

**UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO**

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E ENGENHARIA RURAL**

**TEMA - APLICAÇÃO DE PESTICIDAS EM AGRICULTURA**

**Prof. Fernando Santos**



UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

**VILA REAL, 2000**

<b>Introdução</b> .....	6
<b>Capítulo I- Os pesticidas. Aspectos a considerar na sua escolha</b> .....	7
1- Constituição dos pesticidas. ....	7
1.1- As substâncias activas .....	7
1.2- O diluente.....	8
1.3- Os aditivos .....	8
1.3.1- A homogeneidade da calda.....	9
1.3.2- A molhabilidade do objecto .....	9
1.3.3- A aderência ao objecto .....	10
2- Algumas considerações relativas à formulação dos pesticidas .....	11
2.1- Formulações de pesticidas para diluição em água.....	11
2.1.1- Formulações aquosas .....	11
2.1.1.1- Os concentrados para emulsão .....	11
2.1.1.2- Os concentrados para suspensão .....	12
2.1.1.3- Os concentrados solúveis .....	13
2.1.2- Formulações não aquosas .....	13
2.1.2.1- Pós molháveis.....	13
2.1.2.2- Pós solúveis.....	14
2.2- Formulações sólidas para aplicação directa.....	14
2.2.1- Pós .....	14
2.2.2- Granulados .....	14
3- Os diferentes tipos de tratamentos .....	15
4- A escolha e concentração dos pesticidas .....	16
5- Modo de acção dos pesticidas.....	17
5.1- Pesticidas de contacto .....	17
5.2- Pesticidas penetrantes .....	17
5.3- Pesticidas sistémicos .....	18
6- Pesticidas vs meio ambiente.....	19
<b>Capítulo II- Factores a considerar para realização dos tratamentos fitossanitários</b> .....	20
1- Factores meteorológicos .....	20
1.1- O vento; sua intensidade e direcção .....	20
1.2- A turbulência .....	20
1.3- A temperatura .....	21
1.4- A humidade .....	21
2- A topografia .....	21
3- As plantas .....	21
3.1- Formas de condução .....	22
3.2- Aspectos morfológicos .....	22

4- Condições em que se devem efectuar os tratamentos tendo em consideração os factores meteorológicos .....	23
<b>Capítulo III- Os pulverizadores.....</b>	<b>27</b>
1- Principais características de uma pulverização.....	27
1.1- Cobertura e homogeneidade da área a tratar.....	27
1.2- Dimensão das gotículas .....	28
1.3- Penetração da calda .....	29
1.4- Alcance do jacto.....	29
2- Principais tipos de pulverizadores .....	30
2.1- Pulverizadores por pressão .....	30
2.1.1- Pulverizadores por pressão de jacto projectado .....	30
2.1.1.1- Constituição genérica de um pulverizador por pressão de jacto projectado .....	31
2.1.1.1.1- Reservatório principal .....	32
2.1.1.1.2- Bomba .....	33
2.1.1.1.2.1- Bomba de êmbolos .....	34
2.1.1.1.2.2- Bomba de êmbolo - membrana.....	34
2.1.1.1.3- Regulador de pressão, manómetro e distribuidor .....	35
2.1.1.1.4- Filtros .....	36
2.1.1.1.5- Os bicos.....	36
2.1.1.1.5.1- Bicos de turbulência.....	37
2.1.1.1.5.2- Bicos de fenda.....	38
2.1.1.1.5.3- Bico de espelho .....	40
2.1.1.1.6- Rampas de pulverização.....	42
2.1.1.1.6- Os sistemas de regulação dos pulverizadores hidráulicos .....	45
2.1.1.1.6.1- Escolha e verificação dos bicos .....	47
2.1.1.1.6.2- Determinação da velocidade de trabalho.....	49
2.1.1.1.6.3- Determinação do débito da bomba (Db).....	50
2.1.1.1.6.4- Medição do débito real (Dr) do pulverizador e do retorno (Da) .....	50
2.1.1.1.6.5- Ajustamento do débito real de pulverização.....	51
2.2- Pulverizadores por pressão de jacto transportado .....	52
2.3- Pulverizadores pneumáticos .....	57
2.3.1- Constituição genérica de um pulverizador pneumático.....	58
2.3.1.1- Ventiladores .....	58
2.3.1.2- Conduitas de ar.....	58
2.3.1.3- Regulação dos débitos nos pulverizadores pneumáticos.....	60
2.3.1.4- Principais características dos pulverizadores pneumáticos.....	60
2.4- Pulverizadores centrífugos .....	61
2.5- Pulverizadores térmicos .....	63
2.6- Os pequenos pulverizadores .....	63

2.6.1- Pulverizadores de pressão de jacto projectado .....	64
2.6.2- Pulverizadores pneumáticos .....	64
2.6.3- Pulverizadores centrífugos.....	65
2.7- Principais características dos diferentes tipos de pulverizadores .....	68
3- A utilização e manutenção dos pulverizadores.....	68
3.1- Cuidados diários gerais .....	68
3.2- Cuidados quando da mudança de produto.....	69
3.3- Cuidados a observar no fim de cada campanha .....	69
4- Normas de segurança relativas aos pulverizadores.....	69
4.1- Armazenamento do produto.....	69
4.2- Preparação da calda.....	70
4.3- Execução dos tratamentos .....	70
4.4- Situações pós - tratamento.....	70
5- Técnicas de pulverização dos pesticidas .....	70
5.1- Técnicas de pulverização tradicionais .....	70
5.1.1- Pulverização por pressão do líquido.....	71
5.1.2- Pulverização pneumática.....	72
5.2- Pulverização centrífuga e pulverização electrostática .....	73
5.3- Comparação entre as técnicas de pulverização tradicionais e de aplicação controlada....	76
6- Técnicas de transporte das gotas até ao objecto .....	79
6.1- Transporte das gotas por jacto projectado.....	80
6.2- Transporte de gotas por jacto transportado.....	80
<b>Capítulo IV- Caracterização das gotas.....</b>	<b>84</b>
1- Principais parâmetros utilizados pela escola francesa para caracterização de uma população de gotas.....	84
1.1- Diâmetro aritmético médio .....	85
1.2- Diâmetro de superfície médio .....	85
1.3- Diâmetro volumétrico médio .....	85
1.4- Diâmetro médio volume/superfície ou diâmetro Sautter .....	87
2- Principais parâmetros utilizados pelo escola anglo-saxónica para caracterização de uma população de gotas .....	87
2.1- Diâmetro numérico mediano .....	88
2.2- Diâmetro volumétrico mediano .....	88
3- Parâmetros definidos nas normas ASAE para caracterização de uma população de gotas.	89
4- Parâmetros mais utilizados pelas duas escolas para caracterização de uma população de gotas .....	90
5- Determinação das características dimensionais das gotas .....	90
5.1- Sistemas de medição por análise de imagem .....	91
5.1.1- Suportes para estudo das gotas .....	91

5.1.2- A medição das gotas utilizando folhas de papel hidrosensível.....	92
5.2- Sistemas de medição baseados em raios laser.....	92
6- Dimensão das gotas vs sua deposição nos objectos .....	93
<b>Bibliografia</b> .....	97

## **Introdução**

O controlo das pragas e doenças é uma prática generalizada na actividade agrícola, mas a aplicação dos produtos utilizados para este fim nem sempre é feita nas melhores condições, o que encarece os tratamentos e conduz a graves problemas ambientais.

Para além dos aspectos directamente relacionados com os equipamentos de aplicação existem outros factores que tem que ser previamente tidos em consideração, nomeadamente a escolha dos produtos e as condições do meio, pois só assim é possível esperar uma boa eficiência dos tratamentos.

Os resultados previsíveis das aplicações dependem, em grande medida, do espectro da pulverização, pelo que o conhecimento das características da população de gotas é importante para a sua avaliação. O espectro da pulverização caracteriza a repartição dimensional das gotas, sendo estreito quando a variação da dimensão das gotas é pequeno, o que conduz a uma pulverização homogénea e largo nas outras situações

Assim, e em conformidade com o que foi referido, o estudo do tema " **APLICAÇÃO DE PESTICIDAS EM AGRICULTURA**", pressupõe uma abordagem dos aspectos relacionados com a escolha dos pesticidas, condições do meio em que estes devem ser aplicados e equipamentos a utilizar, sendo a eficiência biológica dos tratamentos previsível mediante a análise do espectro da pulverização obtida.

## **Capítulo I- Os pesticidas. Aspectos a considerar na sua escolha.**

A utilização de pesticidas, para controlo das pragas e doenças, iniciou-se no século XVIII com a utilização, em campos de cereal, de uma solução de sulfato de cobre, aplicado como herbicida e de enxofre, no combate ao míldio.

A pulverização dos pesticidas (caldas) é condicionada pelas suas características, pelo que o conhecimento dos aspectos relativos à sua constituição e formulação são importantes, para melhorar a qualidade da aplicação. Por formulação entende-se a forma como um pesticida é apresentado para venda e inclui as substâncias activas e os constituintes inertes (ASAE, 1990); o produto formulado pode igualmente ser designado por preparação aplicando-se o termo calda à mistura daquele produto, com ou sem adjuvantes, geralmente com a água, para pulverização.

### **1- Constituição dos pesticidas.**

Os pesticidas são constituídos fundamentalmente por:

- substância(s) activa(s);
- diluente;
- aditivos.

#### **1.1- As substâncias activas**

As substâncias activas (s.a.), também designadas por matérias activas (m.a.), são produtos químicos, sólidos ou líquidos, responsáveis pelo combate das pragas e/ou doenças, que se encontram em pequena quantidade nas formulações. Estas substâncias, cuja concentração se exprime em gramas por litro (g/L) do produto comercial, em %, ou em partes por milhão (ppm) de peso unitário, são geralmente tóxicas, o que torna pouco seguro a sua aplicação directa, pelo que se apresentam sob a forma de preparações. Determinados microorganismos como, por exemplo, os vírus podem ser considerados como s.a..

As substâncias activas sólidas, que são geralmente insolúveis na água mas solúveis em determinados solventes orgânicos, são normalmente diluídas nestes, e só depois dispersas na água formando uma suspensão estável; as substâncias activas líquidas ou viscosas são geralmente pouco solúveis ou instáveis na água, pelo que é necessário dispersá-las homogeneamente para depois as pulverizar em pequenas gotas.

As formulações, podem apresentar uma ou mais substâncias activas para combater duas ou mais espécies afins ou mesmo espécies diferentes, designando-se respectivamente por formulações compostas ou mistas.

Relativamente à sua origem pode ser mineral (exemplo do cobre e enxofre), orgânica natural (exemplo dos derivados do petróleo e carvão), orgânica sintética e, mais raramente, de origem vegetal. As suas principais características relacionam-se com a eficácia, persistência, toxicidade, fitotoxicidade e compatibilidade. A primeira destas características depende do número de pragas e/ou doenças em que pode ser utilizada, do estado de desenvolvimento destas e da dose necessária; a persistência condiciona os intervalos entre duas aplicações

consecutivas; a toxicidade o intervalo entre a última aplicação e o consumo da produção; a fitotoxicidade o tipo de plantas a tratar e seu estado de desenvolvimento e a compatibilidade a possibilidade de se utilizarem em simultâneo vários produtos. A fitotoxicidade dos fungicidas é geralmente pequena podendo, no entanto, em condições climatéricas favoráveis ou para alguns estados de desenvolvimento vegetativo, tornar-se bastante elevada.

As principais características a que estes produtos devem obedecer são as seguintes:

- relativamente às plantas, devem permitir uma eficácia no combate dos seus "inimigos", sem as afectar. A sensibilidade das plantas depende muito do seu desenvolvimento e estado vegetativo, pelo que o pressuposto anterior deve verificar-se durante todo o seu ciclo;
- para as pessoas, os pesticidas devem poder ser manuseados sem resultar daí qualquer risco para a saúde;
- não devem afectar o meio ambiente o que pode acontecer, caso não se tomem os devidos cuidados, nomeadamente se for efectuado sempre o mesmo tipo de tratamento na mesma cultura;
- evitar que as pragas ou doenças, pela sua utilização consecutiva, se tornem resistentes;
- relativamente aos equipamentos, estes produtos não devem oferecer dificuldades de aplicação, pelo que as formulações utilizadas devem estar de acordo com o tipo de aplicação, ou seja, se é por pulverização, polvilhação ou fumigação.

### **1.2- Os diluentes**

Os diluentes, que funcionam como produtos de suporte para manter a dispersão e suspensão da substância activa, são solventes (líquido) ou produtos pulverulentos (sólidos), inertes. Estas substâncias, que se juntam à m.a. para reduzir a sua concentração na formulação, facilitam a preparação dos pesticidas, tornam o manuseamento mais seguro e simples e proporcionam uma repartição mais homogénea da substância activa nos objectos a tratar.

A acção dos diluentes sólidos no processo de pulverização é normalmente desprezível, pois a dimensão das suas partículas é de apenas algumas micras, embora em concentrações muito altas possam alterar a viscosidade da calda condicionando a pulverização; os diluentes líquidos praticamente não influenciam a pulverização.

A escolha dos diluentes é feita, geralmente, por imperativos económicos, pelo que a utilização de pós molháveis tem sido a solução mais adoptada, pois é a menos dispendiosa e é facilmente manuseada.

### **1.3- Os aditivos (adjuvantes)**

Juntamente com as substâncias activas e diluente os pesticidas contêm vários aditivos (adjuvantes), que são substâncias tensioactivas como, por exemplo, óleos vegetais e/ou



minerais, polímeros, colóides e outros, que permitem melhorar a eficiência dos pesticidas pela alteração das suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

As principais melhorias proporcionadas pelos aditivos são as seguintes:

- a homogeneidade da calda;
- a molhabilidade do objecto;
- a aderência do objecto.

### **1.3.1- A homogeneidade da calda**

A melhoria da homogeneidade da calda obtém-se com a adição de aditivos dispersantes ou emulsionantes, ou seja, aditivos que se utilizam nas suspensões ou emulsões, sendo os primeiros para estabilizar a dispersão das partículas sólidas dos pesticidas na calda, evitando a sua sedimentação, e os segundos para manter as gotículas das emulsões separadas entre si, por forma a evitar-se a sua coalescência.

Os dispersantes são produtos obtidos a partir de celulosas e de substâncias coloidais sendo, nestas últimas, a sedimentação contrariada, quer pelo aumento da viscosidade do diluente, quer pela absorção, feita pelas partículas em suspensão, de uma película de líquido que faz com que a sua massa volúmica fique semelhante à do meio envolvente.

Os emulsionantes, que têm uma função semelhante à dos dispersantes, fazem com que a separação seja conseguida pela alteração das características da interface entre a fase dispersa e a contínua, ou seja, o pesticida e o diluente (água). Os emulsionantes líquidos, que são geralmente sabões em que os radicais com polaridade se ligam às moléculas de água e os não polares ao óleo, formam um filme protector que evita a coalescência das gotículas.

### **1.3.2- A molhabilidade do objecto**

A melhoria da molhabilidade, que se obtém com molhantes que facilitam o contacto entre as gotas e a superfície de deposição, é conseguida diminuindo a energia necessária para a formação da interface líquido-sólido; o aumento da molhabilidade melhora a taxa de cobertura dos objectos.

Quando a molhabilidade não é perfeita, ou seja, quando a gota não se espalha completamente, formando apenas um filme monomolecular, verifica-se um retracção daquela, originando-se uma superfície de contacto que é caracterizada pelo ângulo formado por esta superfície e pela tangente da gotícula.

Alguns destes aditivos aumentam a viscosidade das gotas, o que implica uma maior resistência à evaporação e arrastamento pelas chuvas, prolongando assim a sua permanência na superfície das folhas.

A redução da evaporação das gotas pela formação de um invólucro em torno da superfície, ou a sua individualização através da deposição de um material à sua volta evita, igualmente, que estas se evaporem ficando apenas a substância activa.

Considerando que a partir dos 100 L.ha<sup>-1</sup> se verificam escorrimentos nas culturas com menor densidade de folhagem a utilização de aditivos que melhorem a adesividade é fundamental para reduzir essas perdas.

Os molhantes, diminuindo a tensão superficial das gotas, diminuem as forças internas dos líquidos que se opõem à pulverização, facilitando esta operação.

Relativamente à influência dos aditivos nas gotas depositadas nos objectos, pode dizer-se que ela se manifesta das seguintes formas:

- na molhabilidade do objecto, que é condicionada pela área da interface líquido-sólido, quando o excesso de líquido é removido da superfície sólida;
- na força de capilaridade do líquido na superfície sólida que origina a sua difusão (diminuindo a força de capilaridade do líquido aumenta a sua difusão);
- na capacidade de penetração do líquido nas superfícies porosas.

Para além das características dos pesticidas a molhabilidade das folhas depende do tipo de cutícula da epiderme que, sendo um meio semi-sólido, condiciona a difusão da substância activa, fazendo com que a zona de influência seja diferente.

Quando parte dos componentes voláteis das gotas se evaporam estas ficam saturadas, difundindo-se a substância activa para a cutícula; esta difusão depende da superfície de contacto gota-cutícula. Desde que a saturação das gotas seja atingida, qualquer aumento da concentração da calda não conduz a aumentos de eficiência do produto.

### **1.3.3- A aderência ao objecto**

A melhoria da retenção do produto aos objectos, pela adição de aderentes, permite uma maior difusão das soluções naqueles. A difusão por capilaridade dos líquidos nas superfícies sólidas depende da tensão superficial na interface ar-líquido e líquido-sólido, que são opostas, e sólido-ar que favorecem a penetração dos líquidos; a penetração do produto nas folhas depende deste balanço.

Relativamente à taxa de retenção ela depende da evaporação e viscosidade dos pesticidas, sendo diferente para as várias fases da calda pois, em certas emulsões escorridas das plantas, devido à maior retenção desta fase, a percentagem de óleo é inferior à aplicada.

Estes aditivos funcionam normalmente pela maior viscosidade conferida às formulações aquosas podendo, no entanto, o aumento da tenacidade das gotas ser contrariado por alguns emulsionantes que se utilizam para aumentar o seu poder molhante.

Relativamente aos resíduos dos depósitos a sua tenacidade depende da solubilidade e estabilidade das substâncias químicas e da dimensão das partículas; quanto mais solúveis e estáveis forem as substâncias mais facilmente são diluídas e arrastadas pelas águas, o mesmo acontecendo com as partículas de maior dimensão.

Quanto à origem dos aderentes eles são obtidos quer através da refinação do petróleo bruto quer de plantas, como é o caso das sementes de algodão; os aditivos obtidos das resinas são muito utilizados nos fungicidas cúpricos.

Para além dos tipos de aditivos referidos existem outros nomeadamente estabilizantes das substâncias activas, anti-espuma que se opõem à formação de bolhas de ar, oleosos que melhoram a eficácia e selectividade do tratamento e os que aumentam o peso específico, que reduzem a deriva e evaporação das gotas mais pequenas.

## **2- Algumas considerações relativas à formulação dos pesticidas**

Os pesticidas utilizados em agricultura apresentam-se, conforme o modo de acção das substâncias activas, segundo diferentes tipos de formulações, podendo estas ser aplicadas directamente, ou mais frequentemente, através da diluição prévia em água. As formulações para aplicação directa são geralmente aplicadas como ultra - baixos volumes (ULV), como é o caso de alguns organofosforados líquidos de baixa volatilidade, que são aplicados com volumes inferiores a 5 L.ha<sup>-1</sup>.

### **2.1- Formulações para diluição em água**

Conforme o seu estado físico, estas formulações identificam-se como:

- formulações aquosas (líquidas);
- formulações não aquosas (sólidas).

#### **2.1.1- Formulações aquosas**

As formulações aquosas formam, caso sejam insolúveis na água, uma emulsão, ou se forem solúveis, uma solução verdadeira; estas últimas, que resultam da mistura de um líquido ou sal solúvel na água, são pouco frequentes.

Algumas destas formulações podem ser aplicadas em ULV, utilizando-se óleos ou água como diluente, sendo necessário, para este último caso, que a substância activa seja misturada com um agente emulsionante, que provoque a sua rápida emulsão.

##### **2.1.1.1- Os concentrados para emulsão**

Os concentrados para emulsão (código EC) são formulações químicas homogéneas que, quando misturados com a água, formam emulsões, e que incluem agentes emulsionantes dissolvidos em óleos ou outros líquidos imiscíveis com a água. Estes, quando da preparação da calda, formam pequenos glóbulos, normalmente inferiores a 10 µm, que se encontram homogeneamente distribuídos na água, designando-se o solvente por fase dispersa e a água por fase contínua; quando a água representa a fase descontínua e o pesticida a contínua as emulsões designam-se por invertidas.

Os solventes, que são compostos orgânicos, conduzem à formação de emulsões com a água tanto mais instáveis quanto maior forem as diferenças entre as tensões superficiais das duas fases (dispersa e contínua). Quando se verifica um desequilíbrio nas emulsões estas fases separam-se ficando o pesticida à superfície ou depositado conforme o seu peso específico, é menor ou maior que o da água. A separação das duas fases da emulsão pode-se

verificar também depois da pulverização, quando a água se evapora, ficando o pesticida nas folhas dando-se então, a sua absorção ou remoção.

A estabilidade da calda depende da dureza e pH da água, assim como das condições em que as formulações foram armazenadas (as altas e baixas temperaturas alteram as suas características), sendo possível manter a homogeneidade desde que haja uma agitação permanente nos depósitos dos pulverizadores.

