

**TÉCNICAS DE PULVERIZAÇÃO E TRANSPORTE DE GOTAS**

**1994**

## Índice

1- Introdução .....	3
2- Diferentes técnicas de aplicação dos pesticidas .....	4
2.1- Pulverização por pressão e pulverização pneumática .....	4
2.2- Pulverização centrífuga e pulverização electrostática .....	5
2.3- Comparação das técnicas de pulverização tradicionais e de aplicação controlada .....	8
3- A pulverização nos sistemas tradicionais de aplicação dos pesticidas .....	10
3.1- Pulverização por pressão do líquido .....	11
3.2- Pulverização pneumática .....	12
4- O transporte das gotas até ao objecto .....	12
4.1- Transporte das gotas por jacto projectado .....	13
4.2- Transporte de gotas por jacto transportado .....	14
Bibliografia .....	16

## 1- Introdução

A aplicação de pesticidas é efectuada utilizando pulverizadores que devem dividir a calda e distribuí-la homogeneamente, sob a forma de finas gotículas, nos órgãos aéreos das plantas ou no solo; estes equipamentos devem permitir também, sem afectar a eficiência do tratamento, a redução dos volumes a aplicar por hectare, assim como a diminuição das possibilidades de contaminação do meio ambiente.

Relativamente às vantagens proporcionadas pela redução dos volumes a aplicar por hectare destacam-se:

- redução da contaminação do meio;
- maior produtividade do trabalho;
- menor compactação do solo;
- melhor oportunidade de realização do tratamento;
- redução das perdas de calda;
- menor consumo de água.

Assim, e atendendo a que as reduções dos volumes e as perdas por deriva apresentam soluções opostas, como o demonstra a diminuição da dimensão das gotas e as altas velocidades de translação dos equipamentos, que favorecendo a diminuição dos volumes conduzem a maiores perdas para a atmosfera, é necessário procurar um equilíbrio entre estes dois objectivos, pelo que se aconselha:

- escolher os equipamentos que, para cada situação, utilizem a melhor técnica de aplicação dos pesticidas por forma a reduzir o espectro da população das gotas;
- melhorar os sistemas de transporte, especialmente das gotas mais pequenas, quer através de correntes de ar, quer utilizando cargas eléctricas.

Considerando que a eficiência biológica resultante da redução do volume, mantendo constante a quantidade de substância activa por hectare, apresenta resultados muito diferentes, em alguns casos mesmo contraditórios, não se conhecem, para a maioria das situações, a sua relação com as doenças, pesticidas e plantas; estas diferenças verificam-se principalmente porque a redução do volume altera a estrutura dos depósitos das gotas, isto é, a quantidade de calda depositada e o número de impactos por unidade de superfície, condicionando o sucesso do tratamento.

Assim, e atendendo aos aspectos apresentados aconselha-se a proceder a esta redução de uma forma gradual, acompanhando-a sempre de estudos rigorosos para cada uma das situações.

## 2- Diferentes técnicas de aplicação dos pesticidas

A pulverização da calda pode ser efectuada mediante diferentes técnicas das quais se destacam a pulverização por pressão (jacto projectado e jacto transportado), a pneumática e a centrífuga. O aparecimento desta última deveu-se principalmente aos volumes relativamente elevados utilizados pelos duas primeiras, especialmente a pulverização por pressão, que, embora apresentem uma boa eficiência biológica, conduzem a uma grande contaminação do meio e são muito caros.

Relativamente à definição e volumes aplicados por hectare, para os diferentes tipos de culturas, considera-se:

**Quadro 1-** Designação e definição da quantidade de calda a aplicar, em  $L \cdot ha^{-1}$ , para as culturas arvenses, arbustivas e arbóreas

Designação	Culturas arvenses	Culturas arbustivas e arbóreas
Altos volumes ( HV)	> 600	> 1000
Médios volumes (MV)	100 - 600	300 - 1000
Baixos volumes (LV)	20 - 100	30 - 300
Muito baixos volumes (VLV)	5 - 20	20 - 30
Ultra-baixos volumes (ULV)	< 5	< 20

Fonte: Johnstone (1978)

### 2.1- Pulverização por pressão e pulverização pneumática

A pulverização por pressão e a pulverização pneumática, considerados como sendo métodos tradicionais de pulverização pois encontram-se associados a pulverizações relativamente grosseiras e espectros latos, utilizam bicos hidráulicos que debitam altos e médios volumes ou bicos pneumáticos que aplicam médios e baixos volumes (Johnstone, 1978).

Considerando os volumes a aplicar por hectare na cultura da vinha pelos métodos tradicionais, tem-se:

**Quadro 2-** Volume de calda, em  $L \cdot ha^{-1}$ , aconselhado para as técnicas tradicionais de aplicação.

Tipo de pulverização	Volumes
Pulverização em jacto projectado	400-2000
Pulverização em jacto transportado	150-500
Pulverização pneumática	60-300

Fonte: Vagny (1984)

também para a pulverização (Kepner *et al*, 1978).

