazer uma distribuição uniforme do produto da planta, é necessário que as gotas penetrem no interior da folhagem. O principal fator que afeta a penetração é o tamanho das gotas. As gotas grandes são "filtradas" pelas folhas mais externas das plantas, isto é, elas se chocam, se coalescem e caem no solo, provocando perdas que contaminam o solo. Já as pequenas gotas desviam das folhas mais expostas e se depositam nas partes internas da planta.

É necessário pesquisa intensiva para se conhecer o tamanho ótimo da gota para um determinado alvo, mas Matthews (1982) apresenta uma generalização do tamanho

ideal de gotas para alvos selecionados que é mostrado na Tabela 3.

Tabela 3. Faixas de tamanho ótimo de gotas para alvos selecionados (segundo Matthews, 1982).

Alvo	Tamanho das gotas (micrometros)
Inseto em vôo	10 - 50
Inseto sobre folhagem	30 - 50
Folhagem	40 - 400
Solo (e para prevenir deriva)	250 - 400

Fatores físicos que afetam as gotas

Quando se faz uma pulverização a alto volume, o tamanho das gotas não é muito considerado, porque a intenção é molhar a planta inteira. Mas, com a tendência na redução do volume de aplicação, o controle das pragas só pode ser obtido com um grande número de gotas pequenas.

O número de gotas por volume pulverizado aumenta consideravelmente à medida que o tamanho da gota produzida diminui. O Quadro 2 serve para exemplificar o fato.

Quadro 2. Número médio (teórico) de gotas que caem por centímetro quadrado, quando se aplica um litro por hectare (gotas de espectro uniforme).

Diâmetro da gota (micrometro)	número de gotas por cm ²
10	19.099
20	2.387
50	153
100	19
200	2,4
400	0,298
1000	0,019

a) Efeito da evaporação

A medida que se diminui o diâmetro das gotas a área superficial do líquido aumenta consideravelmente. Consequentemente, a evaporação também aumenta. Assim, uma das principais desvantagens quando se usa água com diluente no preparo das caldas de pulverização é a volatilidade. Segundo Matthews (1982), uma gota de 50 micrometros de água em queda em ar parado, numa temperatura de 20 C e 80% de umidade relativa percorreria no máximo uma distância de 0,5 m e teria um tempo de vida de 14 segundos. Já uma gota de 200 micrometros percorreria uma distância de 136,4 m e duraria 227 segundos.

b) Efeito da deriva

As gotas pequenas, devido ao seu pequeno peso podem demorar minutos para cair. Durante este tempo ficam sujeitas à ação da evaporação e também podem ser arrastadas pela ação dos ventos, a distâncias consideráveis, causando consequentemente problemas a organismos não alvo. Por exemplo, Matthews (1982) descreve que, em vento constante de 4,5 Km/h paralelo ao solo, uma gota de um micrometro liberada a 3 m de altura, poderia teoricamente percorrer 150 Km, antes de depositar-se; uma gota de 250 micrometros depositar-se-ia a 6 m do local de liberação (se seus tamanhos permanecessem os mesmos).

Cobertura da pulverização

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

Nas aplicações com menores volumes, quando se utilizam gotas pequenas, o aplicador precisa conhecer a densidade de gotas necessárias e sua distribuição no alvo. Essa distribuição se torna mais importante quando o produto tem ação por contato.

Para os insetos que se movimentam muito como as ci-

garrinhas, o controle pode ser conseguido sem uma completa cobertura da planta. Mas para o controle de cochonilhas, que são insetos imóveis, é necessário um critério de densidade de gotas mais rigoroso e mais homogêneo, usando a probabilidade do impacto direto da gota sobre o inseto.

O SISTEMA ATUAL DE APLICAÇÃO E CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

A contaminação do meio ambiente com produtos fitossanitários pode ocorrer durante o seu transporte para a propriedade, durante o período de armazenamento, durante o preparo da calda, durante a aplicação e durante a lavagem das roupas e equipamentos usados pelos operadores.

O transporte de produtos pode ser perigoso, principalmente, quando as embalagens são frágeis. A tampa dos frascos pode apresentar problemas de vedação. Frascos de vidro ou de plástico e até mesmo as embalagens de papel, podem romper-se e contaminar o veículo de transporte. A consequência maior, estaria na fato da reutilização do veículo para transportar alimentos, que poderiam sofrer contaminação, trazendo sérias consequências para os consumidores.