Relativamente à utilização dos concentrados para emulsão, com vista à aplicação de pesticidas de contacto, tem-se verificado uma grande relação entre a concentração, a dimensão das gotas e formulações, com o controlo biológico das doenças e pragas.

Relativamente à dose letal média (LD<sub>50</sub>) ensaios efectuados por Wyatt *et al.* (1985) permitiram concluir que os melhores resultados são obtidos com gotas pequenas e com concentrações de 0,5 a 1,5%. Segundo estes autores a dimensão e concentração das gotas estão relacionadas, pelo que para cada valor da primeira existe uma concentração ideal de substância activa.

Considerando a difusão da substância activa das gotas, a mortalidade dá-se segundo uma curva sigmóide, ou seja, 100% junto à periferia das gotas, descendo depois rapidamente e de uma forma mais suave à medida que nos afastamos. Este tipo de dispersão verifica-se em corpos semi-sólidos, como a cutícula das folhas, e permite determinar, desde que não haja interacção entre as gotas, a distância letal média (LS<sub>50</sub>).

Para além dos aspectos apresentados, as diferentes espécies de plantas influenciam a eficiência dos tratamentos pois as gotas apresentam, em cada uma delas, perímetros muito variados que condicionam a difusão da substância activa. Observações mais pormenorizadas das gotas permitem identificar inclusões sólidas, formadas após a evaporação dos componentes mais voláteis, tornando-se o óleo saturado e com cristais originados a partir dos pesticidas. Nesta situação, e estando o óleo em contacto directo com a cutícula das folhas, a difusão da substância activa é condicionada pelo perímetro das gotas não se verificando uma maior eficiência biológica pelo aumento das concentrações.

Relativamente à influência da concentração da substância activa na eficiência biológica, ela é bastante pequena, pois a área tratada por uma gota aumenta apenas 1,75 vezes, para aumentos da concentração de  $\pm 40$  vezes (Martin, 1978). A concentração da substância activa nestes solventes, expressas em peso por volume, é normalmente alta, dependendo apenas da solubilidade do produto químico.

#### **2.1.1.2- Os concentrados para suspensão**

Nos concentrados para suspensão (código SC) as partículas sólidas de matéria activa estão finamente divididas e espalhadas no líquido, sem que haja miscibilidade, pelo que é necessário a sua agitação permanente.

Estas formulações apresentam, devido à utilização de espessantes, uma elevada viscosidade durante o armazenamento e uma boa fluidez depois de agitadas, mesmo a baixas temperaturas.

Como principais vantagens relativamente aos concentrados para emulsão e pós molháveis, destaca-se a ausência de solventes e sua substituição pela água, o que reduz os riscos de fitotoxicidade e facilita a sua preparação; o principal inconveniente é a impossibilidade de os utilizar para todas as substâncias activas, pois é necessário que tenham uma fraca solubilidade e grande estabilidade na água.

#### **2.1.1.3- Os concentrados solúveis**

Os concentrados solúveis formam com a água uma solução verdadeira, pois a substância activa, líquida (código SL) ou sólida (código SP), é solúvel na água ou num solvente miscível com esta; a sua principal vantagem é a facilidade com que se manipula e a compatibilidade com outros produtos.

Assim, relativamente às formulações aquosas, constata-se a necessidade de se conhecerem as principais características dos pesticidas, nomeadamente as que influenciam o espectro da pulverização e o comportamento das gotas depois de depositadas.

#### **2.1.2- Formulações não aquosas**

As formulações não aquosas apresentam-se, geralmente, em forma de pó ou grânulos, sendo a sua aplicação efectuada depois de diluídas, normalmente em água, como uma solução verdadeira ou, mais frequentemente, uma suspensão; neste caso as formulações são insolúveis na água, mas molháveis, e dispersam-se nesta.

Estas formulações são constituídas por hidrocarbonetos das séries parafínicas e nafténicas misturados com solventes, mantendo-se as suas características inalteráveis durante longos períodos, por forma a não se modificarem as condições de aplicação.

##### **2.1.2.1- Pós molháveis**

Os pós molháveis (código WP) formam com a água suspensões que, para serem estáveis, necessitam da presença de aditivos para a sua dispersão.

As partículas de pó, que têm geralmente uma dimensão inferior a 5 µm, são constituídas, para além da substância activa, por aditivos que facilitam a sua dispersão na água. Os aditivos evitam igualmente que as partículas se depositem e obstruam os orifícios de saída e aumentem a molhabilidade dos objectos; a utilização de grandes concentrações de aditivos pode originar a formação de espuma o que altera as características da calda. Os diluentes utilizados nestas formulações são, geralmente, materiais inertes, tais como a sílica sintética, argila e o caulino.

A diluição destes pesticidas na água deve permitir uma fácil dispersão, assim como a sua molhabilidade, por forma a não se formarem grânulos. Quando da preparação da calda, aconselha-se a diluição prévia num dado volume de água, cerca de 5% da que se irá utilizar, sendo esta "pasta" posteriormente misturada com o restante volume.

### 2.1.2.2- Pós solúveis

Os pós solúveis são constituídos de substâncias activas sólidas, finamente divididas, e aditivos que apresentam as mesmas características físicas que os dos pós molháveis.

Representando esquematicamente o modo de formulação dos principais produtos diluídos em água tem-se:

**Quadro 1.1-** Modo de formulação dos principais pesticidas aplicados com diluição prévia em água

substância activa				
sólida ou líquida		sólida		
+ água ou solvente solúvel em água	+solvente insolúvel em água	finamente pulverizada + água	+ aditivos	
concentrado solúvel	concentrado para emulsão	concentrada para suspensão	pó molhável	pó solúvel
líquida			sólida	
pesticidas				

Fonte: Lecocq, J. (1987).

## 2.2- Formulações sólidas para aplicação directa

Para além das formulações sólidas dos pesticidas aplicados após diluição prévia em água existem outros que são utilizados directamente sob a forma de:

- pós;
- granulados.

### 2.2.1- Pós

Os pós para aplicação directa têm diâmetros inferiores a 30  $\mu\text{m}$  e contêm, geralmente, teores de substância activa inferiores a 10%. O exemplo mais conhecido é o enxofre, utilizado principalmente no combate ao oídio, que mediante a sua volatilização durante vários dias, permite a penetração dos vapores no fungo, alterando o seu metabolismo celular.

Este tipo de formulação é indicado para o tratamento dos cachos, principalmente quando há uma grande densidade de vegetação, pois a penetração do enxofre, devido à libertação de vapores, envolve praticamente todos os bagos; a sua penetração é superior à da pulverização. Alguns autores consideram mesmo a possibilidade de, durante todo o ciclo vegetativo da videira, se aplicar apenas enxofre em pó em todos os tratamentos contra o oídio, pois permite reduzir o aparecimento de espécies de fungos resistentes aos fungicidas penetrantes.

Os diluentes mais utilizados nestes produtos são os minerais de argila que os tornam mais estáveis.

### 2.2.2- Granulados

As formulações em grânulos, menos vulgarizadas que as em pó, são mais utilizadas em aplicações no solo, desde que este tenha humidade suficiente para que a substância activa seja libertada lentamente e absorvida pelas plantas.

Este tipo de formulação apresenta alguns dos inconvenientes dos pós, nomeadamente a baixa concentração da substância activa, o que implica a utilização de volumes muito grandes e, portanto, elevados encargos de transporte e armazenamento. A sua principal vantagem é a precisão e facilidade de aplicação, nomeadamente com meios aéreos, mesmo em condições adversas.

Comparando os pesticidas em pó para utilização directa com os utilizados em pulverizações, as principais desvantagens dos primeiros prendem-se com:

- os problemas de armazenamento pois, em presença da humidade, formam aglomerados que dificultam a sua aplicação;
- os elevados encargos de transporte e armazenamento, resultantes dos grandes volumes necessários devido à baixa concentração de s.a.

Os pós necessitam de equipamentos específicos de difícil regulação e são, devido às suas reduzidas dimensões, necessárias para aderirem melhor às plantas e aumentar a taxa de cobertura, mais facilmente arrastados que as gotas. As polvilhações estão mais dependentes das condições meteorológicas, o que limita o número de horas de aplicação diária, sendo também menor a percentagem de deposição nas folhas; este aspecto podem ser parcialmente resolvidos carregando electricamente as partículas.

A principal vantagem das polvilhações é, sem dúvida, a sua aplicação directa, dispensando a água, o que a torna mais económica.

A maior irregularidade da superfície da página inferior das folhas, que permite uma maior deposição das partículas em pó, associada à aplicação às primeiras horas do dia, em que as folhas ainda se apresentam húmidas, podem explicar em grande parte a eficácia das polvilhações no combate ao oídio na Região Demarcada do Douro.

Para além das formulações citadas os pesticidas podem apresentar-se no estado gasoso, quer como fumigantes quer como vapor de água; a primeira alternativa utiliza-se geralmente para desinfecção de solos e a segunda nos solos e culturas.

### **3- Diferentes tipos de tratamentos**

A pulverização dos pesticidas, embora seja um processo pouco eficiente, é o mais generalizado pois, apesar de tudo, permite um controlo eficaz das pragas e doenças. Mathews (1981) calculou, em laboratório, que a quantidade necessária de produto químico para conseguir uma boa eficiência biológica é muito inferior (30-50%) à utilizada na prática. A eficiência depende de vários factores, nomeadamente da formulação do pesticida; condições do meio ambiente e equipamento utilizado.

A aplicação dos fungicidas pode ser efectuada como tratamento preventivo ou curativo, conforme são efectuados antes ou depois de se darem as infecções, sendo os primeiros geralmente mais eficazes pois impedem a instalação das pragas e ou doenças nas plantas,

enquanto que os curativos apenas contrariam o desenvolvimento dos fungos nos tecidos vegetais (efeito "stoppant").

A acção dos fungicidas em cada um destes tipos de tratamento é diferente pois, nos preventivos, é necessário que se mantenha durante um determinado intervalo de tempo e, nos segundos, depende do contacto com a doença a tratar. Existem fungicidas que têm uma acção preventiva e curativa, podendo os tratamentos curativos, à semelhança dos preventivos, serem efectuados com uma dada periodicidade.

Os tratamentos preventivos são os mais comuns pois permitem um melhor planeamento das actividades agrícolas, sendo necessário, para se obter uma boa eficiência, conhecer a biologia da doença por forma a saber qual a melhor altura de aplicação.

Com estes tratamentos deve-se obter uma barreira tóxica descontínua, através de uma rede homogénea de pontos, pois a formação de uma barreira contínua implica a utilização de volumes relativamente elevados de calda, que conduzem a escorrimentos para o solo; nesta situação a quantidade de calda desperdiçada é proporcional à concentração da calda, mas independente do volume utilizado por hectare .

#### **4- Escolha e concentração dos pesticidas**

Atendendo à complexidade das características dos pesticidas o utilizador limita-se a fazer a sua escolha em função da doença e/ou praga a combater, do modo de acção, do preço e da facilidade de manuseamento e/ou aquisição.

Para além destes aspectos torna-se também importante saber se, quando se pretende aplicar mais que um produto ao mesmo tempo, eles são ou não compatíveis; os pesticidas que apresentam o mesmo tipo de formulação podem ser geralmente utilizados em tratamentos mistos, pois apresentam aditivos semelhantes.

Em relação às diferentes formulações, é necessário saber se existe ou não compatibilidade entre eles pois, por exemplo, embora seja possível aplicar um concentrado para emulsão com um pó molhável, já não o é com uma suspensão (Lecocq, 1987). Caso não haja informações disponíveis relativamente à compatibilidade das formulações deve-se fazer um teste em que se misturem numa proveta os produtos nas proporções a utilizar no campo e verificar a sua reacção.

Os pós molháveis, cuja utilização apresenta alguns riscos e dificuldades na preparação das caldas, são os mais divulgados pois têm, em muitas situações, uma maior eficiência biológica, pois penetram rapidamente nas pragas e doenças. Matthews (1983), considera que se obtêm melhores resultados com este tipo de formulação no combate a larvas, porque a substância activa das emulsões é absorvida muito rapidamente pelas folhas. O grande número de solventes actualmente existente faz com que, em termos de eficiência biológica, não existem grandes diferenças entre as principais formulações disponíveis.

A concentração a utilizar, geralmente expressas em  $\text{kg(L).ha}^{-1}$  para as aplicações em culturas baixas e no solo e em  $\text{kg(L).hl}^{-1}$  para as culturas arbustivas e arbóreas, deve ser a indicada pelo fabricante; esta indicação, quando expressas em  $\text{kg(l)/hl}$  têm como base a



utilização de 1000 L.ha<sup>-1</sup>, pelo que a concentração deve ser corrigida para o volume a aplicar tendo em atenção, entre outros aspectos, a densidade da vegetação e o grau de infecção. Quando a aplicação se faz com equipamentos de médio ou baixo volume a concentração aumentada por forma a que a dose do produto, por hectare, seja a mesma que nos 1000 L / ha. Exemplo: 400 g / hl, corresponde a 4 kg / 1000 L (ha), que podem ser aplicados, por exemplo, com 500 ou 1000 L / ha, sendo a concentração da calda, quando se utilizam 500 L o dobro, do que quando se aplicam os 1000 L/ha.

A utilização de volumes inferiores aos indicados pelos construtores podem originar um controlo insuficiente das pragas e/ou doenças e favorecer o desenvolvimento de resistências. Concentrações superiores, para além de serem anti-económicas e aumentarem os riscos de desequilíbrio do meio ambiente, podem conduzir ao desenvolvimento de resistências por aumentarem a pressão de selecção.

Os utilizadores, dentro da gama de valores da concentração indicados pelo fabricante, e tendo em consideração a fitotoxicidade, os equipamentos a utilizar e as próprias plantas, devem escolher as doses que melhor se ajustem a cada caso.

## **5- Modo de acção dos pesticidas**

Os pesticidas actuam diferentemente ao nível das plantas sendo, também, diferente a sua técnica de aplicação.

Assim, e conforme o seu modo de acção tem-se:

### **5.1- Pesticidas de contacto**

A aplicação de pesticidas de contacto, também designados por clássicos ou de superfície, dos quais o cobre é o mais conhecido, deve ser efectuada, para que tenha a eficácia máxima, como tratamento preventivo e por forma a obter-se uma cobertura do objecto o mais completa e uniforme possível. Como a libertação dos esporos dos fungos se dá geralmente de uma forma gradual, contrariamente à penetração do micélio que é bastante rápida, é necessário um grande número de aplicações, especialmente em períodos de crescimento activo.

Relativamente à forma de acção destes fungicidas ela é externa, pois não penetram nos tecidos vegetais, e não asseguram protecção dos órgãos formados depois da sua aplicação. Na vinha o seu efeito é anulado desde que chova mais que 20 mm, sendo o intervalo de aplicação de 10-12 dias; este depende, entre outros factores, do tipo de pesticida e da época de aplicação (Correia *et al.*, 1986).

### **5.2- Pesticidas penetrantes**

Os pesticidas penetrantes, que se utilizam em tratamentos curativos, actuam por penetração, mais ou menos profunda, através das zonas de contacto com as plantas. Não sendo transportados pela seiva, não protegem as partes que se desenvolvem posteriormente,

pelo que não se aconselha a sua aplicação durante as fases de maior desenvolvimento vegetativo.

Alguns fungicidas penetrantes anulam a acção de determinadas doenças, desde que o tratamento seja efectuado nos 3-4 dias seguintes à contaminação, permanecendo o seu efeito durante cerca de 12 dias; estes fungicidas tem uma acção "stopante enérgica" pois matam o fungo quando da sua penetração nos tecidos vegetais. A penetração dos fungicidas penetrantes é feita rapidamente logo nas primeira horas, após a aplicação.

### **5.3- Pesticidas sistémicos**

A utilização de pesticidas sistémicos, caracterizados por penetrarem nos tecidos e serem veiculados pela seiva, tem-se tornado prática corrente, pois permitem fazer um calendário dos tratamentos, em função do seu período de acção, assim como minimizar os efeitos negativos resultantes da falta de uniformidade da distribuição das gotas nas plantas.

Sendo sistémicos estes produtos penetram no interior das plantas diminuindo a probabilidade de arrastamento pelas chuvas e protegem as partes da planta formadas depois da sua aplicação, desde que estas coincidam com o seu período de acção; estes produtos podem ser aplicados como curativos, desde que os tratamentos se façam nos 2-3 dias seguintes à contaminação (Esmeraldo, 1989).

Para além destas formas de acção existem outras indirectas, como as que utilizam o enxofre, em que o tratamento resulta da libertação de gases sulfurosos. A sua eficácia depende do próprio produto, das condições climáticas e das medidas profilácticas que atenuam as possibilidades de implantação e conservação das doenças.

Nos pesticidas utilizados no combate às pragas, insectos e ácaros, o seu modo de acção faz-se geralmente por intoxicação (contacto directo, ingestão, etc.), por inalação dos vapores resultantes da vaporização do produto ou por asfixia.

Os herbicidas actuam quer por contacto directo com as infestantes quer por sistemica, sendo, na maioria dos casos, a sua fitotoxicidade superior à dos fungicidas pelo que são necessários maiores cuidados no manuseamento e aplicação.

Relativamente aos fungicidas sistémicos inibidores da biosíntese do ergosterol (IBE), apresentam como principais vantagens:

- utilizarem-se em doses muito pequenas, o que permite reduzir os custos;
- penetrarem nas plantas evitando-se o seu arrastamento pela água das chuvas;
- terem uma persistência bem definida o que permite uma calendarização dos tratamentos.

O principal inconveniente dos fungicidas IBE são a rapidez com que os fungos criam resistências, não podendo, assim, a sua utilização ser intensiva; foi em Portugal, em 1988, que apareceram as primeiras raças de oídio resistentes a estes produtos. Não se conhecem

actualmente resistências, quer relativamente ao enxofre, que continua a ser um dos melhores produtos para controlo do oídio, quer ao dinocape.

## **6- Pesticidas vs meio ambiente**

Após a aplicação dos pesticidas nas culturas estes ficam sujeitos às condições ambientais, verificando-se perdas de vária ordem, nomeadamente por evaporação, que são mais acentuadas quando o diluente é a água. Estas perdas também ocorrem durante o transporte das gotas mas, devido ao pequeno intervalo de tempo que se verifica desde a pulverização até se atingir a planta, são geralmente insignificantes. Em condições adversas Elliot e Wilson (1983) mediram perdas por evaporação da ordem dos 40 % na aplicação de herbicidas.

A evaporação dos pesticidas é função das características da camada de ar envolvente das gotas, nomeadamente a sua espessura, da concentração do vapor aí existente, da difusão dos vapores através do ar (sua temperatura) e de factores relativos à forma e distribuição dos depósitos. A concentração do vapor e a sua difusão, são específicas de cada pesticida, pelo que não podem ser alteradas e a temperatura e espessura da camada de ar envolvente são condicionadas por factores climáticos e pela geometria das gotas. A forma física do depósito depende da parte sólida do pesticida, sua formulação, equipamentos utilizados e da sua interacção com as folhas.

## **Capítulo II- Factores a considerar para realização dos tratamentos fitossanitários.**

O meio ambiente interfere directa e indirectamente na realização dos tratamentos fitossanitários nomeadamente através dos factores meteorológicos, a topografia do local e as características da própria cultura.

### **1- Factores meteorológicos**

Os factores meteorológicos que maior influencia têm na eficácia da pulverização são os seguintes:

- o vento;
- a turbulência;
- a temperatura;
- a humidade.

#### **1.1- O vento; sua intensidade e direcção**

O vento, caracterizado por apresentar fluxos laminares ou viscosos, forma-se devido a gradientes horizontais de pressão nas camadas inferiores da atmosfera, sendo tanto mais forte quanto maior forem aqueles gradientes e menor a rugosidade da superfície.

Relativamente à sua direcção, quando a velocidade é baixa, é bastante variável, sendo influenciada pelas correntes de convecção e topografia do terreno, que podem fazer com que parcelas relativamente próximas tenham ventos com direcções distintas. Estas características apresentam variações durante o dia, pois a velocidade e direcção têm menores oscilações à noite e às primeiras e últimas horas do dia, pelo que se aconselha a realização dos tratamentos nesses períodos. Nem sempre esta é a melhor opção, pois os ventos mais intensos são mais facilmente previsíveis e espalham as gotas por grandes áreas, enquanto que as situações de brisa ligeira, com intensidade e direcções difíceis de conhecer, arrastam as gotas mais pequenas depositando-as em grandes concentrações em locais determinados.

#### **1.2- A turbulência**

As correntes de turbulência resultam quer do atrito do vento com a superfície de um objecto, (solo, folha, etc.), ou com outras camadas de ar situadas a diferentes altitudes (diferentes viscosidades) que lhe reduzem a intensidade, quer do aquecimento da superfície, solo ou vegetação, que atingindo temperaturas superiores às camadas mais afastadas, originam correntes de ar com sentido ascendente. O primeiro tipo de turbulência, provocado pelo vento, designa-se por correntes de convecção de origem mecânica, e o segundo, formado devido ao deslocamento vertical de grandes massas de ar, designa-se por correntes de convecção de origem térmica.

Em noites claras ou às primeiras horas da manhã, devido ao arrefecimento do solo resultante da radiação, podem originar-se condições de instabilidade atmosférica com correntes de sentido descendente.