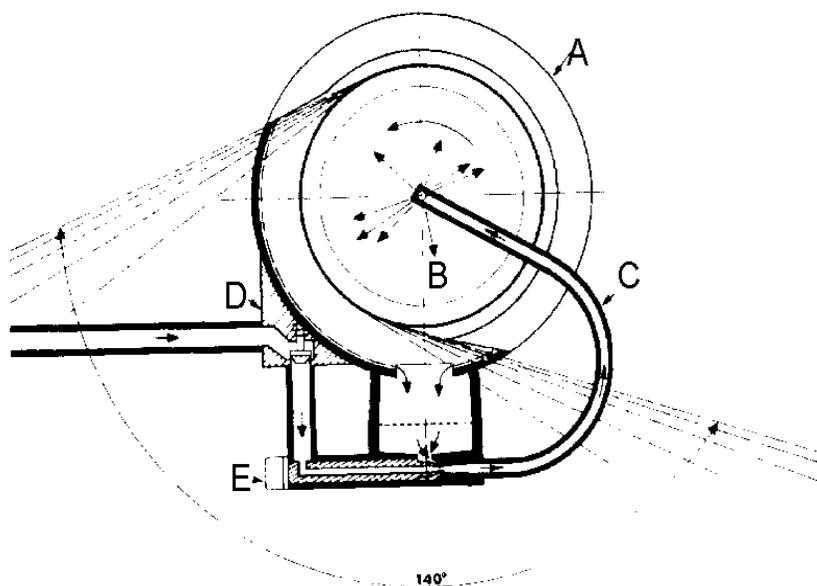
Consideram-se bicos hidráulicos aqueles em que a calda se encontra sob pressão sendo esta a principal responsável pela sua pulverização; os equipamentos que dispõem de ventiladores utilizam igualmente esta técnica, embora a velocidade do ar, de uma forma menos significativa, contribua

Nos bicos pneumáticos o escoamento da calda efectua-se à pressão atmosférica, ou próxima desta, sendo a pulverização provocada pelo "choque" com uma corrente de ar que se desloca a uma velocidade bastante elevada.

## 2.2- Pulverização centrífuga e pulverização electrostática

A pulverização centrífuga, juntamente com a electrostática, são considerada como técnicas de aplicação controlada das gotas (CDA), pois permitem um melhor controlo e homogeneidade das gotas durante os tratamentos.

Relativamente à pulverização centrífuga ela consiste na colocação de um dado volume de calda, a baixa pressão, num ou mais discos, cones ou cilindros, que, girando com grande velocidade, originam uma elevada energia cinética rotacional, que provoca a pulverização da calda. Os discos, cuja periferia é dentada, foram colocados inicialmente na posição horizontal mas, devido à deficiente repartição, penetração e deriva das gotas, passaram a ser colocados na vertical; esta posição permite não só remediar os inconvenientes mencionados, mas também reduzir o choque entre as gotas pois a sua trajectória faz-se directamente para o objectivo.



**Figura 1-** Representação de um bico de disco para a pulverização centrífuga  
 A- Colector B- Disco C- Alimentação D- Electroválvula E- Injetor  
 Fonte: Tecnomia

A utilização de cones ou cilindros permite aumentar os débitos por unidade de superfície, o que nestes equipamentos é muito importante, pois a cobertura resultante da pulverização dos objectos é bastante reduzida, e adaptam-se melhor aos pulverizadores montados nos tractores (Cayley, 1986).

Neste tipo de pulverização a divisão da calda é efectuada em gotas com características dimensionais mais ou menos uniformes, cuja dimensão é função da natureza do objecto a tratar (Johnstone, 1978). Os coeficientes de uniformidade para as populações de gotas resultantes da

pulverização centrífuga são de  $\pm 1,3$ , o que corresponde a coeficientes de variação de 53%, obtendo-se nos métodos tradicionais valores de 2,0 com coeficientes de variação de 100-150%; Piazza (1985) considera que a homogeneidade dos espectros das gotas resultantes da pulverização centrífuga é 2 a 4 vezes superior à obtida pelos bicos de turbulência.

Neste tipo de pulverização, em que se utilizam normalmente volumes bastante baixos, não existem gotículas muito pequenas nem muito grandes, o que permite reduzir as perdas por deriva e escorrimento, aumentando-se assim a taxa de deposição nas plantas e a uniformidade da sua cobertura (Kepner *et al*, 1978); quanto mais homogêneas forem as gotas mais fácil é obter as condições necessárias para o seu transporte até ao objecto a tratar.

Os pulverizadores centrífugos manuais, designados por pulverizadores de pilhas, têm tido uma grande divulgação para aplicação de herbicidas, pois utilizam volumes de 30 a 40 L.ha<sup>-1</sup> (Manterola, 1990), o que permite reduzir o tempo de aplicação, efectuando-se assim os tratamentos nas melhores condições e diminuindo-se também a percentagem de perdas ocasionadas pela não realização das operações no momento mais oportuno. Estes pulverizadores, devido à baixa potência necessária, facilidade de acesso a zonas difíceis e baixo consumo de água são particularmente indicados para as zonas tropicais (Bernat, 1994).

Relativamente à vinha a utilização da pulverização centrífuga tem sido bastante reduzida, podendo, no entanto, ser muito promissora desde que combinada com correntes de ar para transporte das gotas; ensaios efectuados em vinhas (Gohlich, 1979), mostraram que a pulverização com bicos rotativos e transporte através de fluxos de ar, permite reduzir, quando comparadas com as técnicas tradicionais, em cerca de 50% as perdas por deriva. Vagny (1989) refere este tipo de equipamento na aplicação de herbicidas na vinha utilizando cerca de 30 L.ha<sup>-1</sup>.