Durante a armazenagem podem também ocorrer danos na embalagem, provocando problemas. Um outro fator importante é a temperatura no interior do "armazém". As temperaturas mais altas podem provocar o aparecimento de pressões internas nos frascos contribuindo para a ruptura de embalagem ou mesmo, proporcionando o risco de contaminação de pessoas durante a abertura da mesma. Podem também ser emanados gases tóxicos, principalmente daquelas embalagens que não foram totalmente esvaziadas, ou que foram contaminadas externamente por escorrimentos durante o uso. Estes vapores ou gases podem colocar em risco a vida de pessoas ou animais da redondeza.

O preparo da calda é uma das operações mais perigosas para o homem e o meio ambiente, pois o produto é manuseado em altas concentrações. Normalmente esta operação é feita próximo a pontos de captação de água, como poços, rios, lagos, açudes etc. Geralmente ocorrem escorrimentos

e respingos que atingem o operador, a máquina, o solo e o sistema hídrico, promovendo desta forma a contaminação de organismos não alvos, principalmente daqueles que usarão água para a sua sobrevivência.

O destino das embalagens vazias é atualmente um problema extremamente grave. Normalmente elas são deixadas amontoadas, próximas dos pontos de captação de água, quando não são utilizadas para fins diversos. Não existe até o momento uma maneira prática e totalmente segura para destruir ou eliminar as embalagens vazias. Em alguns países, vem sendo recomendado que o agricultor enxague três vezes as embalagens e utilize a água de lavagem no tanque de pulverização. Isto representa uma expressiva economia de produto para o agricultor, além de eliminar parte dos resíduos que seriam deixados com a embalagem no meio ambiente.

A maioria das aplicações de produtos químicos para o controle de pragas é feita com o produto diluído em grandes volumes de água. Normalmente, a intenção do agricultor é molhar a planta. Porém, tem sido estimado que somente 30% do líquido aplicado é retido na planta e o restante cai diretamente no solo ou é perdido por evaporação. Estas perdas elevadas, têm sido a maior causa da variação de população de organismos não alvo.

A seleção do volume líquido para que um produto possa ser aplicado é deixado a critério do usuário. Algumas recomendações dão uma faixa de 200 a 1000 l/ha. Na prática, um mesmo volume é usado para uma grande variedade de pragas e é normalmente determinado pela vazão dos bicos de pulverização que o usuário dispõe.

O estágio de desenvolvimento da cultura nem sempre tem sido levado em consideração. Por exemplo, um mesmo volume de líquido é usado tanto para uma cultura de 20 cm de altura e uma determinada área foliar, como para a mesma cultura quando apresenta 70 cm de altura e com uma área foliar muito maior. Assim, na primeira situação pode ocorrer um desperdício de produto e na segunda uma cobertura inadequada.

Um equipamento de aplicação de produtos fitossanitários custa, às vezes, muito mais que o automóvel do agri-

cultor, mas raras vezes recebe os mesmos cuidados de limpeza e manutenção. Normalmente, o equipamento de aplicação não é lavado, mas se isso ocorre, as águas residuais podem ocasionar sérios problemas.

Não existem roupas de proteção de operadores adequadas às condições climáticas brasileiras. Desta forma, recomenda-se que o operador use pelo menos uma roupa comum (calça comprida, camisa de mangas compridas, chapéu de abas e botas) que deve ser usada exclusivamente nas pulverizações. Esta roupa deve ser lavada em local adequado, após cada dia de jornada de trabalho. Na prática o indivíduo usa uma roupa qualquer que é lavada nos fins de semana, junto com as outras roupas dos familiares. A água de lavagem normalmente é lançada em esgoto a céu aberto, no meio das criações da propriedade.

O despreparo do agricultor e seu desconhecimento a respeito dos perigos que os produtos fitossanitários apresentam, associados à atual tecnologia de aplicação contribuem assim, cada vez mais, para o aumento da contaminação ambiental.

PERSPECTIVAS DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

A crescente pressão que a sociedade tem exercido para se reduzir o uso de produtos fitossanitários na agricultura, tem forçado as empresas multinacionais a investirem em pesquisas na área de tecnologia de aplicação.

A Imperial Chemical Industries (ICI) colocou no mercado mundial um pulverizador eletrohidrodinâmico desenvolvido por Coffee (1979). O pulverizador cujo nome comercial é "Electrodyn" é extremamente econômico e tem apresentado excelentes resultados de controle com a aplicação de menos de um litro de calda por hectare. Os produtos fitossanitários usados no equipamento são comercializados pré-embalados, prontos para o uso em frascos denominados "Bozzle", que já se apresentam com o próprio bico de pulverização do aparelho. O equipamento é bastante adequado para o uso por pequenos agricultores, pois as operações de funcionamento são simples e práticas, e os riscos de

contaminação do operador são bastante reduzidos em relação ao pulverizador costal convencional.