### 1.3- A temperatura

A temperatura influencia directa e indirectamente a realização dos tratamentos, pois a sua acção faz-se sentir quer na evaporação das gotas, com a conseqüente perda de massa e velocidade, da qual resulta uma maior tendência para o arrastamento, quer nas diferenças de temperatura entre as camadas de ar junto ao solo e as mais afastadas, que provocam correntes de convecção de origem térmica. O aumento da temperatura diurno, provoca também a diminuição da humidade relativa acelerando a evaporação das gotas.

### 1.4- A humidade

Sendo os produtos químicos utilizados em agricultura normalmente diluídos em água, a humidade relativa tem grande importância, pois o seu valor condiciona a evaporação das gotas, podendo conduzir a perdas apreciáveis da sua massa. Estas perdas são tanto mais intensas quanto maior for a diferença de humidade entre o fluido pulverizado e o meio que o rodeia. A aplicação dos pesticidas em presença de orvalho atenua essa diferença e pode ajudar a sua distribuição mas, devido ao aumento da diluição da substância activa, pode tornar o tratamento ineficaz.

Considerando os factores mencionados a determinação dos períodos para execução dos tratamentos deve ter em consideração os seguintes limites:

- temperatura < 25°;
- humidade relativa > 50 %;
- velocidade do vento < 1 m/s.

O cálculo da probabilidade de ocorrência destes períodos deve, para áreas relativamente grandes, ter em consideração o número e a capacidade dos pulverizadores.

## 2- A topografia

A topografia tem grande importância na execução dos tratamentos das culturas, pois não só influencia directamente as correntes de ar devido à forma do relevo, influência passiva, como, pela variação da radiação solar, origina essas correntes, influência activa. A intensidade das correntes, que resultam directamente da topografia depende, entre outros factores, da inclinação e orientação da encosta, o que provoca diferenças mais ou menos acentuadas de temperatura e de pressão.

## 3- As plantas

As plantas, para além de afectarem as condições microclimáticas, apresentam outros aspectos que condicionam a eficiência dos tratamentos, entre os quais se incluem:

- a forma de condução;
- os aspectos morfológicos.

### 3.1- Formas de condução

As formas de condução das plantas, especialmente as arbustivas e arbóreas, criam diferentes distribuições das folhas que condicionam a penetração das correntes de ar no interior das plantas, assim como a área exposta.

Relativamente à facilidade de penetração das correntes de ar, os fluxos criados pelos equipamentos devem permitir uma infiltração na copa, por forma a que a massa de ar aí existente seja totalmente renovada e para que as correntes de turbulência originadas no seu interior favoreçam a deposição das gotas.

### 3.2- Aspectos morfológicos

A morfologia das plantas apresenta diferentes características, quer no que respeita à expressão vegetativa e vigor, quer à dimensão e tipo de vilosidade das folhas.

Assim, para a expressão vegetativa, deve-se ter em consideração a determinação do índice de área foliar (IAF), que é a relação entre a área foliar e a superfície plana de solo ocupada pela planta, para se estabelecer a sua relação com a distribuição da calda no seu interior. À medida que o volume da folhagem aumenta a penetração do fluido é mais difícil, o que implica que se diminua o diâmetro das gotas para se atingir o interior da planta.

A expressão vegetativa condiciona igualmente a espessura da zona de fronteira da copa e, conseqüentemente, a distribuição dos fluxos de ar, laminares e turbulentos, ou seja, os movimentos das gotas e/ou vapores junto das plantas.

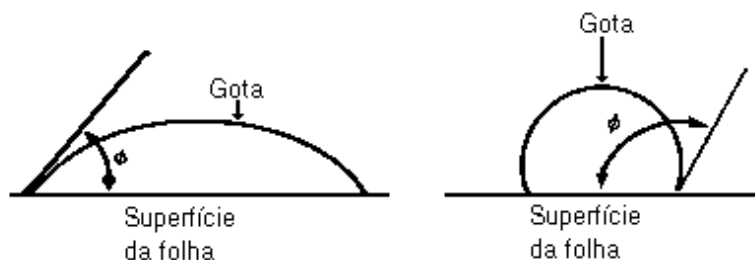
Relativamente às folhas elas têm superfícies com diferentes estruturas que originam correntes de turbulência locais, determinantes para a deposição das gotas mais pequenas; as folhas das diferentes espécies, e mesmo as duas páginas de uma mesma folha, apresentam diferentes formas e dimensões das células epidérmicas, o que altera o seu microrelevo.

A posição das folhas, relativamente à trajectória do fluxo de ar também é muito importante, pois influencia a quantidade de impactos, que aumentam com o abanar daquelas, provocado pela turbulência. Para velocidades muito elevadas as folhas podem ficar dispostas paralelamente ao fluxo, conduzindo a uma redução acentuada da área de intercepção e, conseqüentemente, de deposição.

Considerando as folhas como o objecto principal dos tratamentos com fungicidas, a retenção das gotas resulta, entre outros factores, dos diferentes tipos de cutícula da epiderme e indumento que influenciam a superfície daquelas.

Relativamente à difusão dos pesticidas nas folhas esta faz-se de uma forma semelhante à verificada num meio semi-sólido, ou seja, com uma quebra acentuada da concentração na zona imediata às gotas, sendo depois o decréscimo mais lento; a difusão está directamente relacionada com o perímetro das gotas.

As folhas, considerando a sua molhabilidade, dividem-se em dois grupos, definidos consoante o ângulo de contacto ( $\phi$ ) formado pela gota com a superfície de deposição.



**Figura 2.1-** Ângulo de contacto ( $\phi$ ) das gotas com a superfície das folhas  
 Fonte: Adaptado de Elliot e Wilson (1983)

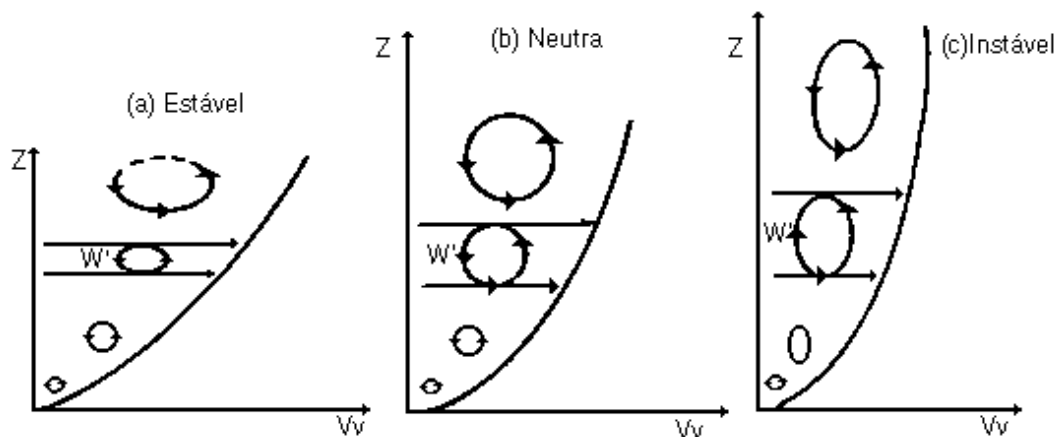
Assim, quando o ângulo de contacto é inferior a  $90^\circ$ , a cutícula não afecta a molhabilidade das folhas pois, a interface de contacto gota - folha é bastante grande; esta é função, entre outros factores, da rigidez da cutícula, o que, para gotas com elevada inércia, provoca o seu espalhamento. Para ângulos compreendidos entre os  $90$  e  $110^\circ$ , resultantes do impacto das gotas em folhas com uma superfície macia que dissipa a energia daquelas, a área de contacto diminui, podendo as gotas escorrer da zona onde se deu o impacto. Ângulos superiores a este último só se obtêm em folhas que tenham grande rugosidade, em que a superfície de contacto é muito pequena.

Do exposto constata-se que a complexa estrutura das folhas, quando consideradas sob o ponto de vista da aplicação dos produtos químicos, torna o estudo de cada factor morfológico muito difícil, pelo que, normalmente, se considera a planta como um todo, à qual se atribui um coeficiente de reflexão, em função das dimensões das gotas e velocidade do ar, que permita estimar a quantidade de calda não depositada (Mathews, 1981).

#### **4- Condições em que se devem efectuar os tratamentos tendo em consideração os factores meteorológicos**

As condições em que se devem fazer os tratamentos para reduzir os riscos de deriva das gotas, tendo em consideração os factores meteorológicos, devem ser estabelecidas tendo em atenção as principais interacções entre eles e o transporte e deposição das gotas

Como foi referido as correntes de ar podem deslocar-se com movimento laminar e/ou turbulento, resultando a sua velocidade, num dado local, do tipo de movimento e intensidade das correntes, que originam condições atmosféricas que se definem como estáveis, neutras e instáveis (Elliot e Wilson, 1983).



**Figura 2.2-** Estrutura do vento e das correntes de turbulência nas diferentes condições atmosféricas

Fonte: Adaptado de Elliot e Wilson (1983).

Conforme se pode observar na figura 2.2, para a situação estável, as correntes turbulentas originadas pelo vento apresentam uma velocidade muito baixa, ficando os remoinhos com uma forma achatada, podendo, em condições de grande estabilidade, não existirem. Relativamente à situação de instabilidade esta resulta da maior intensidade das correntes turbulentas ascensionais, apresentando os remoinhos uma forma alongada com o eixo maior na vertical.

As condições atmosféricas neutras têm características intermédias das anteriores, podendo o ar movimentar-se com a mesma facilidade na horizontal e na vertical, devido à turbulência ser originada quase exclusivamente pelo atrito do vento relativamente à superfície do solo e não pelo aquecimento deste. Nesta situação existe um equilíbrio entre a intensidade do vento e os dois tipos de turbulência sendo a velocidade tangencial, medida a 3 m do solo, cerca de 10% da velocidade do vento (Elliot e Wilson, 1983)

Assim, e considerando que a realização ou não dos tratamentos fitossanitários depende das condições atmosférica, aqueles autores, utilizam a classificação de Pasquill (1961), que considera aquelas divididas em várias categorias, de A a F, (quadro 2.1), dadas em função do vento e turbulência; a letra A corresponde às condições de instabilidade e F às de estabilidade atmosférica e a letra D à estabilidade neutra.

**Quadro 2.1-** Diferentes categorias da estabilidade atmosférica.

Força aproximada do vento	Velocidade do vento (m.s <sup>-1</sup> )	Sol			Céu coberto de nuvens	Noite (quantidade de nuvens no céu)	
		Intenso	Moderado	Ligeiro		+de metade	- de metade
0 ou 1	<2	A	A - B	B	D	F	F
2	2 - 3	A-B	B	C	D	E	F
3	3 - 5	B	B - C	C	D	D	E
4	5 - 6	C	C - D	D	D	D	D

Fonte: Elliot e Wilson (1983).

Como se pode observar no quadro 2.1 as categorias de estabilidade atmosférica dependem da velocidade do vento cuja intensidade é definida numa escala de 0 a 4, designada



por força aproximada do vento, sendo diferentes conforme a hora do dia e a nebulosidade existente. Assim, por exemplo, durante o dia, quando o sol é intenso e a velocidade do ar é baixa ( $< 2 \text{ m.s}^{-1}$ ), existem condições para a deslocação de grandes massas de ar no sentido vertical originando instabilidade atmosférica. Para a mesma velocidade do vento, mas durante a noite, verificam-se condições de grande estabilidade.

Não se dispendo, para a maioria das situações, de dados, a decisão da realização ou não dos tratamentos é normalmente tomada por observação directa das condições do meio; a utilização de fumos pode dar uma indicação da trajectória das gotas, embora a sedimentação tenha características muito diferentes.

Existem métodos relativamente simples, como é o caso da Beaufort Scale, (quadro 2.2) que, depois de devidamente testados e adaptados às condições particulares de uma dada região, podem dar indicações sobre a oportunidade de realização dos tratamentos. Esta escala estabelece, em função de várias especificações, como por exemplo o fumo, movimento das folhas e outras, diferentes forças que traduzem as condições de estabilidade atmosférica; o conhecimento destas forças, por observação directa do meio, permite quantificar, de uma forma relativa, a deriva das gotas.

**Quadro 2.2-** Especificações e velocidades do vento para as forças (0 - 4) da escala de Beaufort

Força	Descrição	Especificações em terra	Velocidades do vento a 10 m do solo			
			Médias ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Limites ( $\text{m.s}^{-1}$ )	Médias ( $\text{km.h}^{-1}$ )	Limites ( $\text{km.h}^{-1}$ )
0	Calma	O fumo sobe verticalmente	0,0	0,0 - 0,5	0,0	<1
1	Brisa muito ligeira	Direcção do vento detectada pela deriva do fumo, mas não pelos cata-ventos	0,8	0,3-1,5	3	1- 5
2	Brisa ligeira	O vento sente-se nas faces; as folhas fazem um ligeiro ruído a mexerem-se; o cata-vento move-se.	2,4	1,6-3,3	9	6 - 11
3	Brisa mais intensa	As folhas e os ramos pequenos movem-se constantemente; o vento estende as bandeiras mais leves	4,3	3,4 - 5,4	15	13 - 19
4	Brisa moderada	Faz levantar poeira e papeis do chão; os ramos mais pequenos movem-se	6,7	5,5 - 7,9	24	20 - 28

Fonte: Elliot e Wilson (1983).

Assim, e em função das diferentes forças do vento, Elliot e Wilson (1983) consideram que:

- em situação calma, força 0, não é aconselhável efectuar tratamentos;
- em situação de brisa muito ligeira, força 1, que oferece condições mais fáceis de previsão, em termos de deriva, embora seja necessário conhecer a velocidade e direcção do vento, deve-se evitar fazer tratamentos;
- a situação de brisa ligeira, força 2, é a situação ideal para se efectuarem os tratamentos;

- em situação de brisa mais intensa, força 3, em que a direcção do vento é incerta, podendo apresentar variações importantes em espaços de tempo curtos, transportando uma parte importante da calda, deve-se evitar tratar as culturas;
- em situação de ventos fortes, força 4, correspondente a intensidade do vento superior a  $5 - 6 \text{ m.s}^{-1}$ , não é aconselhável realizarem-se tratamentos, pois dão-se grandes perdas por deriva.

### **Capítulo III- Os pulverizadores**

Os pulverizadores são " Máquinas que servem para espalhar, sob a forma de um jacto de finas gotículas e com a maior regularidade possível, uma calda (diluição em água ou, mais raramente, em óleo, de uma ou mais substâncias activas destinadas a combater os inimigos das culturas) sobre o solo ou sobre os órgãos aéreos das plantas" Briosa (1989).

#### **1- Principais características de uma pulverização.**

A pulverização consiste na divisão de um dado volume de calda em pequenas gotas e na distribuição uniforme destas sobre as plantas ou solo.

Entre as principais características da pulverização destacam-se:

- a cobertura e homogeneidade da área a tratar;
- a dimensão das gotículas;
- a penetração na vegetação;
- o alcance do jacto.

##### **1.1- Cobertura e homogeneidade da área a tratar.**

A cobertura e homogeneidade da área a tratar é mais ou menos importante conforme o tipo de tratamento que se esteja a realizar. Assim, quando da aplicação de um fungicida de contacto, é fundamental que toda a área seja coberta pois estas doenças espalham-se, normalmente, por toda a copa das plantas; existem, no entanto, determinadas doenças como, por exemplo, a podridão cinzenta, em que é necessário a aplicação localizada do produto.

Na aplicação de produtos sistémicos a sua difusão no objecto permite uma diminuição sensível da área de contacto, sem por em causa a eficácia do tratamento.

Relativamente à aplicação de herbicidas este problema põe-se com menos acuidade pois, quer os produtos sejam sistémicos ou de contacto, o "alvo" é facilmente atingido.

Quando os pulverizadores têm várias órgãos de pulverização, é necessário que o seu posicionamento permita cobrir toda a área a tratar e que a distribuição seja homogénea.

Relativamente às culturas baixas a repartição longitudinal e transversal é função:

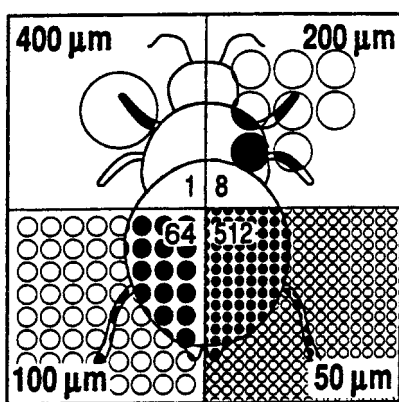
- do ângulo da pulverização, espaçamento e orientação dos bicos;
- da altura, estabilidade e paralelismo da rampa, relativamente à superfície a tratar;
- da regularidade da velocidade de avanço e trajecto a percorrer.

A altura da rampa nas culturas baixas, deve permitir uma sobreposição de dois jactos consecutivos em 50%, sem, no entanto, chocarem, pelo que varia conforme a distância a que os bicos se encontram na rampa e do ângulo de abertura do jacto; não dispondo de equipamento que permita o estudo da uniformidade da distribuição, pode-se pulverizar um piso seco e esperar que a água se evapore pois, se a distribuição for homogénea, não ficarão faixas húmidas no solo. O aumento da distância da rampa ao solo pode significar um aumento da deriva das gotas, especialmente se estas forem de pequena dimensão.

## 1.2- Dimensão das gotículas

Quando da pulverização obtêm-se um grande número de gotas de dimensão variável, cuja determinação pode ser feita através de análise de imagem ou recorrendo a raios laser. A importância da dimensão das gotículas advém do facto de que, quanto menores estas forem, maior será a superfície tocada pelo produto; por exemplo, dividindo o diâmetro de uma gota por dez a superfície de contacto será dez vezes superior.

Uma gota de 400  $\mu\text{m}$  tem o mesmo volume que 8 gotas de 200  $\mu\text{m}$ , 64 gotas 100  $\mu\text{m}$  e 512 gotas de 50  $\mu\text{m}$ . Sendo o volume de uma gota igual a  $\pi d^3/6$ , uma gota de 400  $\mu\text{m}$  contém 64 vezes a dose de uma gota de 100  $\mu\text{m}$ , mas estas, desde que a calda seja homogênea, têm mais 64 vezes a concentração de m.a.; para a mesma velocidade, a sua energia cinética é igualmente 64 vezes superior.



**Figura 3.1-** Comparação entre a superfície coberta, para o mesmo volume, com diferentes dimensões de gotículas.

Fonte: Barthélémy (1994)

Supondo que a superfície de contacto da gota é igual à sua secção, um litro de líquido dividido em gotas muito pequenas permite cobrir uma área de várias dezenas de metros quadrados. Considera-se que a densidade mínima de impactos, por  $\text{cm}^2$ , para aplicação de insecticidas sistémicos é, com gotas de 200 - 300  $\mu\text{m}$  de diâmetro, de 20 - 30 e, com gotas de 100 - 200  $\mu\text{m}$ , de 40 - 50. Para fungicidas de contacto, com gotas de 100 - 200  $\mu\text{m}$ , o número de impactos é de 50 - 70 e, para os sistémicos, com gotas de 200 - 300  $\mu\text{m}$ , de 30 - 40. Para herbicidas sistémicos de pós-emergência, com gotas de 150 - 250  $\mu\text{m}$ , de 30 - 40 gotas. Os herbicidas de contacto devem ser aplicados de forma a obter-se uma densidade de 50 - 70 gotas, com um diâmetro de 150 - 250  $\mu\text{m}$ .

Uma densidade elevada de gotículas implica uma redução da sua dimensão pois, caso contrário, dá-se a sua coalescência, com a conseqüente perda para o solo, sem, no entanto, se atingirem valores muito pequenos que tornem as gotas muito sensíveis à evaporação e deriva. A deriva é medida através do potencial de deriva que é função da fracção do produto que não atinge o objecto pretendido; representando matematicamente, tem-se:

$$\text{Potencial de deriva} = \frac{\text{Quantidade de produto teórico} - \text{Quantidade de produto depositado}}{\text{Quantidade de produto teórico}}$$

As gotículas de maior volume têm mais energia cinética, o que faz com que ao atingirem o objecto "estalem", conduzindo à sua fragmentação, sendo as gotas daí resultantes espalhadas pelas zonas vegetativas imediatas ou mesmo para o solo; Vromandt (1992)

considera que as gotas não devem ter diâmetros superiores a 300  $\mu\text{m}$ , para diminuir a tendência de se fragmentarem quando do choque com os objectos.

Considerando a dimensão das gotas, estas podem identificar-se como:

- gotas muito finas < 100  $\mu\text{m}$ ;
- gotas finas 100 - 200  $\mu\text{m}$ ;
- gotas médias 200 - 300  $\mu\text{m}$ ;
- gotas grossa 300 - 450  $\mu\text{m}$ ;
- gotas muito grossa > 450  $\mu\text{m}$ .

Para bicos de fenda a repartição, em volume, da pulverização, conforme o diâmetro das gotas, em função da pressão, é, segundo Mussilami (1982), a seguinte:

**Quadro 3.1- Características da pulverização em função da pressão**

Tipo de bico	Parte do volume constituído por gotas finas (< 0.15 mm)		Parte do volume constituído por gotas médias (0.15 - 0.45 mm)		Parte do volume por gotas grandes (> 0.45 mm)	
	1 bar	4 bar	1 bar	4 bar	1 bar	4 bar
Pequenos	3%	8.3%	57%	79.3%	40%	12.4%
Grandes	1.7%	4.5%	32.3%	41.5%	66%	54%

Fonte: Mussilami, S. (1982).