A eventual utilização da pulverização centrífuga em regiões com elevada temperatura tem de ser efectuada com muito cuidado pois as gotículas, devido à sua reduzida dimensão, apresentam uma concentração muito elevada de pesticida, o que pode conduzir à queima das folhas. Esta técnica não é ainda suficientemente versátil para ser utilizada na maioria das situações sendo também mais dispendiosa e os equipamentos que a utilizam de difícil manutenção (Thelwell, 1984).

Relativamente à pulverização electrostática esta consiste na aplicação de cargas eléctricas, positivas ou negativas, nas gotículas que, devido a terem o mesmo sinal, repelem-se e dispersam-se. Estas cargas induzem também à formação de cargas de sinal contrário nas plantas, electricamente neutras, que estando ligadas à terra, funcionam como condutoras, atraíndo-as.

Este método permite assim aumentar a taxa de deposição das gotas nos objectos, pois diminui as perdas por deriva e melhora a uniformidade da distribuição, pois não se dá a coalescência das gotas (Miller, 1986).

As cargas eléctricas, embora possam ser utilizadas para pulverizar os líquidos (pulverização electrodinâmica), são empregues principalmente para carregar electricamente as gotas resultantes da pulverização hidráulica e centrífuga, dependendo a sua carga do tipo de bicos, das características da calda e tensão da corrente utilizada. As gotículas obtidas por pressão hidráulica

apresentando um espectro bastante lato sendo as gotas maiores, devido à sua elevada energia cinética, depositadas na periferia das copas e as gotas mais pequenas no seu interior.

Ensaio referido por Martin (1978) permitem concluir que o sinal e intensidade da carga depende também da dimensão das partículas e da humidade atmosférica.

Relativamente à carga esta é especialmente importante nas gotas mais pequenas, pois, considerando o seu peso, apresentam mais energia eléctrica que as gotas de maior dimensão; este aspecto é particularmente vantajoso porque a força da gravidade nas gotas grandes, é normalmente suficiente para provocar a sua deposição, o que não acontece com as gotas mais pequenas. Miller (1986) considera que as cargas eléctricas apenas influenciam a trajectória das gotas com diâmetros inferiores a 200  $\mu\text{m}$ , pelo que a sua utilização é mais indicada para a pulverização centrífuga.

Os principais problemas existentes com a utilização de cargas eléctricas prendem-se com a penetração das gotas na copa das plantas e a deposição em zonas específicas desta. Assim, e como forma de minimizar estes problemas, têm-se efectuado estudos que permitam relacionar a intensidade das cargas eléctricas a utilizar com a velocidade das gotas por forma a obter-se um equilíbrio entre as duas que confira energia suficiente às gotas para atingirem as zonas a tratar; a deficiente penetração é mais acentuada com as gotas pequenas pois devido à sua pequena energia cinética são rapidamente atraídas pela vegetação. A colocação dos discos de pulverização na vertical permite aumentar a energia cinética das gotas melhorando a sua penetração na copa das culturas baixas (Cayley, 1986).

Relativamente a trabalhos já efectuados utilizando esta técnica destacam-se os seguintes:

- Vagny (1984) refere deposições de 91,6% de calda nas videiras, tendo-se melhorado significativamente a deposição nas faces inferiores das folhas;
- Herrington (1985) em aplicações, em cereais, utilizando bicos de fenda 8003 e 8001, não obteve, com o primeiro tipo de bicos, qualquer diferença na deposição quando as gotículas se encontravam ou não carregadas electricamente, mas, para o segundo, devido à menor dimensão das gotas, as diferenças foram bastante grandes;
- Gohlich (1985), em ensaios efectuados em cereais, concluiu que as gotas com cargas eléctricas se depositam principalmente nas partes mais altas das plantas, ficando os estratos inferiores menos protegidos do que se utilizasse gotas neutras.

Do exposto conclui-se que a aplicação de cargas eléctricas às gotículas ainda apresenta muitos problemas, mas, considerando a crescente importância que se tem dado à redução dos volumes, pensamos que é uma técnica muito promissora; Griffiths *et al.* (1986) consideram-na como o único meio para aplicação de feromonas para combate dos afídeos, em que se chegam a utilizar quantidades de substâncias activas inferiores a  $1\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$

As técnicas de aplicação controlada das gotas permitem a pulverização a ultra-baixo volume (ULV) que é caracterizada principalmente pelos reduzidos volumes a aplicar por unidade de superfície, o

que implica que as gotículas sejam muito pequenas e os pesticidas utilizados sem diluição prévia em água; devido aos volumes utilizados a toxicidade dos pesticidas é geralmente muito baixa. Kepner *et al.* (1978) consideram como ULV todos os pesticidas que para serem aplicados não necessitam de ser diluídos previamente em água e cujos volumes variam de 9 a 0,59 L.ha<sup>-1</sup>.