As adaptações de dois processos de pulverização eletrostático, um usado em pintura industrial descrito por Miller (1973) e outro usado em impressora de computadores descrito por Swatick (1973), permitiram Chaim (1984) desenvolver um pulverizador eletrohidrodinâmico para o uso dos agricultores. O equipamento desenvolvido pelo autor se constitui de uma fonte alta de tensão alimentada por uma bateria de corrente contínua (pilhas comuns), um suporte para transporte manual, um depósito de líquido com capacidade de um litro, e um dispositivo pulverizador constituído basicamente de um par de eletrodos. Um deles, um eletrodo circular, é aterrado e o outro, o próprio bico mantido em alta voltagem positiva (22 kV), permite o líquido fluir por uma estreita fresta circular, para receber a ação conjunta da força oriunda da presença da carga eletrostática na própria superfície do líquido e da força de um intenso campo elétrico divergente, e ser consequentemente pulverizado. O equipamento não possui nenhuma peça móvel e o consumo de energia para a geração das gotas é menor que qualquer outro processo de pulverização comercialmente em uso no momento. O espectro das gotas produzidas é muito estreito, ou seja, apresentam tamanho muito próximos. Da mesma forma, as gotas apresentam cargas eletrostáticas semelhantes; consequentemente, devido a uma repulsão mútua existente entre elas, ocorre uma uniformização de distribuição dos depósitos da pulverização. Quando uma nuvem de gotas eletrostaticamente carregadas se aproxima de uma planta, ocorre o fenômeno de indução e a planta fica eletricamente carregada, mas com carga de sinal oposto ao das gotas. Assim, as gotas são fortemente atraídas para a superfície vegetal, ocorrendo expressiva deposição até mesmo na página inferior das folhas. Em testes de campo, com a cultura do amendoim que apresenta uma praga chave, o trips (*Enneothrips flavens* Moulton, 1941) de difícil controle, pelo fato de sobreviver entre os folíolos ainda fechados, foi possível reduzir 50% do ingrediente ativo deltametrin, para manter a população da praga em um nível que não causasse dano econômico.

Endacott (1983) comprovou que a contaminação do solo proporcionada pelo sistema eletrohidrodinâmico, situa-se entre 1/10 a 1/20 daquela produzida por um sistema hidráulico convencional.

Entretanto, devido às características intrínsecas do processo de pulverização eletrohidrodinâmico, o sistema apresenta deficiência quanto à penetração das gotas no interior do dossel das plantas, bem como em suas partes mais baixas. O fator mais limitante do sistema é sem dúvida a formulação que deve ser especial, ou seja, deve ter determinadas características elástico-viscosas, tensão superficial e resistividade elétrica adequadas para a pulverização eletrohidrodinâmica.

Atualmente estamos desenvolvendo no Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura-EMBRAPA, um protótipo de pulverizador eletrostático que elimina parte das deficiências do sistema eletrohidrodinâmico. O equipamento é costal manual (alavanca) e o líquido recebe a carga eletrostática num bico pneumático especial. Com este sistema é teoricamente possível pulverizar qualquer tipo de formulação líquida. O ar pulveriza o líquido no bico pneumático, arrasta as gotas eletrostaticamente carregadas para o interior da folhagem, melhorando consequentemente a deposição em relação ao sistema eletrohidrodinâmico. Desde que padronizadas, as embalagens dos produtos poderiam servir como tanque do pulverizador. Assim as formulações viriam prontas para o uso e isso evitaria o preparo da calda, eliminando consequentemente um risco de contaminação. As embalagens vazias poderiam ser recolhidas pelas indústrias para serem reprocessadas e isso contribuiria para uma sensível redução da poluição que esse material causa atualmente no meio agrícola. A alavanca do equipamento é reversível, e isso permite que o aplicador use, indiferentemente, a mão esquerda ou a direita para movimentá-la.

O sistema hidráulico convencional também tem recebido inovações técnicas que visam a redução da contaminação dos operadores e do meio ambiente.

Equipamentos de grande porte, tem recebido sistemas que retiram o produto diretamente das embalagens, lançando-os automaticamente nos tanques, evitando que o opera-

dor entre em contato com o produto químico. São os chamados "sistemas fechados de abastecimento".

Um sistema mais sofisticado descrito por Gebhardt et alii (1981) apresenta dois circuitos distintos. Um deles só trabalha com água pura e o outro com o produto químico. O circuito do produto químico apresenta uma bomba de alta pressão, que retira o produto da embalagem e o injeta no circuito da água numa câmara misturadora próxima aos bicos hidráulicos. Neste sistema o produto químico nunca atinge o tanque de água e são diminuídos os riscos de contaminação dos abastecedores de água. Não existe também, o perigo do agricultor errar na dose do produto que será lançada no campo. Consegue-se assim solucionar muitos problemas de contaminação que ocorrem naturalmente durante o abastecimento e aplicação.