Como se pode constatar o aumento de pressão conduz ao aumento de gotas pequenas e médias e à diminuição de gotas grandes; as gotas finas, devido à sua sensibilidade ao vento têm, a não ser que sejam transportadas em correntes de ar, uma trajectória bastante aleatória e as grandes têm tendência a escorrerem para o solo.

### 1.3- Penetração da calda

A penetração da calda no interior da planta, quando as pragas ou doenças aí se instalam, é muito importante, pelo que se torna fundamental a utilização de correntes de ar para o transporte das gotas e agitação da folhagem.

A análise da repartição da calda na copa das plantas pode-se efectuar utilizando folhas de papel hidrosensível estrategicamente distribuídas naquela. O estudo do trajecto das gotas, assim como o seu ângulo de impacto, pode ser feito utilizando fotografias de película de alta velocidade que depois são passadas em câmara lenta.

### 1.4- Alcance do jacto

O alcance do jacto é particularmente importante para as culturas altas para se poder atingir o topo da copa das árvores. Este objectivo ou é conseguido com gotas de elevada energia cinética ou, então, utilizando fortes correntes de ar para transporte das mesmas. Quando não existem ventiladores as gotas pequenas têm um alcance reduzido, pelo que os

bicos devem encontrar-se junto da vegetação a atingir; estas aplicações são designadas por "tratamentos de proximidade".

## **2- Principais tipos de pulverizadores**

Os pulverizadores são classificados em função do modo como se faz a pulverização em:

- pulverizadores por pressão;
- pulverizadores pneumáticos;
- pulverizadores centrífugos;
- pulverizadores térmicos.

### **2.1- Pulverizadores por pressão**

Os pulverizadores por pressão, também designados por hidráulicos, são caracterizados por a pulverização da calda, obtida por intermédio de um bico, ser realizada por pressão do líquido conferida por uma bomba; é a expansão do líquido, sob pressão, para a atmosfera, que produz esta transformação, sendo a velocidade das gotas rapidamente diminuída pela resistência do ar.

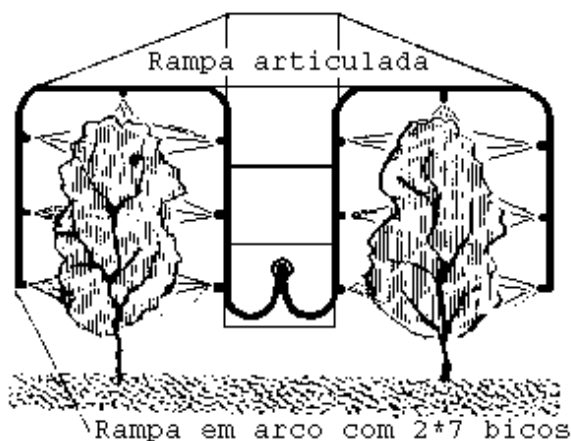
Dentro deste grupo de equipamentos existem duas categorias, conforme o modo de transporte das gotas, que são os pulverizadores de jacto projectado e jacto transportado.

#### **2.1.1- Pulverizadores por pressão de jacto projectado**

Os pulverizadores por pressão de jacto projectado são caracterizados por a calda ser sujeita a pressões que podem chegar aos 40-50 bar, sendo a pulverização hidráulica obtida quando da queda brusca daquela resultante da saída da calda, através dos bicos, para o exterior; o transporte das gotas é assegurado pela energia cinética dada pela pressão. As gotas de menor dimensão têm menos energia pelo que são rapidamente travadas pelo ar sendo pequeno o seu alcance; a pulverização com gotas pequenas só deve ser efectuada para tratamentos de proximidade pois, para tratamentos à distância, tem de se utilizar uma pulverização mais grosseira.

A utilização deste tipo de pulverizadores é indicada principalmente para aplicação de herbicidas, tratamentos de Inverno e despampa química. Para o primeiro caso são utilizadas rampas próprias, no segundo painéis recuperadores de calda e no terceiro dispositivos especiais que permitem uma pulverização intermitente, ou seja, apenas na presença das plantas. A pulverização da copa das vinhas e pomares deve ser limitada aos tratamentos de proximidade e quando a vegetação tiver uma espessura pequena.

Estes pulverizadores têm como principais inconvenientes a fraca penetração das gotas no interior da vegetação, assim como o grande volume de calda que gastam.

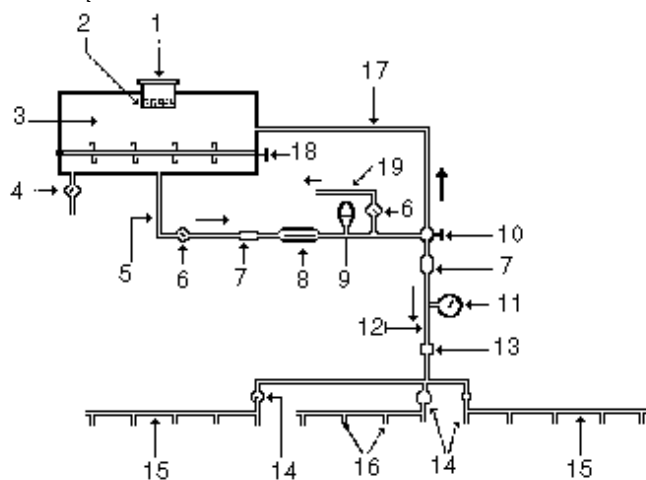


**Figura 3.2-** Pulverizador de pressão de jacto projectado  
Fonte: BP (1978)

### 2.1.1.1- Constituição genérica de um pulverizador por pressão de jacto projectado

Um pulverizador de pressão de jacto projectado é constituído, basicamente, pelos seguintes elementos:

- reservatório principal;
- bomba de pulverização;
- regulador de pressão, manómetro e distribuidores;
- filtros;
- rampa de pulverização;
- bicos de pulverização.



**Figura 3.3-** Esquema de funcionamento de um pulverizador de pressão de jacto projectado  
1- Orifício de enchimento do depósito 2- filtro de rede 3- depósito 4- torneira de esvaziamento  
5- tubagem de aspiração 6- torneiras reguláveis para o enchimento do depósito 7- filtros  
8- bomba 9- amortecedor de ar 10- regulador de pressão 11- manómetro 12- tubagem de compressão para alimentação dos bicos 13- distribuidor 14- torneiras dos segmentos da rampa 15- segmentos de rampa 16- bicos 17- tubagem de retorno 18- agitador mecânico 19- tubagem de enchimento pela bomba.

Fonte: CEMAGREF (1982)

### 2.1.1.1.1- Reservatório principal

Este elemento destina-se a conter a calda, podendo ser fabricado em diferentes materiais, embora, hoje em dia, seja o polietileno de alta densidade e o poliéster, com uma armação em fibra de vidro, que predominam. A sua capacidade varia de 10-15 até aos 3000 litros, para os pulverizadores de dorso e rebocados respectivamente; a capacidade dos pulverizadores accionados por unidades motrizes depende das condições de sustentabilidade do solo e, para os pulverizadores montados, da capacidade de elevação do tractor e superfície a tratar.

Para além da sua capacidade os depósitos devem ter como principais características a ausência de esquinas, para facilitar a sua limpeza e evitar acumulações de calda, a facilidade de enchimento e limpeza, superfície interior lisa, para impedir a aderência dos produtos, o comando para abertura do orifício para remoção da calda não utilizada de fácil acesso, etc..

A utilização de reservatórios diferentes para o pesticida e água evita a necessidade da sua mistura prévia, sendo a mistura naqueles casos efectuada por injeção directa numa câmara de mistura colocada à saída do doseador do pesticida, o que permite, caso seja necessário, utilizar mais que um produto e recuperá-los, caso não seja todo gasto.

Relativamente à escolha da capacidade do reservatório, que condiciona, em parte, o tempo de trabalho a pulverizar, deve-se ter em consideração os seguintes aspectos:

- a superfície da exploração, nomeadamente a área a tratar nos períodos de ponta;
- a dimensão das parcelas, especialmente o seu comprimento;
- a dispersão das parcelas, por forma a minimizar o tempo de enchimento e transporte;
- o volume / ha necessário.

Para as explorações que têm as parcelas dispersas é importante dispor de pontos de água próximos destas, ou dispor de uma cisterna pois, caso contrário, o pulverizador funciona mais como equipamento de transporte de água do que de tratamento.

Como indicação base pode-se dizer que a capacidade mínima do reservatório deve ter em consideração o comprimento da parcela, por forma a realizar-se, pelo menos, um trajecto de ida e volta, e como capacidade máxima a permitida pelo tractor utilizado.

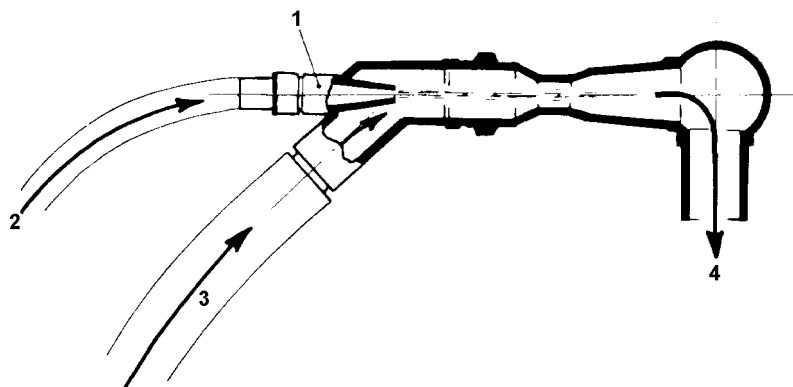
Para além do reservatório de calda os pulverizadores podem ter um segundo reservatório para água limpa, com uma capacidade de 10 - 20 L, para o operador lavar as mãos, e um outro para permitir a remoção dos restos de calda que ficam no reservatório principal após os tratamentos; é aconselhável a remoção imediata do resto da calda, antes da deposição dos produtos.



### 2.1.1.1.2- Bomba

A bomba, que transforma a energia mecânica em energia hidráulica é, sem dúvida, um dos órgãos mais importantes dos pulverizadores, pois permite conferir à calda a pressão necessária à sua pulverização.

O débito destas bombas é, quando da agitação hidráulica, superior ao débito dos bicos, para que alguma da calda retorne ao depósito. As bombas podem também ser utilizadas para encher, por meio de um hidro - injector, o reservatório; alguns pulverizadores de maior dimensão têm bombas específicas para agitação da calda e enchimento do reservatório.



**Figura 3.4-** Esquema de um hidro - injector

1- Difusor 2- Líquido proveniente da bomba 3- Aspiração do líquido 4- Ligação ao reservatório

Fonte: Mussilami (1982)

Os tipos de bombas dependem da forma como conferem pressão aos líquidos devendo, na sua constituição, ter em consideração a natureza das caldas, nomeadamente o que respeita à resistência à abrasão e corrosão.

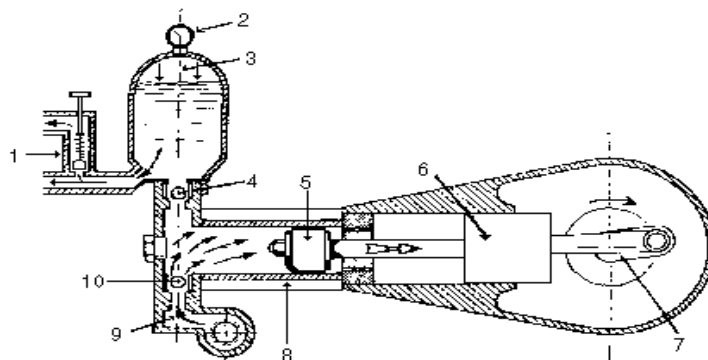
Relativamente ao volume de calda movimentado em cada ciclo de funcionamento as bombas classificam-se em volumétricas e centrífugas. Nas volumétricas, de movimento rectilíneo alternativo ou de movimento rotativo, o volume de calda em cada ciclo de funcionamento é sempre o mesmo mas a pressão é descontínua. Nas centrífugas (não volumétricas) a calda penetra livremente num impulsor, sendo projectada de seguida, sob pressão, para a periferia por acção da força centrífuga, que varia em função do regime. As bombas centrífugas podem atingir débitos bastante elevados (> 500 L / min) mas a pressão é reduzida (< 4 bar).

Para os pulverizadores accionados pelos tractores as bombas as volumétricas são as mais utilizadas; de entre estas destacam-se as seguintes:

- bomba de êmbolos;
- bomba de êmbolos - membrana.

### 2.1.1.1.2.1- Bomba de êmbolos

É uma bomba volumétrica que pode atingir pressões de 40 bar, ou mesmo mais, sendo o escoamento assegurado por um êmbolo que tem um movimento alternativo num cilindro. Este tem duas válvulas, uma de aspiração e outra de retenção, para deixar entrar e sair a calda. O débito destas bombas, ao regime normalizado da TDF (540 rpm), varia entre 20 e 350 L/min.



**Figura 3.5-** Corte esquemático de uma bomba de êmbolo de simples efeito  
 1- Regulador de pressão 2- manómetro 3- amortecedor de ar 4- válvula de retenção 5- êmbolo  
 6- guia do êmbolo 7- cambota 8- cilindro 9- tubagem de aspiração 10- válvula de retenção.  
 Fonte: CEMAGREF (1982)

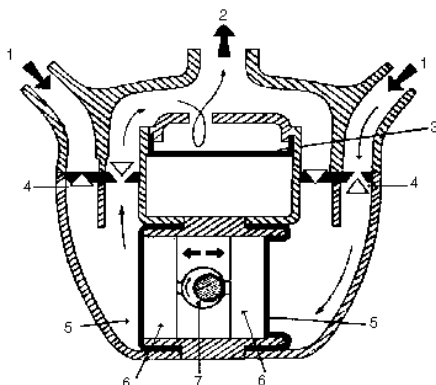
Nas bombas de êmbolo de duplo efeito verificam-se duas saídas de calda por ciclo, sendo o volume gerado pela face posterior menor devido ao tirante do êmbolo. Existem bombas deste tipo de cilindrada variável que permitem regular o seu débito em função do débito de pulverização.

As bombas de êmbolos têm geralmente entre dois a seis elementos dispostos em linha ou em oposição.

### 2.1.1.1.2.2- Bomba de êmbolo - membrana

Bomba em que a deformação de uma membrana, assegurada pelo movimento alternativo de um êmbolo, provoca a aspiração e saída da calda.

A pressão máxima obtida com estas bombas é de 20 - 40 bar, o débito, para o regime normalizado da TDF (540 rpm), varia, em função da sua dimensão, entre 10 - 45 L/min, por elemento.



**Figura 3.6-** Corte esquemático de uma bomba de êmbolo - membrana

1- Aspiração 2- elevação 3- amortecedor 4- válvula 5- membrana 6- êmbolo 7- excêntrico

Fonte: CEMAGREF (1982)

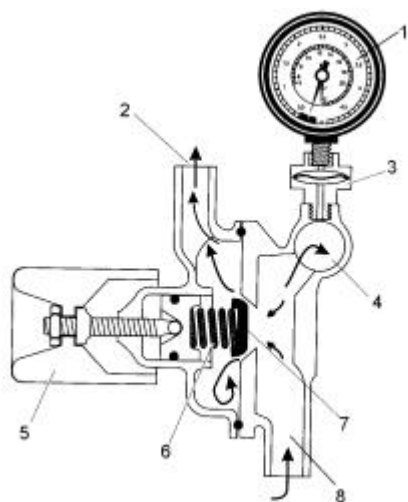
Como se pode observar na figura 3.6 este tipo de bomba permite reduzir ao máximo a superfície de contacto da calda com os componentes metálicos, o desgaste, por atrito, dos êmbolos relativamente aos cilindros e separar totalmente a calda dos circuitos de

accionamento da bomba; estas bombas têm 2 - 6 elementos.

Relativamente à escolha do tipo e débito da bomba deve-se ter em consideração a sua simplicidade, robustez, facilidade de reparação e resistência à corrosão; o seu débito deve permitir obter o volume por hectare desejado, mais 10 % para fazer face à diminuição das suas prestações, mais 10 % para retorno ao reservatório, no caso da agitação da calda ser hidráulica.

#### 2.1.1.1.3- Regulador de pressão, manómetro e distribuidor

O regulador de pressão permite fazer variar a pressão, dentro de certos limites, para que seja possível variar o débito e as características da pulverização; é um dos elementos que condiciona a quantidade de calda que vai para a rampa, fazendo com que a restante, debitada pela bomba, seja conduzida para o reservatório. Junto do regulador encontra-se, montado em derivação, um manómetro que indica a pressão de funcionamento; este elemento deve permitir uma boa precisão de leitura, pelo que se aplicam frequentemente manómetros de duas agulhas e duas escalas.



**Figura 3.7 -** Regulador de pressão.

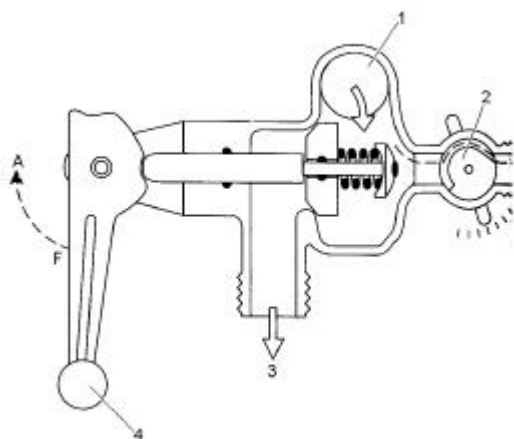
1- Manómetro, 2- retorno 3- separador 4- saída para as rampas 5- regulador de pressão 6- mola do regulador de pressão 7- válvula 8- alimentação

Fonte: CEMAGREF (1997)

A calda debitada pela bomba é armazenada previamente num amortecedor de ar ou hidráulico, que permite atenuar as desigualdades de pressão produzidas pelas bombas volumétricas; a regulação do débito é efectuada acumulando-se a calda comprimida nos amortecedores, sendo libertada quando as válvulas de retenção da bomba se fecham. Em

alguns pulverizadores a regulação do débito é assegurado pela variação da velocidade ou cilindrada da bomba.

O distribuidor é constituído por um ou mais comandos, geralmente um primário, que interrompe o circuito da calda para a rampa, e vários secundários que accionam a abertura e fecho dos vários troços da rampa; o excesso de calda é canalizado pelo circuito de retorno para o reservatório; os comandos podem ser de accionamento manual ou eléctrico.



**Figura 3.8-** Princípio de um distribuidor de válvula de comando manual

1- Alimentação 2- calibração do retorno 3- saída para as rampas 4- alavanca de comando

A- abrir F- fechar

Fonte: CEMAGREF (1997)

Como se pode observar na figura 3.8 este distribuidor apresenta um circuito de retorno calibrado que permite o fecho de um sector da rampa sem alterar a pressão nos bicos.

#### 2.1.1.1.4- Filtros

Os filtros são elementos fundamentais para protecção do circuito da calda, pois retêm as partículas que podem danificar os órgãos do pulverizador e entupir os bicos.

No que respeita à sua localização encontram-se nos seguintes níveis:

- no orifício de enchimento do reservatório (malha de 800 - 1000  $\mu\text{m}$ );
- na conduta de enchimento, antes do incorporador e bomba de enchimento (;
- na conduta de aspiração da bomba de pulverização (malha de 500 - 800  $\mu\text{m}$ );
- na conduta de saída da bomba de pulverização, antes dos elementos de distribuição e regulação da pressão (malha de 300 - 500  $\mu\text{m}$ );
- nas condutas de alimentação das secções das rampas (malha de 150 - 300  $\mu\text{m}$ );
- nos bicos.

#### 2.1.1.1.5- Os bicos

Os bicos de pulverização hidráulicos encontram-se no fim do circuito do líquido e permitem, devido ao pequeno diâmetro do orifício das suas pastilhas, um abaixamento brusco da pressão da calda e, conseqüentemente, a sua pulverização. As pastilhas são geralmente facilmente substituídas o que permite obter um débito próximo do desejado; este é obtido com o regulador de pressão.

Para além dos bicos hidráulicos existem bicos centrífugos, pneumáticos, electrostáticos, etc., tendo todos eles como função fragmentar o líquido ou calda em gotas.

Relativamente à substituição dos bicos esta deve ser feita logo que a sua taxa de desgaste ( $T_u$ ), dada por:

$$T_u(\%) = \frac{\text{débito dos bicos usados} - \text{débito dos bicos novos}}{\text{débito dos bicos novos}}$$

conduza a valores de débito superiores a 10% da média dos bicos novos.

A diminuição da pressão resultante do desgaste dos bicos é muito pequena pelo não serve como valor indicativo do aumento do débito; este varia proporcionalmente à raiz quadrada da pressão dos bicos.

Os parâmetros que caracterizam as prestações dos bicos são definidos pela Norma NF U-26.110, que está em concordância com a Norma Internacional ISO 5682/1, que definem as condições de realização dos ensaios e os parâmetros a medir. Estes são:

- a uniformidade do débito, que permite avaliar a qualidade de fabrico;
- a variação do débito, em função da pressão;
- a distribuição da pulverização,
- a variação e distribuição do débito, em função do desgaste provocado por um abrasivo;
- o ângulo de pulverização, em função da pressão;
- a dimensão das gotas, para a pressão indicada pelo construtor.