Assim, considerando os volumes envolvidos, as formulações dos pesticidas para este tipo de pulverização devem incluir solventes e aditivos que contrariem a volatilização das gotas para que estas não percam uma parte significativa da sua massa durante o transporte e para que permaneçam nos objectos tempo suficiente para que possam actuar. Devido às suas exigências em termos de aplicação, utiliza-se mais que um solvente por forma a aumentar-se a persistência da deposição facilitando-se assim a absorção pelo objecto a tratar. Estas aplicações requerem cuidados especiais no que respeita às regulação dos equipamentos, velocidade de trabalho, sensibilidade do operador e mesmo do tipo de objectos a tratar, como é o caso dos pomares com grande densidade de vegetação (Wills, 1988).

### **2.3- Comparação entre as técnicas de pulverização tradicionais e de aplicação controlada**

Considerando os estudos efectuados para comparação das técnicas de pulverização tradicionais e de aplicação controlada sabe-se que as primeiras, embora permitam um controlo eficaz das pragas e doenças, são muito pouco eficientes. Este facto, juntamente com os altos volumes geralmente utilizados, tem contribuído para o desenvolvimento das técnicas CDA, que permitem reduções muito importantes nos volumes e uma maior uniformidade dos espectros.

Elliot e Wilson (1983) comparando as técnicas de aplicação tradicionais com as de aplicação controlada consideram que nas primeiras cerca de 10% do volume da calda aplicado se encontra pulverizado em gotas menores que 100 µm, e 25% em gotas maiores que 350 µm, o que faz com que esses volumes sejam facilmente perdidos por deriva e escorrimento, respectivamente. Nas técnicas de aplicação controlada praticamente não se verificam perdas pois os espectros são mais homogéneos mas, em termos de eficiência biológica, estes autores consideram que não existem diferenças significativas relativamente às aplicações tradicionais, isto porque os volumes de calda aplicados por unidade de superfície são inferiores às das aplicações tradicionais.

Segundo Johnstone (1978) a aplicação de pesticidas utilizando pulverizadores de jacto transportado (PJT) com ventiladores centrífugos e com correntes de ar direccionadas, estão menos sujeitos às condições meteorológicas do que as gotas resultantes da pulverização centrífuga com correntes de ar contínuas.

Relativamente aos resultados biológicos, as opiniões divergem embora a maioria dos autores indique as aplicações tradicionais como mais eficientes. Assim, por exemplo:

- ensaios efectuados por Cooke *et al.* (1976), deram melhores resultados com a utilização dos bicos hidráulicos, embora as perdas tenham sido maiores; as técnicas de aplicação controlada foram biologicamente menos eficientes e nem sempre desperdiçaram menos calda que as tradicionais;

- trabalhos de Elliot *et al.* (1980), no que respeita à aplicação de herbicidas, demonstraram que as técnicas de aplicação controlada não permitem qualquer redução das doses a aplicar por unidade de área e os de Evans (1979), com fungicidas, deram resultados semelhantes aos obtidos com a aplicação de altos volumes.
- ensaios realizados por Herrington (1981) no tratamento do míldio das macieiras indicaram que os pulverizadores centrífugos dão melhores resultados que os pulverizadores de jacto transportado, embora não tenham permitido um controlo eficaz da dimensão das gotas;
- ensaios efectuados por Butt *et al.* (1984), permitiram tirar conclusões semelhantes às anteriores tendo os altos volumes sido mais eficientes no tratamento das culturas, uma vez que aumentando os volumes de 50 para 600 L.ha<sup>-1</sup>, se reduziu substancialmente a intensidade das infecções; os altos volumes permitiram também obter uma maior deposição de substância activa nas plantas, o que possibilita a redução das concentrações utilizadas.

Assim pode afirmar-se que a técnica de aplicação controlada apresenta vantagens no que respeita à dimensão, número de gotas e sua retenção nas plantas, reduzindo-se portanto a deriva e escorrimentos, mas que, quando comparadas com os sistemas tradicionais de médio e alto volume, apresenta alguns inconvenientes, tais como:

- maior coeficiente de variação, quando se utilizam discos horizontais, especialmente nas zonas inferiores dos cereais (Robinson, 1984);
- dificuldade em combinar os diferentes discos numa rampa, por forma a conseguir-se uma distribuição uniforme;
- maior susceptibilidade ao vento, especialmente com os discos colocados horizontalmente; este inconveniente é atenuado quando os discos são colocados verticalmente;
- maior amplitude do movimento das rampas devido ao seu maior peso.

A utilização da técnica de aplicação controlada não tem assim revelado, no que respeita à eficiência biológica, grandes vantagens relativamente às tradicionais pelo que, até à data, a utilização destas se têm mantido na maioria dos pulverizadores. Estas para além de uma melhor distribuição ao longo da rampa, imprimem uma determinada velocidade às gotas, podendo mesmo utilizar fluxos de ar para o seu transporte, o que as torna menos susceptíveis aos factores meteorológicos. Piazza (1985) considera que actualmente apenas o transporte das gotas através de correntes de ar permite uma boa penetração no interior da vegetação.