Está sendo desenvolvido, na Faculdade de Ciências Agrárias de Veterinárias-UNESP de Jaboticabal, um pulverizador intermitente para citros. O equipamento apresenta um sistema de foto-célula que aciona o pulverizador sempre que a máquina passa próximo às plantas cítricas. Nos intervalos entre as plantas o pulverizador permanece desligado. Consegue-se desta forma reduzir sensivelmente o consumo de calda e a contaminação do solo (Matuo, 1987).

Enfim, estão sendo testadas inúmeras descobertas e invenções para reduzir o consumo de produtos fitossanitários, bem como para evitar a contaminação do agroecossistema. Entretanto, os investimentos na pesquisa para solucionar os problemas da aplicação continuam sendo muito aquém daqueles feitos no desenvolvimento de novos produtos fitossanitários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral, há carência de pesquisadores e de instituições de pesquisas envolvidas em estudo de tecnologias de aplicação de produtos fitossanitários no Brasil. Desta forma, o país importa tecnologias, que na maioria dos casos, não estão adaptadas à realidade da agricultura brasileira.

As empresas que fabricam os equipamentos de aplica-

ção deveriam levar em consideração, durante a elaboração dos seus projetos, não só os aspectos comerciais das máquinas, mas também os riscos potenciais de contaminação que elas possam apresentar para o homem e o meio ambiente.

Deveria ser incentivado o treinamento de especialistas na área de assistência técnica e extensão rural, para que as inovações e informações obtidas com a pesquisa em tecnologia de aplicação fossem constantemente repassadas para a mão de obra rural, enfatizando consequentemente o correto emprego das técnicas e dos produtos fitossanitários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALS, E.J. Some observation in the basic principles involved in ultra-low-volume sprays applications. **PANS**, 19(2): 193-200, 1973.
- BROWN, A.W.A. **Insect control chemicals**. New York, Wiley & Sons, 1951. 817 p.
- CHAIM, A. Desenvolvimento de um protótipo de pulverizador eletrohidrodinâmico - avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips (*Enneothrips flavens*, Moulton 1941) do amendoim (*Arachis hypogaea*, L.). Jaboticabal, FCAV-UNESP, 1984. 107p. (Tese, M.S.)
- COFFEE, R.A. Electrodynamic energy; a new approach to pesticide application. In: **BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE: PESTS AND DISEASES**. Brighton, 1979. **Proceedings**. p. 777-789.
- COURSHEE, R.J. Some aspects of application of insecticides. **Ann.Rev.Ent.**, 5: 327-352, 1960.
- ENDACOTT, C.J. Non-target organism mortality - a comparison of spraying techniques. In: **INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PROTECTION**, 10., Brighton, 1983. **Proceedings**. Croydon, BCPC, 1983. v.2, p. 502.
- GRAHAM-BRYCE, I.J. Crop protection: a consideration of effectiveness and disadvantages of current methods and

- of the scope for improvement. **Phil.Trans.R.Soc.Lond.B**, 281: 163-179, 1977.
- HIMEL, C.M. Analytical methodology in ULV. In: SYMPOSIUM FOR SPECIALISTS IN PESTICIDE APPLICATIONS: PESTICIDE APPLICATION BY ULV METHODS, 2 Cranfield, 4th and 5th , april, 1971. **Proceedings**. p. 112-119 (BCPC Monograph , 11.
- 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.
- JOYCE, R.J.; UK.S.; PARKIN, C.S. Efficiency in pesticide application. In WATSON, D.L. & BROWN, A.W.A. **Pesticide management and insecticide resistance**. New York, Academic Press, 1977 p. 127-216.
- MATTHEWS, G.A. The biological target. **Pesticide Science** , 8:96-100. 1977.
- MATUO, T. Informação pessoal. 1987.
- MILLER, E.P. Electrostatic coating. In: MOORE, A.D. **Electrostatics and its applications**. New York, Wiley & Sons, 1973. p. 250-306.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Material de lucha contra vectores**. Genebra, 1976. 189p.
- RUTHERFORD, I. Characteristics of boom nozzle spraying - a robust, safe and efficient system for the future? In: SOUTHCOMBE, E.S.E. **Applications and biology**, Croydon, British Crop Protection Council , 1985. p. 5-9 (BCPC Monograph, 28).
- SWATICK, D.S. Non impact printing. In: MOORE, A.D. **Electrostatic and its applications**. New York, Wiley & Sons, 1973. p. 307-335.