Entre os principais tipos de bicos encontram-se os seguintes:

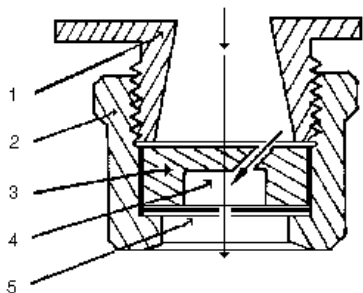
- de turbulência;
- de fenda;
- de espelho.

#### **2.1.1.1.5.1- Bicos de turbulência**

Os bicos de turbulência, também designados por bicos de jacto cónico, são caracterizados por apresentarem um repartidor (hélice), com condutas helicoidais, uma câmara de turbulência e a pastilha, com um orifício calibrado. O primeiro confere à calda um movimento turbilhonar, transformando a pressão em energia cinética, que permite obter um jacto cónico. A câmara de turbulência, cuja forma pode ser cilíndrica, cónica ou tronco - cónica, tem uma capacidade que define o tipo de bico. Fazendo variar a altura desta câmara altera-se o diâmetro do jacto, ou seja, uma altura elevada permite obter jactos estreitos e uma baixa, jactos cónicos.

As pastilhas são discos com um orifício central calibrado, cujo diâmetro varia de 8/10 a 25/10 mm.

Este tipo de bicos são, sem dúvida, os mais utilizados para aplicação de fungicidas nas vinhas e pomares.



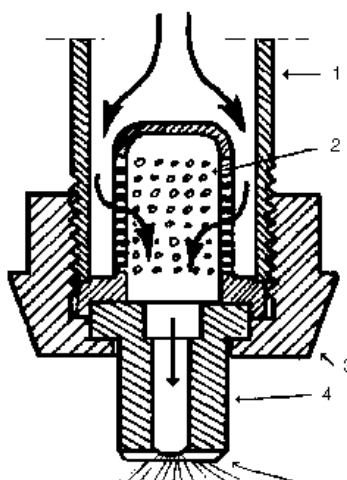
**Figura 3.9-** Corte esquemático de um bico com câmara de turbulência.  
1- Corpo 2- porca de fixação 3- repartidor 4- câmara de turbulência 5- pastilha  
Fonte: CEMAGREF (1982)

A análise dos jactos obtidos com este tipo de bicos permite constatar o seguinte:

- nos jactos cónicos obtém-se uma coroa circular cônica constituída com gotas grandes, ficando as de menor dimensão no centro;
- as gotas pequenas são transportadas pelas correntes de turbulência gerada pelas gotas maiores;
- os jactos cónicos compactos não têm uma repartição regular das gotas no seu seio.

#### 2.1.1.1.5.2- Bico de fenda

Os bicos de fenda ou de jacto em leque, utilizados principalmente no tratamento de culturas baixas (fungicidas, insecticidas e herbicidas), são caracterizados por o orifício ter uma secção elíptica, que faz com que o jacto daí resultante tenha a forma de um leque ou pincel.



**Figura 3.10-** Corte esquemático de um bico de fenda  
1- Corpo 2- filtro 3- porca de fixação 4- pastilha de fenda 5- fenda  
Fonte: CEMAGREF (1982)

A pulverização resultante da utilização destes bicos é mais grosseira que com os bicos anteriores, pelo que a sua utilização é mais aconselhável para aplicação de herbicidas.

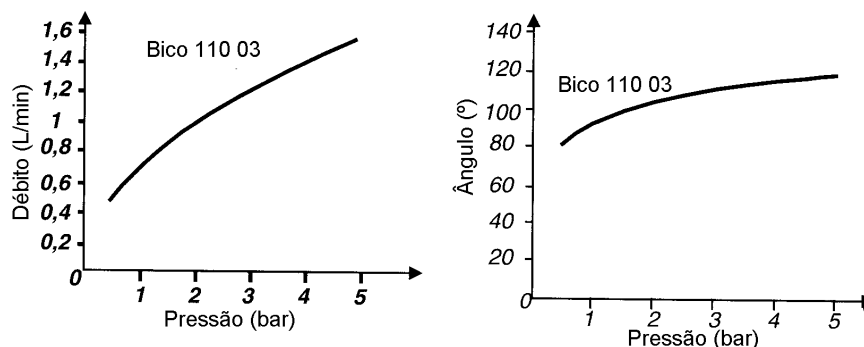
Para pressões inferiores a 1 bar o ângulo do jacto é inferior ao ângulo de pulverização, as gotas da periferia são maiores e a repartição é irregular; à medida que a pressão aumenta o ângulo também aumenta e as gotas são mais pequenas

Os bicos de fenda apresentam ângulos nominais que variam entre os 80 e 110°. Os primeiros são mais aconselhados para débitos mais baixos, pois são menos sensíveis ao entupimento, que os de débito equivalente, mas de 110°; estes são mais indicados para débitos mais elevados, sendo a sua distribuição transversal mais uniforme. O ângulo de espessura destes jactos é de  $\pm 7^\circ$ .

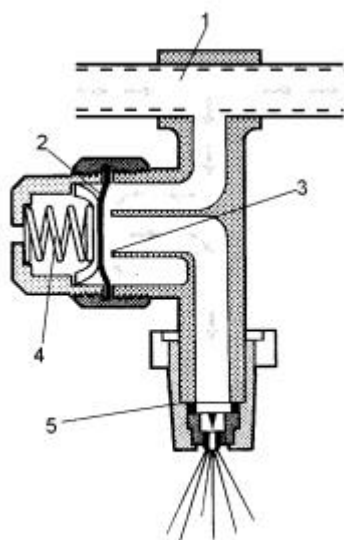
A norma ISO 10625 identifica os bicos de fenda através do ângulo de pulverização (80 e 110°) e do débito nominal, com os seguintes códigos.

**Quadro 3.2-** Quadro com os códigos dos ângulos de pulverização e débitos

Débito a 3 bars (L/min)	Cor	Código do bico
0.4	Laranja	01
0.6	Verde	015
0.8	Amarelo	02
1.2	Azul	03
1.6	Encarnado	04
2.0	Castanho	05
2.4	Cinzento	06
3.2	Branco	08

**Figura 3.11-** Representação da variação de débito e ângulo de pulverização em função pressão, de um bico de fenda de 110°.

A presença de sistemas anti-gota nestes bicos é bastante frequente, pois permite que, quando do fecho dos sectores da rampa, a calda existente entre este ponto e os bicos se perda.

**Figura 3.12-** Dispositivo anti-gota montado num bico de fenda.

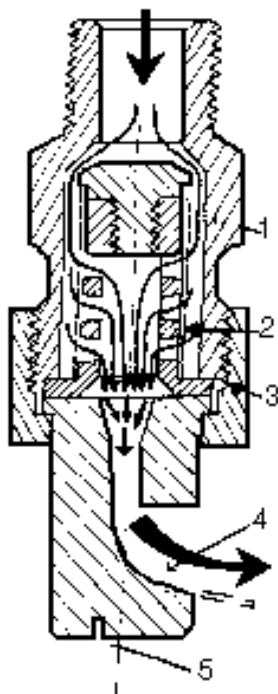
1- Rampa 2- Membrana 3- sede 4- mola 5- porta-bicos  
Fonte: CEMAGREF (1997)

Dentro dos bicos de fenda existem dois tipos particulares que são os bicos de fenda anti-deriva e os de dupla fenda. O primeiro tipo, que permite reduzir a quantidade de gotas de menor dimensão, apresenta, imediatamente antes do bico, uma pastilha cujo orifício é dimensionado em função do débito a obter, e que é ligeiramente inferior à secção da fenda, o que permite uma diminuição da pressão e, conseqüentemente, uma maior dimensão das gotas.

Os bicos de dupla fenda têm duas ranhuras paralelas e são indicados para as situações em que é necessário uma grande quantidade de gotas pequenas como, por exemplo, a aplicação de fungicidas em cereais.

### 2.1.1.1.5.3- Bicos de espelho

O bico de espelho tem, logo a seguir ao orifício de saída, um deflector que faz com que o filete líquido choque com ele provocando a sua pulverização.



**Figura 3.13-** Corte esquemático de um bico de espelho  
1- Corpo 2- filtro 3- porca de fixação 4- espelho 5- ranhura para orientação  
Fonte: CEMAGREF (1982)

O jacto resultante deste impacto, que tem a forma de um avental, tem um grande ângulo de abertura, podendo mesmo atingir os  $150^\circ$ , uma fraca espessura e, para uma altura de 0.4 -0.5 m, a sua largura pode atingir 1.2 m. A fraca espessura dos jactos torna-os muito sensíveis ao vento, mais que os jactos de leque, o que é ainda agravado por à saída do bico o jacto se apresentar como uma superfície líquida não fragmentada.

Comparando o diâmetro das gotas em função do tipo de bico tem-se:

**Quadro 3.3** - Relação entre o diâmetro das gotas e o tipo de bico, para

um débito de 1 l / min, à pressão de 3 bar

Tipo de bico	Diâmetro volumétrico médio (*), em $\mu\text{m}$
turbulência	260
fenda de $110^\circ$	300
fenda de $80^\circ$	400
espelho	650

Fonte: Barthélémy (1984)

(\*) DVM é o diâmetro da gota cujo volume é a média aritmética dos volumes de todas as gotas de uma população

Para além do tipo de bico existem outros factores que condicionam a dimensão das gotas, nomeadamente:

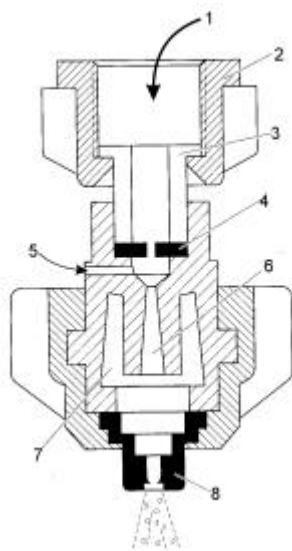
- o ângulo do jacto pois, quanto maior for este menor é o diâmetro das gotas;
- a dimensão do orifício, quanto maior for estes maiores serão as gotas;
- a pressão no bico, quanto maior esta for menores serão as gotas (ver 3.1).

Para além dos tipos de bicos referidos existem outros, nomeadamente:

- os bicos bifluídos com aspiração de ar;
- os bicos bifluídos com ar comprimido;
- os bicos centrífugos.



Os bicos bifluídos com aspiração de ar, têm como princípio de funcionamento a mistura da calda com o ar, por forma a aumentar a dimensão das gotas e multiplicar o número de impactos sobre o objecto, melhorando-se a taxa de cobertura, sem aumentar o risco da deriva das gotas mais pequenas.



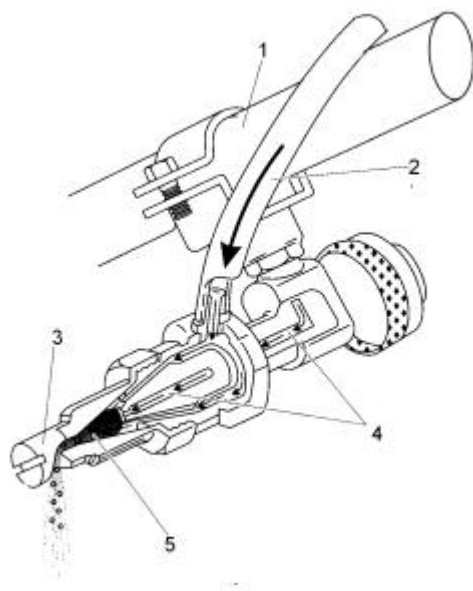
**Figura 3.14-** Esquema de um bico bifluído com aspiração de ar.

1- Entrada de calda sob pressão 2- fixação 3- bico de entrada 4- pastilha calibrada 5- entrada de ar 6- câmara de mistura 7- câmara de estabilização 8- bico de saída

Fonte: CEMAGREF (1997)

Como se pode observar na figura 3.14, à saída do orifício calibrado, a calda cria uma depressão ao nível do orifício de entrada de ar, sendo este aspirado sob a forma de bolhas, e depois a mistura expulsa pelo bico de saída. O espectro da pulverização pode ser alterado modificando a dimensão do orifício da pastilha ou a pressão do líquido.

Os bicos bifluídos com ar comprimido apresentam o mesmo princípio mas o ar é injectado através de um compressor. O insuflar do ar no seio da calda produz bolhas de líquido carregadas de ar que, no caso da figura 3.15, são projectadas e distribuídas pelo espelho para a vegetação.



**Figura 3.15-** Esquema de um bico bifluído com ar comprimido.

1- Rampa 2- ar sob pressão 3- bico de espelho 4- calda sob pressão 5- câmara de entrada de ar

Fonte: CEMAGREF (1997)

Este tipo de bico apresenta como principais características a possibilidade de regulação da dimensão das gotas através da variação da pressão da calda e pressão do ar, e obter um número muito importante de gotículas pois, quando do impacto das gotas carregadas de ar com o objecto, estas fragmentam-se.

Os bicos centrífugos (rotativos) utilizam a força centrífuga para fragmentar a calda em pequenas gotas. Dependendo do volume do jacto que chega ao disco forma-se uma coroa na periferia deste, filetes com intervalos regulares a partir da coroa ou um filme líquido em forma de anel, que se estende para lá da periferia do disco; o primeiro tipo de distribuição obtém-se

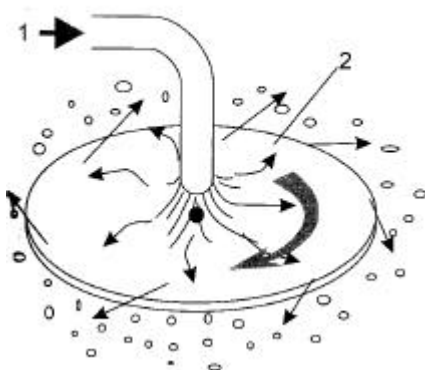
com volumes baixos e o último com volumes mais elevados, resultando desta variação diferenças na dimensão das gotas. Se a periferia do disco é dentada, o número de ligamentos é controlado pelo número de dentes e a fragmentação é estável, mesmo para débitos mais elevados.

A intensidade da pulverização é tanto maior quanto menor for a quantidade da calda depositada no disco, maior a velocidade de rotação e diâmetro deste e menor a tensão superficial do líquido. O débito que chega ao disco é regulado por pastilhas calibradas e variação de pressão (1 a 4 bar), podendo a largura de trabalho, para uma altura da rampa de 0.6 m, ser de 1.5 m.

**Figura 3.16-** Esquema de um bico centrífugo.

1- Entrada da calda 2- disco

Fonte: CEMAGREF (1997)

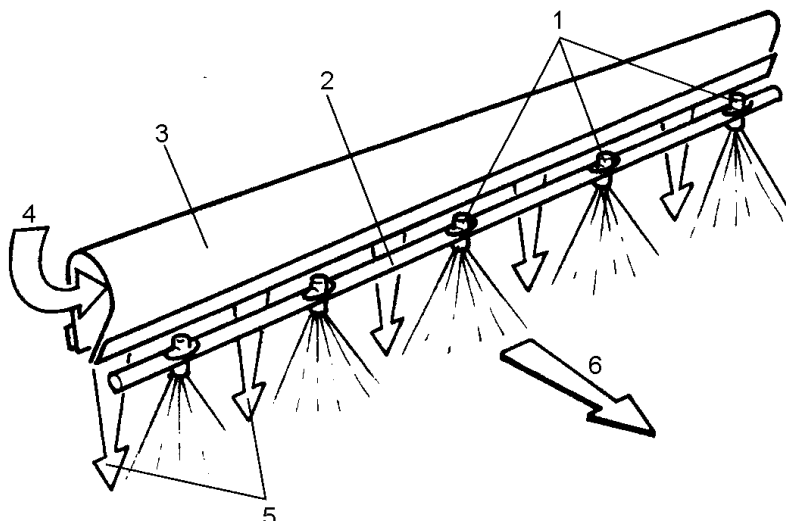


#### 2.1.1.1.6- Rampas de pulverização

As rampas de pulverização são estruturas onde estão montados os bicos e que serve de suporte às condutas da calda.

A forma destes elementos é muito variada, dependendo do tipo de cultura a que se destinam, podendo atingir, para as culturas baixas, vários metros.

Para a cultura da vinha e pomares as rampas são, geralmente, em forma de arcos de círculo, podendo, para a vinha serem em forma de U invertido; neste caso os jactos incidem perpendicularmente à vegetação ou segundo um determinado ângulo ( $< 20^\circ$ ), medido na horizontal, para a frente, para melhor penetração na copa. Este tipo de rampa pode ter montado painéis recuperadores, para se evitar perdas de calda para o solo.



**Figura 3.17**-Rampa de pulverização com sistema de transporte por ar  
1- Bicos 2- rampa 3- ventilação 4- entrada de ar 5-ar para transporte das gotas 6- sentido de avanço

Fonte: CEMAGREF (1997)

Relativamente à escolha da largura da rampa para as culturas baixas, que condiciona o tempo de pulverização, deve ter em consideração a capacidade do reservatório, o tipo de pulverização e a largura dos semeadores, especialmente na sementeira dos cereais. A altura das rampas, para se obter uma repartição transversal uniforme, deve ser definida em função da taxa de sobreposição de dois jactos consecutivos e do ângulo do jacto; por exemplo, para bicos de fenda distanciados de 50 cm e uma taxa de sobreposição de 30 %, um bico com um ângulo do jacto de  $80^{\circ}$  deve estar distanciado 50 cm do objecto e, para um ângulo de  $110^{\circ}$ , a 40 cm.

Na concepção das rampas de maior dimensão, para culturas baixas, é fundamental ter em consideração a estabilidade transversal e longitudinal, por forma a não afectar a repartição da pulverização. Para diminuir a vibração destas rampas, que causa a sua fadiga, provocando deformações permanentes ou risco de ruptura, os construtores utilizam diferentes sistemas de estabilização vertical e transversal como, por exemplo, sistemas de estabilização pendulares, de estabilização com bielas (trapézios deformáveis) ou de correcção activa

As rampas de maior dimensão são constituídas por vários troços, o que permite a alimentação individual por um elemento do sistema de distribuição, por forma a diminuir as perdas de carga, e modificar a largura dos pulverizadores quando da aplicação nas bordaduras.

Para além destes elementos o material em que são fabricadas, o sistema para arrumar os segmentos da rampa, o sistema de regulação da altura, etc., também são importantes para escolha de uma rampa. A escolha do tipo de suspensão das rampas utilizadas nas culturas baixas condiciona, de uma forma significativa, a repartição longitudinal e lateral da calda.

Comparando a sua importância com a de outros factores tem-se:

**Quadro 3.4-** Influência de diferentes componentes de um pulverizador e das condições de utilização sobre a repartição da calda

Repartição	Suspensão da rampa	Regulação	Bicos	Vento	Velocidade do pulverizador
Lateral	***	*	***	**	*
Longitudinal	**	***	*	***	*

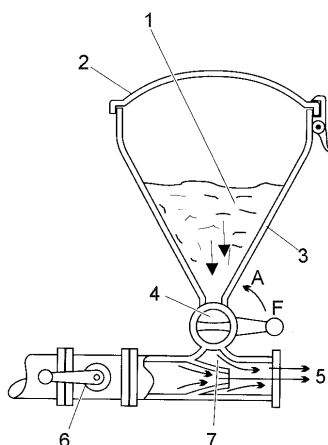
\* - Influência fraca      \*\* - Influência forte      \*\*\* - Influência muito forte  
 Fonte: Boisgontier (1990)

Para além dos elementos referidos os pulverizadores mais recentes apresentam ainda os seguintes componentes:

- bombas de enchimento e agitação;
- um incorporador;
- uma cuba com água para limpeza;
- uma cuba com água para lavar as mãos.

As bombas de enchimento e agitação são, normalmente, bombas centrífugas semelhantes às utilizadas para a água, mas em que os materiais utilizados no seu fabrico são resistentes à corrosão e abrasão dos produtos químicos.

O incorporador tem como função permitir transferir os pesticidas (calda concentrada) para o reservatório, evitando-se, assim, o contacto directo destes com o operador.



**Figura 3.18-** esquema com o princípio de funcionamento de um incorporador

1- Produto a incorporar 2- tampa 3- tremonha  
 4- janela de incorporação 5- saída para o reservatório  
 6- janela de enchimento do reservatório 7- hidro-injector

A- aberto F- fechado

Fonte: CEMAGREF (1997)

Como se pode observar na figura 3.18 este elemento é constituído por uma tremonha, montada numa conduta ao nível de um cone de venturi, uma tampa e um circuito de limpeza, sendo a incorporação realizada por aspiração

A cuba de limpeza contém um dado volume de água que é utilizado para limpeza do reservatório principal e do circuito da calda, e para diluir a calda residual para a poder espalhar no fim do tratamento.