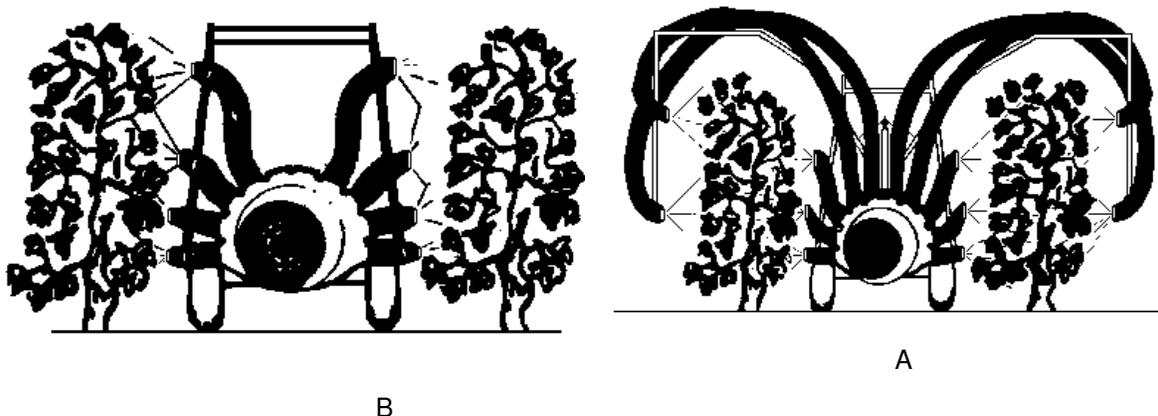
O melhoramento dos métodos de aplicação tradicional por forma a reduzir os volumes tem, devido à cada vez maior sensibilidade ecológica das populações, sido objecto de grande interesse, não sendo, no entanto, ainda bem conhecidos. Verifica-se, no entanto, a necessidade de se melhorar o transporte das gotas, quer por correntes de ar, quer por cargas eléctricas; a diminuição

do volume pode ser conseguida pela redução do número de bicos, o que poderá conduzir a uma distribuição heterogénea, ou pela utilização de jactos intermitentes.

A eventual utilização dos métodos tradicionais, depois de resolvidos os aspectos mecânicos relacionados com a aplicação de médios e baixos volumes, pode vir a rivalizar com a aplicação controlada, devendo, no entanto, a sua introdução ser gradual por forma a evitar-se que o inócuo das doenças, especialmente quando se trata de ataques muito fortes, se vá acumulando ao longo dos anos dando origem à formação de condições favoráveis ao seu desenvolvimento e/ou tornando difícil o seu controlo. Em anos em que a intensidade das infecções é pequena a aplicação de baixos ou altos volumes têm normalmente a mesma eficácia (Esmeraldo, 1989).

A redução da área coberta, resultante da diminuição do volume utilizado, embora possa não afectar a quantidade de substância activa depositada, pode mesmo aumentá-la, pois os escorrimentos são menores, é considerada, por alguns autores, como menos eficiente na contenção das pragas e doenças.

Em função do exposto os equipamentos para aplicação de médios e altos volumes são ainda as soluções mais aconselháveis para a maioria das situações, sendo necessário, no entanto, proceder a estudos cuidadosos no que respeita à sua adaptação à cultura em causa, tendo em consideração as várias formulações e volumes de calda, para se conhecer os espectros de pulverização, uniformidade de distribuição nas plantas e as perdas por deriva e escorrimentos. A redução do volume de calda tem consequências nos depósitos e retenção nas plantas não devendo as doses de substância activa serem reduzidas sem se conhecer com rigor os seus efeitos biológicos.



**Figura 2-** Adaptação de um pulverizador de jacto transportado à cultura da vinha instalada em patamares de dois bardos. A- versão original B- versão alterada  
Fonte: Santos, F. (1992)

### 3- A pulverização nos sistemas tradicionais de aplicação dos pesticidas

A pulverização nos sistemas tradicionais de aplicação dos pesticidas consiste na divisão da calda em gotículas, como resultado da sua passagem forçada por um orifício ou do choque de um filete líquido com uma corrente de ar.

Estas técnicas têm como principal objectivo obter gotas com diâmetros que permitam um controlo eficaz das pragas e/ou doenças e que conduzam ao mínimo de perdas para o meio; a minimização destas permite uma maior deposição nos objectos a tratar e conseqüentemente a utilização de doses mais baixas. Estes objectivos são extremamente importantes pois a quantidade de calda que será utilizada no controlo biológico das pragas ou doenças é apenas uma pequena parte do volume aplicado por hectare, pelo que só naquelas condições é possível aumentar esta percentagem.

### 3.1- Pulverização por pressão do líquido

Esta técnica consiste em conferir ao líquido uma dada pressão e fazê-lo passar pelo bico, cujo interior apresenta uma forma geométrica mais ou menos complexa, o que provoca a sua pulverização e transporte. Estes dois processos (pulverização e transporte) são concorrentes em termos de energia, pelo que a melhoria de um deles influencia negativamente o outro.

Richey *et al.* (1961) consideram que a intensidade da pulverização resulta, entre outros factores, do diferencial da velocidade entre o líquido e o ar que o rodeia, sendo a energia remanescente utilizada para o transporte.

Mathews (1979) considera que este tipo de pulverização resulta da desintegração dos jactos, que à saída dos bicos apresentam a forma de uma fina folha líquida, em gotas de diferentes tamanhos, e que é condicionada pelas diferentes características físicas dos líquidos e dos bicos, pressão de funcionamento e condições do meio.