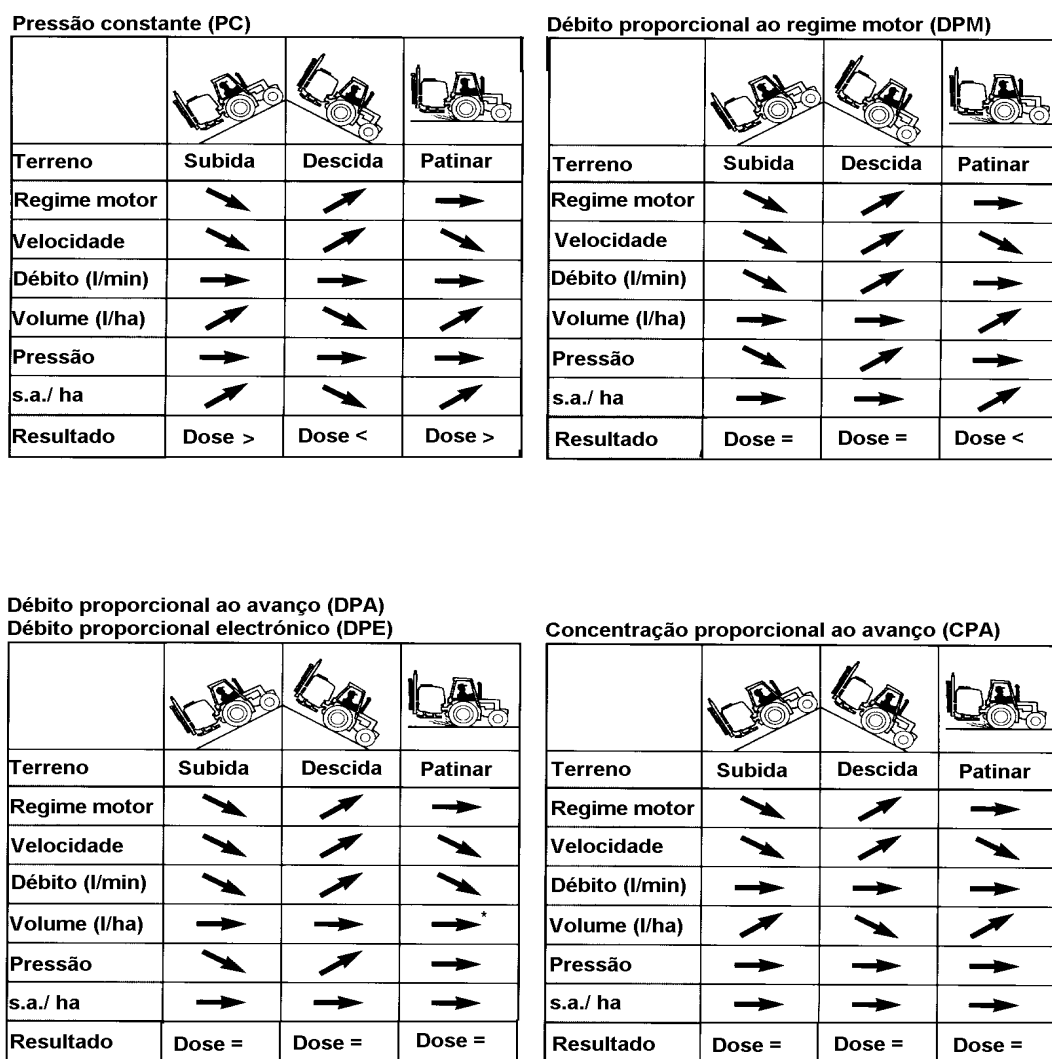
A possibilidade do operador dispor de água limpa para lavar as mãos depois da preparação da calda tem levado os fabricantes a instalarem uma cuba para este fim.

**2.1.1.1.6- Os sistemas de regulação dos pulverizadores hidráulicos**

Os sistemas de regulação dos pulverizadores permitem obter um compromisso entre a manutenção das características das gotas, mas alterando o volume aplicado por hectare, ou manter o volume por hectare, mas alterando as características das gotas.

Assim, o sistema de regulação deve ser escolhido em função das condições de utilização, ou seja, se a velocidade se mantiver ± constante, quando o tractor não patina, o sistema de regulação de pressão constante é suficiente mas, para situações de velocidade variável, o sistema de regulação de débito proporcional é o mais indicado.

Ilustrando os diferentes tipos de regulação tem-se:



**Figura 3.19-** Efeitos comparativos dos diferentes princípios de regulação  
Fonte: Boisgontier (1990)

Nos sistemas de débito proporcional que utilizam como factor de correcção a pressão, esta tem de variar entre limites relativamente estreitos pois, caso contrário, as características da pulverização são alteradas. A existência de um equipamento destes num pulverizador não

dispensa uma escolha criteriosa do calibre dos bicos e a variação da pressão dentro dos limites indicados para a sua utilização.

Assim a regulação nos pulverizadores de pressão constante tem como objectivo obter as doses necessárias para combater as doenças, pragas e infestantes das culturas; doses superiores às necessárias, para além de aumentarem os custos da operação, podem provocar fitotoxicidade das plantas e do meio ambiente e doses inferiores tornam o tratamento ineficaz.

Para aplicação dos produtos, os pulverizadores devem estar bem regulados e mantidos, para que:

- o volume de pesticida aplicado corresponda exactamente ao volume escolhido;
- o produto seja depositado onde é necessário e de uma forma homogénea.

A observação destas condições, desde que o equipamento esteja adaptado à cultura, permite ter o material permanentemente operacional e pronto a ser utilizado em qualquer altura.

Antes de se proceder às operações de regulação do pulverizador é necessário verificar o seguinte:

- o estado geral do mesmo, nomeadamente as condutas da calda e ar e as juntas dos bicos;
- se o circuito da calda se encontra perfeitamente limpo;
- se a lubrificação das transmissões, articulações, bomba, etc., se encontram asseguradas;
- a tensão das correias e suas protecções;
- a pressão do amortecedor de ar, que deve estar compreendido entre 0.6 a 0.8 da pressão de trabalho.

Para proceder à regulação de um pulverizador de pressão constante, depois de efectuadas as operações prévias mencionadas, deve-se ter em atenção o seguinte:

- o volume de calda a espalhar por hectare (Q), em L / ha, em função da cultura, do pulverizador, do tipo de tratamento e do produto a utilizar (modo de acção e solubilidade);
- a velocidade de trabalho (v), em km / h, utilizando o regime normalizado da TDF, que deve ser a mais elevada possível, tendo em conta a cultura, o estado do terreno e o equipamento.

Com os dois factores anteriores fixos e tendo em conta a largura de trabalho do equipamento (L), em m, calcula-se o débito do pulverizador ( $D_c$ ), em L / min, que é necessário obter.

Assim, mediante a fórmula:

$$Dc = (Q * v * L) / 600$$

é possível calcular o débito por minuto, necessário para se obter o volume por hectare desejado; o débito dos bicos depende basicamente do seu calibre e pressão, devendo ter-se presente que esta não deve variar para além das indicações dadas pelo fabricante.

Exemplo:

$$Q = 500 \text{ l};$$

$$L = 2 \text{ m};$$

$$v = 3.6 \text{ km / h}$$

$$D \text{ (l / min)} = 500 * 3.6 * 2 / 600$$

$$= 6 \text{ L / min}$$

Assim, para se distribuírem 500 L / ha, é necessário escolher o calibre dos bicos e pressão de funcionamento que permitam obter o volume por hectare desejado, tendo em consideração a velocidade escolhida e a largura de trabalho.

Para as vinhas com diferentes tipos de instalação e entrelinhas o débito real do pulverizador pode ser obtido com a realização de um ensaio em branco utilizando a seguinte metodologia:

**Quadro 3.5-** Comprimento dos ensaios em branco, em metros (Área padrão 50 m<sup>2</sup>)

	Vinhas contínuas	Vinhas contínuas	Vinhas em patamares	Vinhas em patamares
Compassos (m)	1 lado	2 lados	1 lado	2 lados
1,8	55,56	27,78	27,78	13,90
1,9	52,63	26,32	26,32	13,20
2,0	50,00	25,00	25,00	12,50
2,1	47,62	23,81	23,81	11,90
2,2	45,45	22,73	22,73	11,40

Conforme o valor encontrado no ensaio em branco, vê-se qual o valor por hectare correspondente; para um débito de 2.5 L/min, tem-se:

$$L / \text{ha} = 2.5 * 10000 / 50$$

$$= 500 \text{ L / ha}$$

À semelhança do que foi dito anteriormente para se obter o débito real igual ao calculado deve-se utilizar o calibre dos bicos e a pressão correspondente.

#### 2.1.1.1.6.1- Escolha e verificação dos bicos

A escolha dos bicos faz-se tendo em atenção as pressões de funcionamento normalmente aconselhadas, e por forma a obter-se o valor de débito desejado.

As pressões de funcionamento, em bar, dos diferentes bicos, são definidas em função do tipo de tratamento, por forma a obter um determinado número de gotas. Pressões baixas conduzem a gotas de grandes dimensões, que têm tendência a escorrer para o solo e, as pressões mais altas, permitem obter um maior número de impactos, gotas mais pequenas e uma repartição mais homogénea.

A gama de pressões normalmente indicadas para os diferentes tipo de bicos são as seguintes:

Bicos de fenda - 1 a 4;

Bicos de turbulência - 3 a 6 (\*);

Bicos de filete - 1 a 2;

Bicos de espelho - 1 a 2.

(\*) Para aplicação de fungicidas podem-se utilizar pressões de  $\pm 10$  bars e em arboricultura de 20 - 40 bars.

Assim, com as tabelas fornecidas pelos fabricantes, onde são apresentados os débitos, em L / min, em função da pressão, para cada tipo de bico, selecciona-se o calibre e a pressão necessária, dentro dos limites apresentados, para obter os valores desejados. A variação da pressão implica variações no tamanho das gotículas pelo que se deve ter em consideração o tipo de tratamento a realizar; quando a sua influência se torna negativa é preferível mudar de calibre.

Relativamente às aplicações dos diferentes bicos elas são fundamentalmente as seguintes:

- bicos de fenda, distribuição sobre um solo nu ou fracamente recoberto, como é o caso da aplicação de herbicidas ou fungicidas sistémicos;
- bicos de turbulência, cobertura de vegetação desenvolvida, especialmente em viticultura e arboricultura, como, por exemplo, a aplicação de fungicidas e insecticidas, com pulverizadores de jacto transportado e em culturas baixas para aplicação de insecticidas, com pulverizadores de jacto projectado (\*);
- bicos de filetes para a distribuição de adubos líquidos;
- bicos de espelho para a distribuição de adubos líquidos em suspensão.

(\*) Este tipo de bico não é indicado para aplicação de herbicidas pois a pulverização é constituída por uma fracção importante de gotas finas sensíveis ao vento.

Com a verificação dos bicos pretende-se:

- certificar-se se todos os bicos são do mesmo tipo, ângulo e calibre, pois, caso isto não aconteça, é preferível mudar todo o conjunto por forma a não ter bicos novos e usados em funcionamento simultâneo;



- detectar possíveis diferenças de débito.

Para se realizar esta última operação é necessário recolher água, durante um determinado tempo, de cada bico e comparar os volumes obtidos em cada um deles. Caso as diferenças sejam superiores a 10 % tem de se verificar:

- o estado dos bicos, se estão limpos e ou gastos;
- o estado de limpeza dos filtros dos bicos e das rampas;
- o funcionamento do dispositivo anti-gota;
- o estado das mangueiras.

O desgaste dos bicos é tanto mais acentuado quanto:

- o material de que são feitos é mais sensível à abrasão;
- a pressão é mais elevada;
- o poder abrasivo das partículas em suspensão é maior;
- a concentração das partículas na calda é maior.

O desgaste dos bicos para além de aumentarem o seu débito alteram a estrutura dos jactos, ou seja, a sua repartição e dimensão das gotas.

#### **2.1.1.1.6.2- Determinação da velocidade de trabalho**

A velocidade de trabalho deve ser determinada em condições tanto quanto possível semelhantes aquelas em que o tractor vai trabalhar, pois as indicações do fabricante não consideram o eventual desgaste, dimensão e pressão dos pneus, a taxa de carga, o nível de escorregamento, etc..

Assim, para determinar a velocidade real de trabalho ( $v$ ), é necessário:

- calibrar a pressão dos pneus em função da massa do pulverizador cheio de água;
- encher o reservatório do pulverizador até meio da sua capacidade;
- marcar no campo uma distância ( $L$ ), em metros;
- percorrer o trajecto definido, com a relação de transmissão escolhida, e com o regime motor correspondente às 540 rpm da TDF;
- medir o tempo ( $t$ ), em segundos, gasto a percorrer aquela distância.

A fórmula que permite determinar a velocidade, em km / h, é a seguinte:

$$v = 3.6 * L / t$$

Exemplo:

$$L = 100 \text{ m};$$

$$t = 100 \text{ s};$$

$$v \text{ (km / h)} = 3.6 * 100 / 100$$

$$= 3.6 \text{ km / h}$$

A variação da velocidade, com os pulverizadores de débito constante, implica variações do débito em sentido contrário, pelo que é importante a escolha da relação de transmissão que conduza à menor flutuação do regime motor.

#### **2.1.1.1.6.3- Determinação do débito da bomba (Db)**

A determinação do débito da bomba faz-se da seguinte forma:

- enche-se completamente o reservatório do pulverizador;
- desmonta-se a ligação da conduta de retorno à saída da bomba;
- põe-se o tractor a funcionar, por forma a obter-se as 540 rpm da TDF;
- faz-se funcionar a bomba durante alguns minutos (t);
- mede-se o volume de água (q), em litros, necessário para repor o nível inicial.

O débito da bomba (Db), em L / min, é dado pela seguinte fórmula:

$$D_b = q / t$$

O valor assim obtido deve ser sempre superior ao débito real, para que haja retorno de parte da calda para o reservatório, mas não demasiado grande, para não provocar a deterioração das condutas ou mesmo a alteração da substância activa.

O volume do retorno, para que se verifique uma boa homogeneização da calda, deve ser, quando a capacidade do reservatório é inferior a 500 L, de  $\pm 5\%$  do seu volume e de  $\pm 10\%$ , para valores superiores.

#### **2.1.1.1.6.4- Medição do débito real (Dr) do pulverizador e do retorno (Da)**

A medição do débito real e do retorno do pulverizador deve ser realizada com os bicos que se vão utilizar e repetida sempre que se altere a pressão de funcionamento.

Esta operação consiste no seguinte:

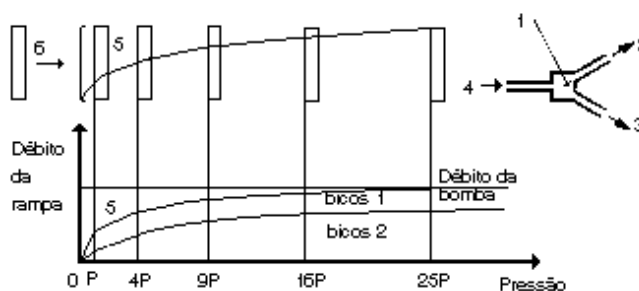
- fazer funcionar o pulverizador e certificar-se de que todos os bicos debitam regularmente e que não há nenhuma fuga nos mesmos;
- regular a pressão, segundo as instruções do fabricante, para se obter o débito por hectare desejado;
- interromper a alimentação das rampas;
- encher completamente o reservatório;
- fazer rodar a bomba a 540 rpm;
- fazer funcionar as rampas durante alguns minutos(t);
- medir o volume de água gasto (q).

A determinação do débito real (Dr) será dado por:

$$D_r = q / t$$

e o de retorno ( $D_a$ ) por:

$$D_a = D_b - D_r$$



**Figura 3.20-** Princípio da regulação de pressão

1- Regulador 2- retorno 3- rampa 4- saídas 5- retorno 6- débito da bomba

Fonte: CEMAGREF (1982)

Para além do débito real do pulverizador é fundamental verificar o débito de cada bico, particularmente importante nas rampas de grande dimensão, para o que se pode utilizar provetas graduadas colocadas sob cada um deles. A comparação do volume destas provetas indicam-nos a uniformidade da distribuição; variações superiores a 10 - 15 %, relativas ao débito dos bicos novos, devem ser corrigidas mediante a sua substituição e não por variação da pressão de funcionamento, pois esta altera as características da pulverização. Volumes superiores aos originais significam geralmente bicos usados e volumes inferiores bicos parcialmente entupidos.

A utilização de um banco de controlo semelhante ao existente na UTAD permite determinar, de uma forma expedita, a distribuição da calda nas rampas de pulverização de culturas baixas; a uniformidade da distribuição depende da distância da rampa ao solo, da inclinação dos bicos, do seu não entupimento, sua orientação, etc..

A caracterização dimensional das gotas nestas rampas, assim como o número de impactos por unidade de área, pode ser efectuada colocando uma faixa de papel hidrosensível, com um comprimento semelhante ao da rampa e fazendo passar o pulverizador sobre ela. O papel hidrosensível é também utilizado para controlar a penetração e repartição da calda no interior da vegetação.

#### 2.1.1.1.6.5- Ajustamento do débito real de pulverização

O ajustamento do débito real de pulverização deve ser feito desde que ele seja inferior ao débito calculado, o que acontece devido às perdas de carga nas condutas. Estas perdas podem ser detectadas comparando as pressões obtidas ao nível do manómetro do distribuidor com as medidas nos bicos.

Assim, para se proceder a este ajustamento é necessário utilizar pressões de funcionamento superiores às indicadas, o que se consegue com:

- a utilização do regulador de pressão, até se obter um débito real igual ao calculado;
- escolher uma nova pressão de funcionamento utilizando ábacos;

- calcular a nova pressão, utilizando a seguinte fórmula:

$$P_2 = P_1 * (D_C / D_r)^2$$

em que:

-  $P_2$  é a nova pressão de funcionamento e  $P_1$  a pressão inicial.

Exemplo:

- débito calculado para obter 500 L / ha, a 3.6 km / h, numa largura de trabalho de 2 m:

$$D_C = 6 \text{ L / min}$$

- bicos escolhidos, para distribuir 500 L / ha, com uma pressão de 2.5 bar;

- pressão no manómetro - 2.5 bar;

- débito real medido - 5 L / min;

- nova pressão de funcionamento:

$$P_2 = 2.5 * (6 * 6) / (5 * 5)$$

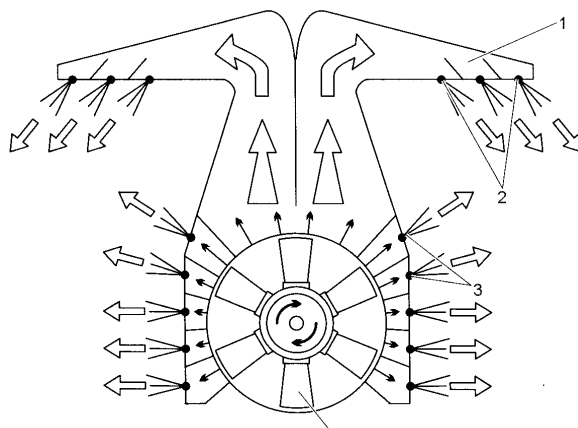
$$P_2 = 3.6 \text{ bar}$$

que será a pressão de funcionamento necessária para se obter o débito desejado. Esta fórmula deve ser utilizada apenas quando as variações de pressão são pequenas, pois não tem em consideração o coeficiente de débito dos bicos.

## 2.2- Pulverizadores por pressão de jacto transportado

Os pulverizadores por pressão de jacto transportado efectuam a pulverização hidráulica da mesma forma que os anteriores sendo, no entanto, o transporte das gotículas assegurado por uma corrente de ar que, quando passa no interior da vegetação, perde velocidade permitindo a sua deposição; as gotículas do interior da corrente de ar têm menos tendência para se evaporarem e esta, ao agitar a massa vegetal, facilita a penetração das gotas para o interior da copa.

As gotículas nestes pulverizadores podem ser menores que as utilizadas em jacto projectado, pois o seu transporte depende fundamentalmente das correntes de ar; o alcance das gotículas nestes pulverizadores é superior ao obtido com jacto projectado, o que permite efectuar tratamentos à distância; Vromandt (1992) considera que o diâmetro destas gotas não devem, no entanto, ser inferiores a 100  $\mu\text{m}$ .



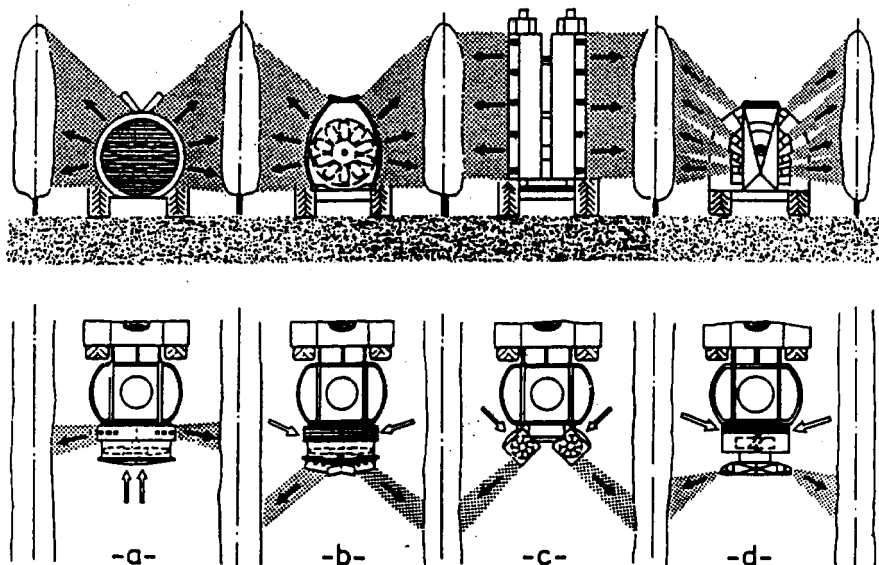
**Figura 3.21-** Pulverizador de pressão de jacto transportado

1- Colector 2- ventilador

Fonte: CEMAGREF (1997)

Os equipamentos mais recentes utilizados em arboricultura apresentam captosres foto-sensíveis colocados lateralmente, que permitem a interrupção da pulverização entre as plantas; estes captosres detectam a variação da luz reflectida entre as zonas com e sem vegetação.