Considerando o diâmetro do orifício das pastilhas (d), em milímetros, o débito de um bico,  $D_b$ , em litros por minuto ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ ) depende da pressão (p), em kPa, ou seja:

$$D_b = m * d^2 * \sqrt{\frac{p}{100}}$$

em que m é o coeficiente de débito global do bico, variando o seu valor de 0,16 a 0,62, conforme o seu tipo (Musillami, 1982); segundo este autor o coeficiente de débito global traduz as perdas de carga ao nível dos bicos dependendo o seu valor das características geométricas e dimensionais dos diferentes elementos destes e das propriedades físicas e químicas dos líquidos; quanto mais o seu valor se aproximar da unidade menores serão as perdas de carga. A pulverização é tanto mais fina quanto menor for m e d, e maior for a pressão. O aumento da pressão implica uma maior velocidade de escoamento da calda aumentando-se assim o diferencial relativamente à velocidade das gotas, que conduz a uma maior libertação de energia que se traduz numa pulverização mais intensa; a partir de determinados valores de pressão a redução do diâmetro das gotas deixa de ser significativo (Musillami, 1982)

A variação da dimensão das gotas, para uma mesma pressão e bicos, depende, segundo este autor, de vários factores, tais como:

- da maior ou menor perfeição com que os orifícios das pastilhas são feitos;

- das características dimensionais e geométricas dos bicos que são muito importantes nas câmaras de turbulência e nos canais em forma de hélice, dos repartidores dos jactos cónicos.

Para os pulverizadores com vários bicos a homogeneidade das gotas e débitos individuais, implica que, para além das condições anteriores, haja uma mesma pressão em todos eles; isto consegue-se desde que as condutas tenham iguais perdas de carga para o que é necessário um acabamento das mesmas o mais perfeito possível.

Em conclusão, para obtenção de um mesmo grau de pulverização, deve actuar-se quer no diâmetro das pastilhas quer na pressão de funcionamento. Assim, por exemplo, utilizando bicos de 1 mm a 500 kPa tem-se uma pulverização semelhante à obtida com bicos de 1,8 mm a 3000 kPa, embora, neste ultimo caso, o débito seja 7 a 8 vezes superior (Musillami, 1982).

### 3.2- Pulverização pneumática

A pulverização pneumática obtém-se pelo choque da calda, que se escoia por gravidade ou sujeita a uma pressão baixa, com uma corrente de ar, que assegura igualmente o seu transporte, resultando, à semelhança do processo anterior, a intensidade da pulverização da diferença entre a velocidade da corrente de ar e a do líquido (Richey *et al.* 1961). Nestes pulverizadores para se obter um fluxo de ar de grande volume e velocidade, é necessário uma potência muito elevada pelo que tem de haver um compromisso entre estas duas variáveis; sendo a velocidade do ar fundamental para se obter uma boa pulverização o volume é geralmente baixo o que implica uma fraca homogeneidade da deposição da calda na copa das plantas, tornando-se os jactos muito sensíveis ao vento.

A fórmula que permite relacionar o diâmetro volume/superfície ( $d_v/s$ ) das gotas com as características das correntes de ar e líquidos foi estabelecida, em laboratório, por Nukiyama e Tanasawa, em 1939, e indica que este diâmetro médio depende praticamente da velocidade do ar, tensão superficial da calda e sua massa volúmica (Musillami, 1982). Jacquet (1991) considera que para se obter uma boa pulverização pneumática é necessário que a relação líquido / volume de ar seja de 1 / 15000 e que a velocidade deste seja superior a 120 m/s.

Martin (1978) considera que a velocidade do ar deve ser tanto maior quanto maior for a tensão superficial dos líquidos e o diâmetro dos filetes que se formam a partir deste.

Comparando as quantidades de energia envolvidas nos dois processos de pulverização constata-se que a quantidade de energia necessária pela pulverização pneumática é muito superior à da pulverização por pressão. Se reportarmos a energia dispendida ao hectare, esta situação pode-se inverter, desde que as reduções no volume de calda aplicada por pulverização pneumática possa compensar o diferencial de energia envolvida (Musillami, 1982).

#### 4- O transporte das gotas até ao objecto

Após a pulverização da calda e com a energia ainda existente e/ou a resultante de correntes de ar, naturais ou originadas pelos ventiladores, as gotas são transportadas até ao objecto, resultando, da sua deposição, uma exposição temporária na superfície vegetal.

A velocidade das gotas, especialmente das mais pequenas, é afectada pelo ar que penetra no interior do jacto como resultado do atrito da superfície líquida que se forma antes da pulverização, com o ar envolvente, e da transferência de energia das gotas maiores para esse mesmo ar (Thelwell, 1984). As gotas de menor dimensão, devido à rápida dissipação dessa energia, fazem parte deste percurso sob a influência da força da gravidade e/ou da resultante daquelas correntes.

O melhoramento das técnicas de transporte permite aumentar a penetração e distribuição da pulverização no interior da planta, possibilitando assim a redução da quantidade a aplicar. Nas culturas baixas o objectivo é, aplicando a mesma quantidade de calda, obter uma distribuição homogénea em toda a superfície a tratar e, nas culturas arbustivas e arbóreas, distribuir a calda de acordo com a geometria da copa e densidade folhear, o que dificulta a obtenção de uma distribuição uniforme.

O estudo do transporte das gotas só recentemente tem sido efectuado com bastante rigor, fruto da tecnologia dos sistemas de medição laser, que permitem a determinação simultânea do diâmetro e da velocidade das gotas, conhecendo-se assim a energia cinética das mesmas, e portanto, o seu alcance. Young (1985), utilizando esta técnica, calculou em  $8 \text{ m.s}^{-1}$  a velocidade de uma gota de  $250 \mu\text{m}$  proveniente de um bico de fenda à pressão de 296 kPa e a 40 cm de distância; o aumento da pressão e débito conduziu a um acréscimo da velocidade, diminuindo esta à medida que as gotas se afastam do bico. As velocidades determinadas com este equipamento afastam-se, no entanto, das obtidas no campo, pois aqui os tratamentos são realizados em translação, a vários  $\text{m.s}^{-1}$ , o que, segundo Gohlich (1979), reduz a velocidade das gotas.

Relativamente aos meios utilizados para transporte das gotas os métodos tradicionais são divididos em:

- transporte por jacto projectado;
- transporte por jacto transportado.

##### 4.1- Transporte das gotas por jacto projectado

O transporte das gotas por jacto projectado, que deu o nome ao tipo de pulverizadores que o utiliza, consiste em comprimir a uma determinada pressão, um dado volume de calda, sendo a energia fornecida função da pressão; uma parte desta energia é gasta no bico para pulverizar a calda e a restante é utilizada no transporte das gotas, sob a forma de energia cinética (Musillami, 1982).

As gotas, devido à resistência do ar, sofrem uma desaceleração que, segundo este autor, é directamente proporcional à velocidade das gotas e inversamente proporcional ao seu diâmetro. A

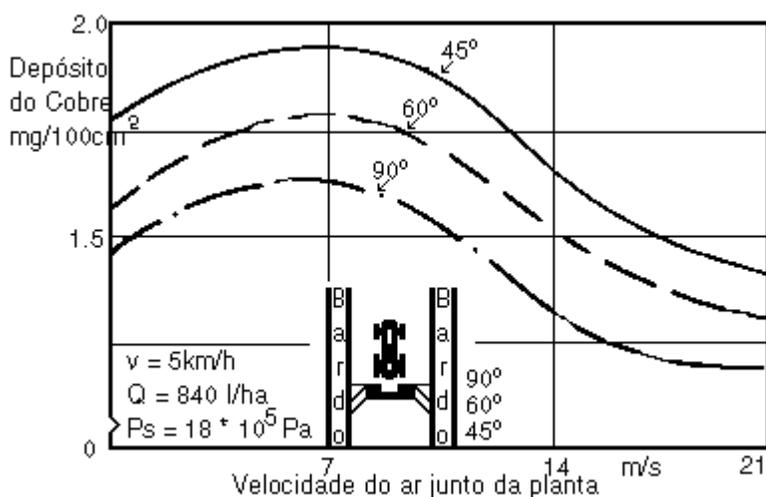
utilização de rampas de grandes dimensões para as culturas baixas conduz à variação da distância dos bicos ao solo e portanto os riscos de deriva; actualmente os pulverizadores com rampas grandes dispõem de sistemas de suspensão “activos” que têm sensores que medem directamente a distância ao solo fazendo de imediato a sua correcção.

#### 4.2- Transporte de gotas por jacto transportado

Esta forma de transporte das gotas é utilizada pelos pulverizadores de jacto transportado e pelos pneumáticos e consiste na obtenção de um fluxo de ar húmido, resultante da corrente de ar e da calda pulverizada, que faz o transporte das gotas; estas, especialmente as que se encontram no interior do jacto, são bastante estáveis, não se evaporando facilmente, pois estão em contacto com as gotas da periferia do fluído, o que permite que o seu diâmetro seja bastante pequeno.

Para as culturas altas as correntes de ar utilizadas para transporte das gotas, que podem ser contínuas ou direccionadas, são geradas por diferentes tipos de ventiladores, pelo que apresentam características diferentes; os sistemas de ar direccionados são os que permitem reduzir em maior escala a deriva das gotas e transportá-las até mais longe (Gohlich, 1985).

Os fluxos de ar direccionados, que contrariamente aos contínuos, conduzem a uma desigual distribuição da velocidade e volume do ar proveniente das várias condutas, permitem uma melhor incidência dos fluxos nas plantas. Gohlich (1984) considera que as velocidades terminais do ar que permitem maior deposição de calda nas videiras, medida nas duas páginas das folhas, se situa entre os  $6 - 8 \text{ m.s}^{-1}$ , sendo a deposição superior quando se fazem incidir os jactos segundo ângulos de  $45^\circ$ .



**Figura 3-** Influência da velocidade do fluxo de ar e do ângulo de incidência na deposição de cobre na cultura da vinha  
 Fonte: Gohlich (1984).

A utilização de correntes de ar tem também vindo a generalizar-se no tratamento das culturas baixas, quer para o transporte das gotículas obtidas por pressão hidráulica, quer para a pulverização pneumática (pulverização e transporte). A utilização destas correntes tem permitido reduzir a deriva das gotas, aumentar a sua penetração e deposição, diminuir a influência das condições atmosféricas e diminuir os volumes de calda a aplicar por unidade de superfície.