As correntes de ar originadas pelos ventiladores, podem ter as suas trajectórias paralelas, radiais ou tangenciais ao seu eixo de rotação, sendo assim os pulverizadores identificados como de ventilador axial, radial ou tangencial.



**Figura 3.22-** Representação de diferentes tipos de ventiladores

a- Ventilador axial, com entrada de ar posterior b- Ventilador axial, com entrada de ar anterior

c- Ventilador tangencial d- Ventilador radial

Fonte: Achilles, A. (1989)

Os ventiladores axiais (helicoidais), que aspiram e impulsionam o ar axialmente, ou seja, paralelamente ao eixo de rotação, têm um deflector na parte anterior que faz com que a

trajectória de saída do ar seja perpendicular ao eixo; este deflector, que é basicamente um disco, limita a saída do ar segundo um sector de  $\pm 240^\circ$ . Estes ventiladores podem ser de fluxo de ar contínuo ou apresentarem deflectores, designando-se os primeiros por convencionais e, os segundos, de jactos dirigidos.

Os ventiladores radiais (centrífugos) são caracterizados por as palhetas criarem uma corrente de ar radial, perpendicular ao eixo de rotação, e os tangenciais por a corrente de ar ser projectada tangencialmente ao ventilador; os ventiladores na maioria dos pulverizadores podem ser desligados, funcionando estes como de jacto projectado.

A energia da corrente de ar ( $E_a$ ) proveniente do ventilador, em função do débito de calda, é determinada por:

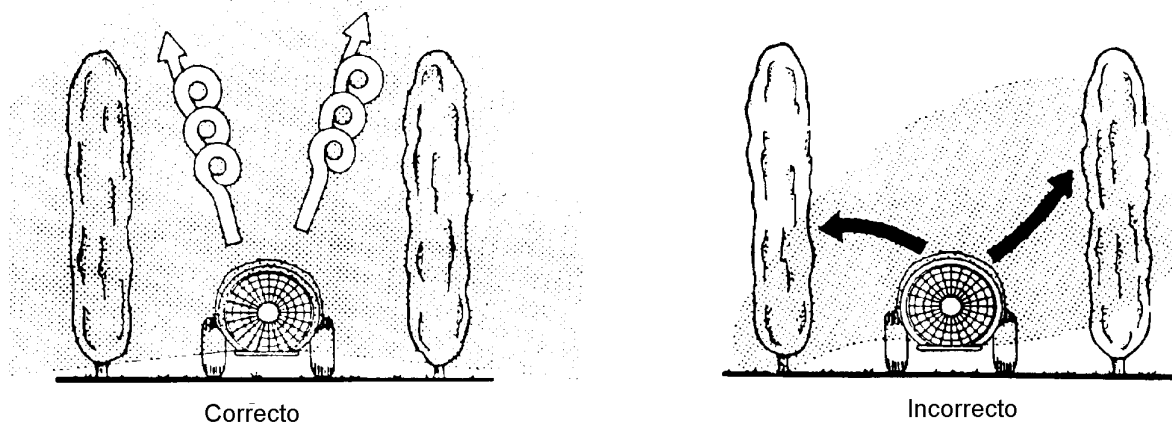
$$E_a = \frac{Q_a * d_a * v_a^2}{60 * q * n}$$

em que:

- $Q_a$  é o caudal de ar, em  $m^3 / h$ ;
- $q$  débito do líquido de um bico, em  $L / min$ ;
- $n$  número de bicos;
- $d_a$  densidade do ar;
- $v_a$  velocidade do ar, em  $m / s$ .

Como se pode observar na equação o caudal de ar e sua velocidade variam proporcionalmente à energia, pelo que, para um mesmo valor desta, quando se aumenta duas vezes a velocidade do ar a sua massa é dividida por 4 (Musillami, 1982)

Para um dado valor de energia, factor importante para o utilizador, pode-se obter um caudal de ar pequeno com grande velocidade (pequena secção de saída do ar), ou um caudal grande mas com baixa velocidade (grande secção de saída do ar); a primeira alternativa é utilizada nos pulverizadores pneumáticos e a segunda, nos pulverizadores por pressão de jacto transportado. Matthews (1979) considera que grandes volumes de ar a baixa velocidade permitem melhorar a penetração das gotículas no interior das copas.



**Figura 3.23-** Esquema de distribuição de ar num pulverizador de jacto transportado com ventilador axial convencional  
Fonte: Moya (1992)

Relativamente à determinação do caudal de ar este é dado por:

$$Q_a = v_a * S_a * 3600$$

em que:

- $Q_a$  é o caudal de ar, em  $m^3 / h$ ;
- $S_a$  é a secção de saída do ar, em  $m^2$ ;

Para determinação da potência de accionamento do ventilador, Planas (1987) propõe a seguinte expressão:

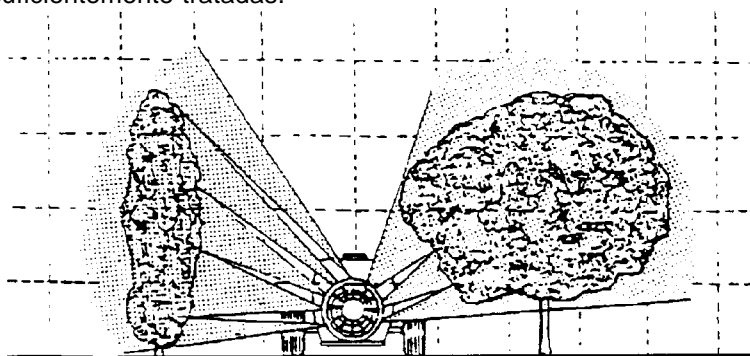
$$N = Q_a * v_a^2 * \frac{\rho_a}{2g}$$

em que:

- $N$  é a potência, em watts;
- $\rho_a$  é a massa volúmica do ar, em  $kg / m^3$  ( $\pm 11.812$ );
- $g$  é a constante da gravidade, em  $m / s^2$  ( $\pm 9.807$ ).

Para regulação dos ventiladores é necessário começar por escolher, caso esteja disponível, a relação de multiplicação que permita uma velocidade óptima de saída que, para a vinha e arboricultura, está geralmente compreendida entre os 5 - 40 m / s; velocidades inferiores não permitem geralmente o transporte correcto das gotas e uma velocidade excessiva, para além de propiciar a deriva, pode provocar danos físicos nas plantas, especialmente nas partes jovens.

Comparando os dois tipos de ventiladores axiais, contínuos e com fluxos de ar dirigidos, Barrufet (1992) conclui que com este último tipo a distribuição, em árvores bastante altas ( 4 - 5 m), é mais uniforme, pois com ventiladores contínuos tanto as partes baixas como as altas são insuficientemente tratadas.



**Figura 3.24-** Representação da distribuição dos cones de pulverização por forma a evitar-se a sua sobreposição.  
Fonte: Moya (1992)

Relativamente à determinação do caudal de ar necessário, este é dado por:

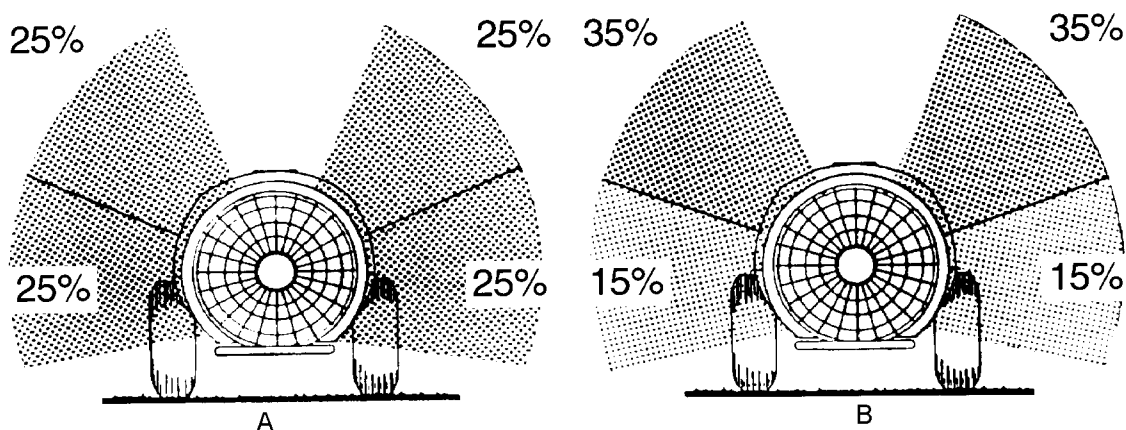
$$Q_a = \frac{1000 * v_a * l * h}{k}$$

em que:

- $Q_a$  é o caudal do ar, em  $m^3 / h$ ;
- $v_a$  a velocidade do ar, em  $km / h$ ;
- $l$  a largura de trabalho, em  $m$ ;
- $h$  a altura da vegetação, em  $m$ ;
- $k$  coeficiente adimensional, função do trajecto do ar no interior da copa.

O valor de  $k$ , para as fruteiras, está compreendido entre 2 e 3, variando o seu valor em função da tendência para a deriva e da uniformidade da distribuição do produto na vegetação (Planas, 1992).

Depois de determinadas as necessidades do ar e, caso seja possível, é necessário regular o regime do ventilador e posição das palhetas, por forma a adaptar o caudal e velocidade, às características volumétricas das plantações. A disposição e orientação dos bicos e condutas ou deflectores de ar, é função do tipo e formação da copa, seu volume, etc., e tem como objectivo último a repartição homogénea da calda em toda a vegetação.



**Figura 3.25-** Representação da distribuição de calda em fruteiras pequenas (A < 3 m) e grandes (B > 3 m).

Fonte: Moya (1992)

As gotículas obtidas por pressão hidráulica, devido ao seu espectro bastante lato, faz com que as gotas maiores, devido à sua elevada energia cinética, tenham tendência a depositarem-se na periferia das copas e as gotas mais pequenas no seu interior.



### 2.3- Pulverizadores pneumáticos

O princípio de funcionamento dos pulverizadores pneumáticos (atomizadores) consiste no choque de um filete de calda com uma corrente de ar de grande velocidade, resultando daí a sua pulverização. Uma velocidade elevada do ar ao nível do cone de Venturi e um débito de calda pequeno, permitem obter gotas mais pequenas e uma maior regularidade do espectro da pulverização.

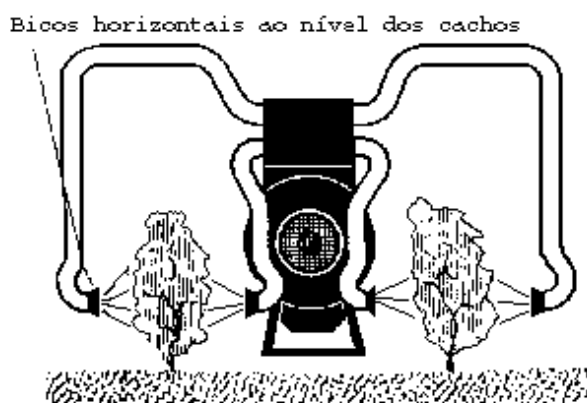
A forma como a calda chega ao cone de Venturi (por pressão da calda ou depressão do ar no início do cone) condiciona também a pulverização, sendo a apresentação em filme ou filetes muito delgados, uniformemente distribuídos, as formas mais favoráveis. As características da calda, nomeadamente a tensão superficial, viscosidade e densidade condicionam também a pulverização.

Considerando o tipo de condutas de saída do ar - calda estes equipamentos podem ser utilizados para tratamentos de proximidade ou à distância, embora a vinha seja a cultura em que este tipo de equipamentos mais se tem utilizado.

O objectivo principal deste tipo de pulverização é obter-se uma pulverização muito intensa, o que permite uma maior superfície de cobertura tendo, no entanto, em consideração que, numa pulverização demasiado fina, as gotículas têm maior dificuldade em se depositar nos objectos, pois são facilmente arrastadas, mesmo pelos fluxos de ar de menor intensidade.

Existem pulverizadores pneumáticos em que a corrente de ar é obtida com um compressor, à semelhança do que se verifica com as pistolas de pintura dos automóveis, e que são utilizados em tratamentos de proximidade.

Não havendo praticamente perdas de carga no circuito da calda é possível obter maior uniformidade do espectro da pulverização e da distribuição, pelo que este tipo de pulverizadores são indicados para tratamentos dos dois lados dos bardos na cultura da vinha.



**Figura 3.26-** Pulverizador pneumático utilizado no tratamento das duas faces dos bardos  
Fonte: BP (1978)

No tratamento dos cachos da vinha, exemplo da podridão, quando se faz incidir dois jactos, um de cada lado, é fundamental que estes não choquem directamente a fim de não se anular a força de penetração dos jactos.

### **2.3.1- Constituição genérica de um pulverizador pneumático**

Os pulverizadores pneumáticos, que têm circuitos independentes para a calda e ar, para além de alguns dos elementos referidos nos pulverizadores hidráulicos, têm um ventilador centrífugo e as condutas do ar.

#### **2.3.1.1- Ventiladores**

O ventilador, do tipo centrífugo, é o elemento que fornece a energia necessária para a pulverização da calda e transporte das gotas; este tipo de ventilador permite obter uma corrente de ar com grande velocidade, fundamental para a pulverização da calda, mas com baixo caudal, pelo que as condutas devem-se orientar para as zonas a tratar e ficarem o mais próximo destas, pois só assim se consegue uma boa penetração na vegetação.

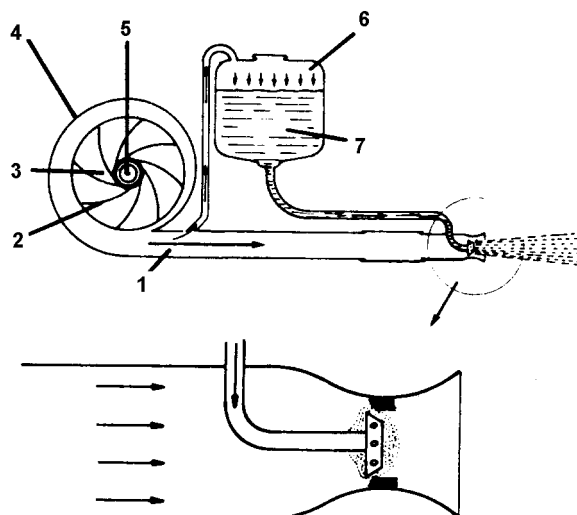
Relativamente à sua constituição, semelhante a uma bomba centrífuga convencional, tem um carter no interior do qual está a turbina cujas palhetas, em número variável, criam uma corrente de ar radial; devido à necessidade de se obter uma velocidade bastante elevada da corrente de ar são montados sistemas multiplicadores de regime na transmissão; estes elementos são, geralmente, tambores de gornes.

O carter apresenta um orifício central, geralmente protegido por uma grelha, por onde se faz a aspiração do ar, e uma ou mais saídas onde se ligam as condutas do ar; este, depois de aspirado, passa entre as palhetas e é projectado para a periferia. Em alguns atomizadores pode aparecer uma conduta para ligação do carter do ventilador ao reservatório da calda por forma a que esta fique sob uma ligeira pressão.

O funcionamento deste tipo de ventilador baseia-se na depressão causada pelo rotor ao nível do seu eixo, o que provoca a entrada de ar pelo orifício de admissão do carter, sendo depois projectado tangencialmente pelas palhetas. A quantidade de energia potencial (pressão) produzida pela velocidade do ventilador depende fundamentalmente da forma e número de palhetas; a inclinação destas para a frente permitem obter pressões elevadas, embora o seu rendimento seja baixo, e a inclinação para trás, conduz a baixas pressões mas elevados rendimentos.

#### **2.3.1.2- Condutas de ar**

As condutas de ar permitem direccionar a corrente produzida pelo ventilador por forma a conduzir as gotículas até ao objecto.



**Figura 3.27-** Representação de um pulverizador pneumático

1- Saída do ar do ventilador 2- palheta 3- ventilador 4- carter 5- orifício de aspiração do ar 6- pressão do ar 7- calda

Fonte: Mussilami (1982)

A disposição das condutas varia muito pois podem estar isoladas ou agrupadas nas formas mais variadas, geralmente em mão, ou mesmo um misto das duas; existindo mais que uma saída de calda ou apresentando-se esta sob a forma de filme, a área de contacto com a corrente de ar aumenta permitindo uma melhor pulverização.

A presença do cone de Venturi, para além de aumentar a velocidade do ar, embora com perdas de carga, permite criar uma turbulência e conseqüente depressão facilitando assim a aspiração da calda; esta não é geralmente suficiente para manter o escoamento pelo que uma parte do ar do ventilador é conduzido para o reservatório por forma a pressionar-se a superfície da calda. Depois de passar a zona estrangulada as condutas de ar retomam a sua secção inicial, para se reduzir ao mínimo as perdas de carga; as condutas de ar de grande dimensão designam-se, genericamente, por canhões.

As condutas de ar são orientáveis e reguláveis em altura podendo, nos equipamentos maiores, proceder-se ao seu ajustamento hidráulico ou mesmo com motores eléctricos, do banco do operador; no tratamento de culturas arbóreas de grande altura com canhões, é necessário estar permanentemente a alterar a direcção do jacto para pulverizar toda a copa.

Na presença de mais que um conjunto de saídas de ar (mãos) é fundamental colocá-las à distância do alvo que permita uma distribuição regular da calda quer em altura quer em profundidade sem, no entanto, a velocidade do ar danificar a cultura. Esta solução é bastante utilizada nas vinhas e fruteiras de pequena altura (< 3 m), devendo a regulação ser efectuada no campo em função da largura das linhas e estado vegetativo das plantas. Com entrelinhas semelhantes às observadas na maioria das vinhas ( $\pm 2$  m), para se obter uma distribuição regular da calda na parede da vegetação, é necessário fazer incidir o jacto para trás, segundo

um ângulo que permite reduzir a velocidade do ar na parede da vegetação; uma velocidade elevada provoca aí a formação de um ecrã que dificulta a penetração das gotículas.

### **2.3.1.3- Regulação dos débitos nos pulverizadores pneumáticos**

Para além dos aspectos comuns relativos aos pulverizadores por pressão a regulação nos pulverizadores pneumáticos, nomeadamente do seu débito, pode ser efectuada de diferentes formas, como, por exemplo, pela utilização de pastilhas calibradas e torneiras que permitem variações contínuas.

### **2.3.1.4- Principais características dos pulverizadores pneumáticos**

As principais características dos pulverizadores pneumáticos prendem-se com o débito da calda e com o débito e velocidade do ar.

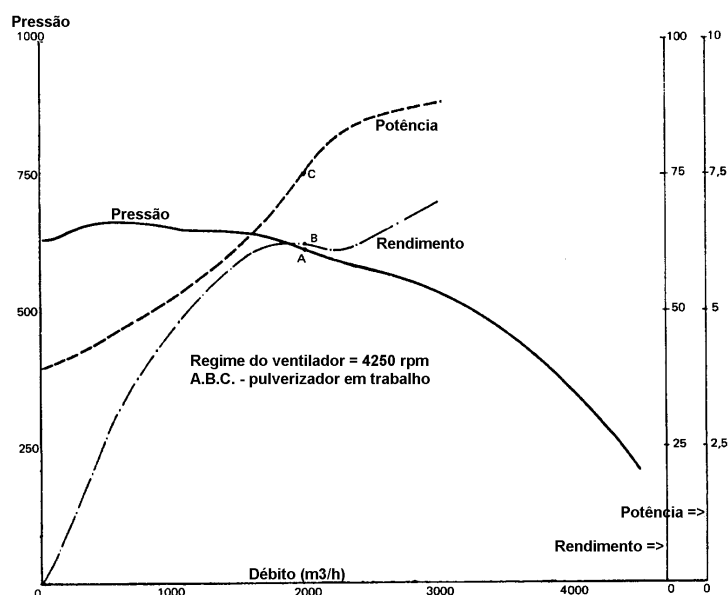
Relativamente ao débito da calda este varia, segundo Mussilami (1982), de 1 a 5 - 6 L / min, sendo os valores mais baixas obtidos nos pulverizadores com apenas uma saída e os mais elevados com várias saídas; nesta situação débitos baixos conduziram a uma grande heterogeneidade na distribuição pelas várias saídas.

O débito e velocidade do ar são função das características do ventilador, ou seja, da sua forma, diâmetro, número e forma das palhetas, etc. e seu regime, e das condutas, nomeadamente, do seu número, forma e dimensão.

Mussilami (1982) refere, para potências de accionamento inferiores a 20 cv, débitos de  $0.3 - 2 \text{ m}^3 / \text{s}$  e velocidades médias de  $50 - 100 \text{ m} / \text{s}$ ; na zona de estrangulamento do bucal a velocidade varia de  $100 - 150 \text{ m} / \text{s}$ .