No transporte por jacto transportado, e à semelhança do jacto projectado, o ar dificulta o movimento do fluído, sendo o seu alcance tanto mais importante quanto maior for a velocidade inicial deste; para a mesma energia, quando se aumenta duas vezes a velocidade do ar a sua massa é dividida por 4 (Musillami, 1982).

Assim, considerando a mesma energia dispendida, o débito e a velocidade variam em sentidos contrários, pelo que, ou se obtém um débito pequeno com grande velocidade (secção de saída pequena), ou um débito grande mas com pequena velocidade (secção de saída grande); ensaios realizados por Mathews (1979), em pomares, demonstraram melhor penetração da calda no interior da copa utilizando grandes volumes de ar a baixas velocidades.

Comparando a pulverização e o transporte dos dois processos apresentados pode afirmar-se que o transporte por jacto transportado permite uma maior uniformidade de distribuição da calda, mas é bastante exigente em termos de energia por unidade de volume pulverizado; este aspecto pode, como foi referido, ser atenuado e/ou contrariado desde que a diminuição do volume por unidade de superfície seja suficiente para fazer face ao maior consumo de energia.

## Bibliografía

- Bernat, C.; Gil, E. (1994). La aplicación de tratamientos fitosanitarios. *Vida Rural* **2**: 63-66
- Cayley, G.; Griffiths, D.; Pye, B. (1986). Exploiting new concepts in sprayer technology. *Science, Sprays and Sprayers*, 10-11. Agricultural and Food Research Council. London
- Cooke, B.K.; Herrington, P.J.; Jones, K.G.; Western, N.M.; Woodley, S.E.; Chapple, A.C.; Hislop, E.C. (1983). A comparison of alternative spray techniques in cereals. Bristol. University of Bristol. 298 - 309
- Elliot, G.; Wilson, B. (1983). The influence of weather on the efficiency and safety of pesticides application. London. BCPC Publications.
- Esmeraldo, C.M. (1989). Meios de luta química contra o oídio da videira (*Uncinula necator*). Notas técnicas sobre os grupos de fungicidas homologados em Portugal para o combate à doença. 1º Simpósio da viticultura do Alentejo: 183-195. Évora. Sapec Agroquímica
- Gohlich, H. (1979). A contribution to the demands of reduced application rates and reduced drift. British crop protection conference, 767-775.
- Gohlich, H. (1985). Deposition and penetration of spray. BCPC Monogram **28**:173-182
- Griffiths, D.; Pickett, J. (1986). Electrostatic sprayers for behaviour-controlling chemicals. *Science, Sprays and Sprayers*, 18-19. Agricultural and Food Research Council. London
- Herrington, P.J.; Hislop, N.M.; Western, K.G.; Jones, K.G.; Cooke, B.K.; Woodley, S.E.; Chapple, A.C. (1984). Spray factors and fungicidal control of apple powdery mildew. Bristol. University of Bristol.
- Johnstone, D.R. (1978). Statistical description of spray drop size for controlled drop application. Symposium on controlled drop application, 35-41.
- Kepner, R.; Bainer, R.; Barger, E. (1978). Principles of farm machinery 3<sup>th</sup> edition. Connecticut. AVI Publishing Company, INC.
- Manterola, L. (1990). La mecanización de los tratamientos fitosanitarios en el cultivo de cítricos. *Máquinas y Tractores Agrícolas* **7**: 30-33
- Martin, H. (1978). The scientific principles of crop protection. 6<sup>th</sup> edition. London. Edward Arnold.
- Mathews, G.A. (1979). Pesticides application methods. London. Butler & Tanner.
- Miller, P. (1986). The engineering design and evaluation of electrostatic spraying systems. *Science, Sprays and Sprayers*, 14-15. Agricultural and Food Research Council. London

- Musillami, S. (1982). Generalités sur les pulvérisations. 1<sup>ère</sup> Edition. Antony. Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
- Piazza, O. (1985). Evolution des techniques d'application. Vitotechnique **86**: 30-31
- Richey, C., Jacobson, P.; Hall, C. (1961). Agricultural engineers' hand book. New York. McGraw-Hill Book Company.
- Santos, F. (1992). Estudo e adaptação de um pulverizador de jacto transportado à cultura da vinha instalada em patamares na Região Demarcada do Douro. Vila Real. UTAD.
- Thelwell, N. (1984). Droplet formation. Plant Protection Division. Farnhurst. Surrey.
- Vagny, M. (1984). La réduction du volume/hectare dans les traitements viticoles effectués par pulvérisation - Evolution des techniques terrestres et aériennes. Progrès Agricole et Viticole **24**: 587-594
- Wills, J. (1988). A guide to proper sprayer calibration. A.E.S. Tennessee. University of Tennessee.
- Wyatt, I.J.; Abdalla, M.R.; Palmer, A. (1985). Localized activity of ULV pesticide droplets against sedentary pests. BCPC Monogram **28**: 261-266.
- Young, B.W. (1985). Pesticides application - how can we improve our understanding and control the process?. BCPC Monogram **28**: 163-171