Considerando as variações da pressão, potência e rendimento de um ventilador centrífugo constata-se que, a partir de um dado débito de ar ( $\text{m}^3 / \text{h}$ ), o primeiro factor diminui rapidamente, função das características e regime do ventilador, e que a potência e rendimento aumentam.

O ventilador deve funcionar na zona correspondente ao início da diminuição da pressão, pois esta ainda é bastante elevada, mas a partir daí a sua diminuição é significativa, fazendo baixar o rendimento do ventilador. Uma diminuição acentuada da pressão implica uma pulverização mais grosseira, o que poderia ser contrariado pelo aumento do regime, mas à custa de um aumento da potência de accionamento; esta é proporcional ao cubo do regime de funcionamento (Mussilami, 1982).



**Figura 3.28-** Curvas características de um ventilador centrífugo  
Fonte: Mussilami (1982)

Comparando os pulverizadores hidráulicos e pneumáticos tem-se:

**Quadro 3.6-** Principais diferenças entre os pulverizadores hidráulicos e pneumáticos

Tipo de pulverizadores	Pulverizadores de jacto projectado	Pulverizadores de jacto transportado	Pulverizadores pneumáticos
Dimensão das gotas ( $\mu\text{m}$ )	150 - 500	150 - 400	50 - 100
Volumes /ha (l / ha)	300 - 1000	100 - 300	50 - 100
Tipo de bomba	êmbolo	êmbolo	centrífuga
Turbina	êmbolo - membrana	êmbolo - membrana	êmbolo - membrana
Volume ( $\text{m}^3 / \text{h}$ )		helicoideal	centrífuga
Velocidade do ar (km / h)		30000	7500
Potência (kW)	2 - 5	200	400
		7 - 25	11 - 30

Fonte: Leppert, B. (1985).

Os dois tipos de pulverizadores apresentados são, sem dúvida, os mais utilizados nas explorações vitícolas e frutícolas, pois apresentam uma tecnologia bem conhecida e conduzem a resultados, quando bem utilizados, satisfatórios; Moya (1992) obteve resultados, em termos de deposição de produto em árvores de fruto, inferiores a 30 % do total aplicado, com pulverizadores de jacto transportado deficientemente utilizados.

Os pulverizadores pneumáticos, devido às características da corrente de ar, grande velocidade mas baixo caudal, são mais indicados para tratamentos de proximidade, pois nas fruteiras é importante ter-se um elevado caudal, a baixa velocidade, para se conseguir um transporte adequado das gotas.

## 2.4- Pulverizadores centrífugos

Os pulverizadores centrífugos têm um ou vários órgãos (bicos) rotativos, que podem ser discos, cones ou cilindros; a forma mais difundida são discos de eixo horizontal, onde a calda é depositada, com uma pequena pressão, espalhando-se segundo um filme muito

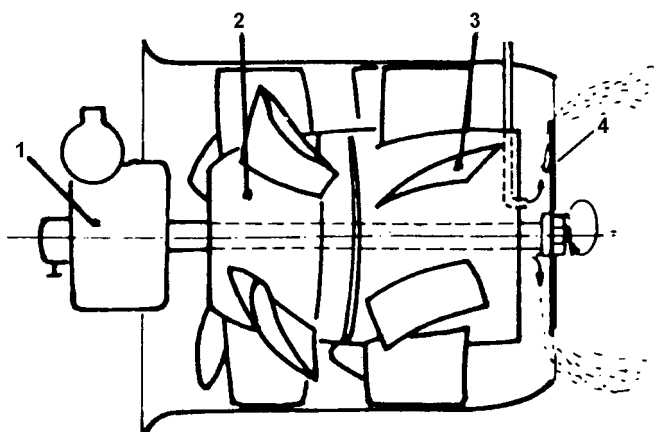
delgado até à periferia onde é pulverizada. Inicialmente os bicos eram colocados na horizontal, mas esta posição tem vindo a ser preterida, devido à tendência que se verifica para a deriva, pelo que têm vindo a ser colocados na vertical.

Nos equipamentos com vários bicos rotativos, exemplo das rampas, o seu accionamento é geralmente efectuado hidráulica ou electricamente, sendo o débito obtido com uma pequena bomba; o ângulo do jacto é de  $\pm 140^\circ$ .

À semelhança dos pulverizadores hidráulicos, neste tipo de equipamento a pulverização também é mecânica, podendo o jacto ser projectado ou transportado; no primeiro caso o transporte é assegurado pela força centrífuga, segundo trajectórias tangenciais aos bicos rotativos, e nos de jacto transportado há um ventilador, que cria uma corrente de ar que assegura o transporte das gotas.

Este tipo de pulverizadores têm como principal vantagem, relativamente aos anteriores, uma maior homogeneidade da dimensão das gotas, que é um factor decisivo para se poder aplicar baixos volumes; a dimensão das gotas é tanto menor quanto maior for o diâmetro do disco e o regime de rotação, e menor o débito da calda e sua tensão superficial.

Considerando a reduzida dimensão das gotas, para se melhorar o poder de penetração e reduzir as perdas para a atmosfera, os bicos rotativos, com o eixo na horizontal, são colocados o mais próximo possível da vegetação a tratar.



**Figura 3.29-** Representação de um pulverizador centrífugo de jacto transportado  
1- Motor 2- Ventilador helicoidal 3- Palheta para alteração da trajectória do ar 4- Disco rotativo  
Fonte: Mussilami (1982).

Para além do sistema representado nesta figura 3.30, o accionamento do bico rotativo de pulverização pode ser efectuado pela corrente de ar do ventilador, para o que deve ter montada uma hélice.

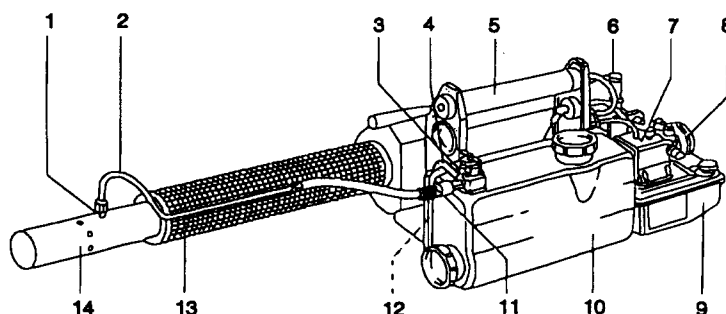


**Figura 3.30-** Representação de um bico rotativo cônico, com hélices, accionado pela corrente de ar do ventilador.

Fonte: Catálogo Agrotécnica

## 2.5- Pulverizadores térmicos

Os pulverizadores térmicos, caracterizados por fragmentar a calda em gotas de dimensões muito reduzidas, podem utilizar, para o fazer, uma corrente de ar aquecida, de baixa velocidade (pulverizadores termopneumáticos), ou gases de escape de um pequeno motor de combustão interna (pulverizadores térmicos). Os pulverizadores termopneumáticos dispõem de uma conduta de ar ligada a um poço de ar, tendo o sistema de calda várias pastilhas intermutáveis para regulação do débito.



**Figura 3.31-** Representação de um pequeno pulverizador termopneumático

1- Zona de pulverização 2- Conduta da calda 3- Torneira da conduta de calda 4- Conduta de pressão 5- Bomba de ar para arranque 6- Inflamador 7- Carburador 8- Válvula de não retorno 9- Reservatório de gasolina 10- Reservatório do produto 11- Bico 12- Caixa das pilhas 13- Tubo de refrigeração 14- Tubo de pulverização

Fonte: Catálogo Motan

O princípio de funcionamento é, assim, semelhante aos dos pulverizadores pneumáticos, mas a temperatura da corrente de ar é a principal responsável pela pulverização.

Atendendo à grande intensidade de pulverização (gotas < 50  $\mu\text{m}$ ), vulgarmente designada por nebulização, é possível obter débitos < 5 L / ha, mas com riscos de deriva muito grandes pelo que volumes semelhantes aos indicados só se aplicam em culturas sob abrigo ou em florestas.

## 2.6- Os pequenos pulverizadores

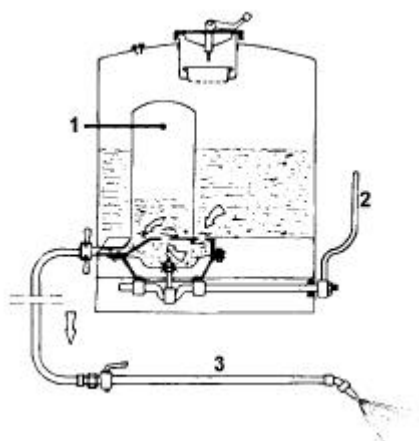
A designação genérica de pequenos pulverizadores inclui os pulverizadores de dorso, manuais e os transportados em carrinhos puxados manualmente que, em termos de funcionamento, são identificados por:

- pulverizadores de pressão de jacto projectado;
- pulverizadores pneumáticos;
- pulverizadores centrífugos.

### 2.6.1- Pulverizadores de pressão de jacto projectado

Os pequenos pulverizadores de pressão de jacto projectado utilizam para pulverização uma bomba contínua, uma bomba de pressão prévia ou uma motobomba.

Os pulverizadores com bomba contínua, de êmbolo ou membrana, têm intercalado entre estas e a conduta de saída da calda, um amortecedor de ar. A bomba é accionada pelo operador que, por intermédio de uma alavanca de pressão, mantém mais ou menos constante o nível da calda no interior do amortecedor de ar, por forma a que o jacto permaneça regular; a pressão obtida nos pulverizadores de pressão contínua varia de 1 a 3 bar, função da cadência de bombagem e do débito.



**Figura 3.32-** Representação de um corte de um pulverizador de pressão contínua com bomba de membrana.

1- Amortecedor de ar 2- alavanca 3- lança

Fonte: Mussilami (1982)

Nos pulverizadores de pressão prévia é introduzido um determinado volume de ar que fica armazenado no reservatório, procedendo-se depois à introdução da calda que permanece sob pressão do ar previamente introduzido; à medida que a calda é pulverizada a pressão na sua superfície vai

diminuindo, fazendo com que o débito baixe e que a pulverização se torne cada vez mais grosseira, pelo que é necessário proceder novamente à introdução de mais calda.

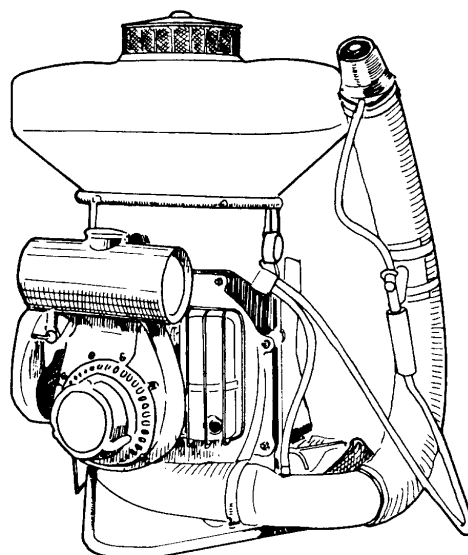
Os pulverizadores de pressão com motobomba, caracterizados pela sua unidade motriz, têm, segundo Mussilami (1982), débitos e pressões inferiores a 10 L / min e 12 bar, respectivamente.

Os pulverizadores de pressão de jacto projectado que são transportados no dorso, têm uma capacidade do reservatório inferior a 20 L, e os montados em carrinhos até 100 L.

### 2.6.2- Pulverizadores pneumáticos

Os pequenos pulverizadores pneumáticos (atomizadores de dorso), que são equipamentos muito utilizados na agricultura portuguesa, nomeadamente na vinha e culturas arbóreas, dispõem de um motor de dois tempos, com 2 - 3 cv e um reservatório de  $\pm$  12 L. Os motores destes pulverizadores funcionam a regimes muito elevados (5000 - 6000 rpm) por forma a obter-se uma elevada velocidade do ar necessária para a pulverização em pequenas gotículas; para além do accionamento do ventilador centrífugo o motor acciona também, em alguns casos, uma bomba centrífuga cujo débito é canalizado para o reservatório para homogeneização da calda.





**Figura 3.33-** Representação de um pulverizador pneumático (atomizador) de dorso.  
Fonte: Mussilami (1982)

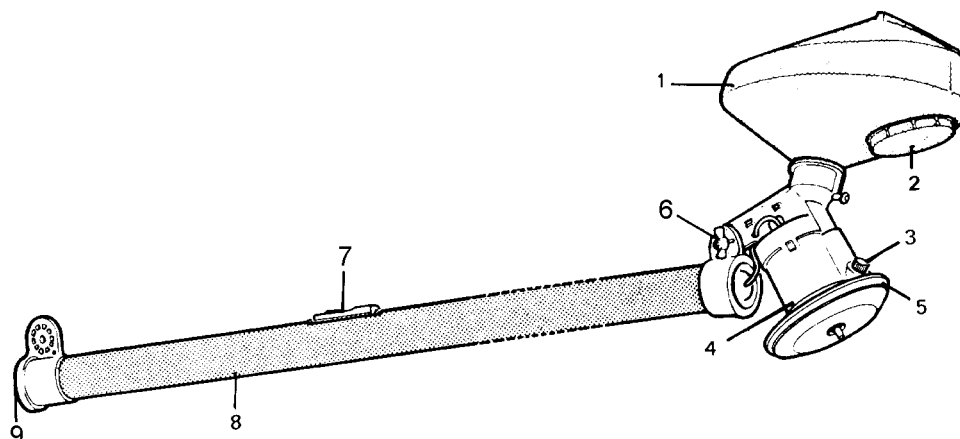
### 2.6.3- Pulverizadores centrífugos

Os pequenos pulverizadores centrífugos apresentam como fonte de energia um motor térmico ou um motor eléctrico alimentado por pilhas.

Os pulverizadores centrífugos manuais, com motor eléctrico, designados por pulverizadores de pilhas, têm tido uma grande divulgação para aplicação de herbicidas, pois utilizam volumes de 30 a 40 L / ha (Manterola, 1990), o que permite reduzir o tempo de aplicação, efectuando-se os tratamentos nas melhores condições, e diminuindo-se 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).

O elemento de pulverização é geralmente um disco, colocado na extremidade de uma lança no interior da qual se colocam as pilhas de 1.5 v, tendo o reservatório, nas versões manuais, uma capacidade muito pequena ( $\pm 1$  L) e, nos transportados em bandoleira, uma capacidade superior (10 – 12 L).

O débito nestes pulverizadores é regulado por doseadores, sendo o regime do disco de  $\pm 2000$  rpm, para aplicação de herbicidas e 6000 - 8000 rpm para os restantes pesticidas.



**Figura 3.34-** Representação de um pulverizador centrífugo manual

1- Reservatório de 1.5 l 2- Bucal para enchimento 3- Doseador 4- Motor eléctrico 5- Disco de pulverização 6- Parafuso para regulação da orientação do disco 7- Interruptor eléctrico 8- Lança 9- Tampa da cana

Fonte: Mussilami (1982)

## 2.7- Principais características dos diferentes tipos de pulverizadores

Considerando o modo como é efectuada a pulverização da calda os pulverizadores apresentados têm as seguintes características principais :

**Quadro 3.7-** Principais características dos pulverizadores

Modo de pulverização	Transporte das gotas	Designação do aparelho	Gerador de energia para pulverização	Posição relativa ao objecto	Utilização principal
<b>Hidráulica</b>					
- pressão do líquido	- energia cinética das gotas	- pulverizador de jacto projectado	- pressão-bomba	- próxima	- culturas baixas
	- corrente de ar	- pulverizador de jacto transportado	- pressão-bomba	- distante	- pomares, vinhas
<b>Mecânica</b>					
- centrífuga	- energia cinética das gotas	- pulverizador centrífugo de jacto projectado	- rotação dos cos	dis- próxima	- materiais terrestres
	- corrente de ar	- pulverizador centrífugo de jacto transportado	- rotação dos cos	dis- próxima	- aeronaves
				- distante	- vinha
					- pomares
<b>Pneumática</b>					
- corrente de ar	- corrente de ar	- pulverizador pneumático (clássico)	- ventilador centrífugo	- próxima	- vinha
- expansão de ar sob pressão	- energia cinética das gotas	- pulverizador pneumático de jacto projectado	- compressor de ar	- distante	- pomares
				- próxima	- culturas baixas, sob abrigo
<b>Térmica</b>					
	- corrente de ar com baixa velocidade	- pulverizador térmico	- motor de explosão	- difusão atmosfera	na- culturas sob abrigo e desinfectões

Fonte: Mussilami (1982)

Relativamente à escolha de uma das categorias apresentadas, excepto os térmicos devido ao seu reduzido interesse, o primeiro aspecto a considerar é a capacidade da reservatório, pois a partir de determinado volume é necessário passar dos pulverizadores montados para os semi - montados ou automotrizes.

No que respeita à forma como se faz a pulverização, função principalmente do volume / ha desejado, para culturas extensivas, tem-se:

**Quadro 3.8-** Tipo de pulverização e volumes / ha obtidos

Volume / ha		Tipo de pulverização			
Tipo	L / ha	Pressão da calda		Centrífuga	Pneumática
		Clássica	Assistida por ar		
Ultra baixo volume (ULV)	< 5			Não há para culturas extensivas	
Muito baixo volume (VLV)	5 - 50			20 - 50 L / ha	30 - 50 L / ha
Baixo volume (LV)	51 - 100	- risco de entupimento - risco de deriva	- risco de entupimento	pulverizadores específicos	volume aconselhado
Volume reduzido	101 - 200	volume aconselhado	volume aconselhado		
Volume médio (MV)	201 - 500	volume aconselhado	volume aconselhado		
Alto volume (HV)	> 500	volume aconselhado	volume aconselhado		

Fonte: Boisgontier (1990)

Relativamente à escolha do tipo de bicos, que condicionam a repartição da calda, deve ter-se em consideração as condições da sua utilização, ou seja, o tipo de pulverização, sua aptidão e sensibilidade.

**Quadro 3.9-** Indicações para utilização dos diferentes tipos de bicos

	Bicos de fenda 110° Distância 0.5 m	Bicos de fenda 80° Distância 0.5 m	Bicos de turbulência Distância 0.5 m	Bicos de espelho Distância 1 - 3 m	Bicos para aplicação de adubos	Bicos rotativos verticais Distância 0.5 m
<b>Tipo de pulverização</b>						
Solo nu	Sim	Sim	Não	Possível	Possível	Sim
Herbicida de pós - emergência	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Fungicidas	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Possível
Insecticidas						
Adubos líquidos em solo nu	Sim	Sim	Não	Possível	Não	Não
Adubos líquidos sobre vegetação	Não	Não	Não	Não	Sim	Não
Adubos líquidos em suspensão	Não	Não	Não	Sim	Não	Não
Herbicidas localizados	Sim	Sim	Não	Possível	Não	Não
<b>Aptidão</b>						
Penetração na vegetação	Forte	Forte	Forte	Fraca	Fraca	Média
<b>Sensibilidade</b>						
Ao vento	Média	Média	Forte	Média	Fraca	Forte
À altura da rampa	Fraca	Média	Forte	Fraca	Média	Média
Ao entupimento	Forte	Forte	Média	Fraca	Fraca	Fraca

Fonte: Boisgontier (1990)

Para além das indicações apresentadas, fundamentais para uma escolha racional do tipo de pulverizador, é necessário um conhecimento minucioso do mesmo e, na maioria dos casos, fazer pequenas adaptações, em função do tipo de cultura. É tecnicamente incorrecto, na maioria das situações, utilizar os equipamentos tal como são adquiridos pois, por exemplo, os

pomares apresentam variações importantes relativas ao tamanho das árvores, sua condução, densidade de vegetação, etc., o que pressupõe um determinado número de ajustamentos.

### **3- A utilização e manutenção dos pulverizadores**

A utilização e manutenção dos pulverizadores, assim como de todos os equipamentos, deve ter como objectivo obter a maior eficiência dos mesmos, prolongar a sua vida útil e reduzir os encargos com reparações.

Relativamente aos pulverizadores é fundamental ter em consideração alguns aspectos, nomeadamente a protecção dos pontos de água, o modo de emprego dos produtos e a protecção da fauna selvagem.

No que respeita ao primeiro ponto, para se evitar contaminações do meio envolvente, é necessário gastar o resto da calda, depois de diluída, na cultura que se esteve a tratar ou noutra definida para o efeito. O modo de emprego dos produtos pode ser consultado quer nas próprias embalagens quer em fichas de segurança, pelo que o utilizador deve seguir estas instruções. Para protecção da fauna e insectos aconselha-se o início dos tratamentos do centro para as bordaduras por forma a permitir a sua fuga.

Relativamente aos pulverizadores, para além de evitar fazer funcionar as bombas em seco, é necessário considerar os seguintes tipos de operações de manutenção:

- cuidados diários;
- cuidados quando da mudança de produto.
- cuidados a observar no fim de cada campanha

#### **3.1- Cuidados diários gerais**

Dos principais cuidados diários destacam-se os seguintes:

- não deixar a calda no reservatório, pois alguns produtos acabam por se deteriorar ou, sem agitação, depositam-se acabando por obstruir filtros e bicos;
- lavar o circuito com água limpa, para o que se aconselha encher o reservatório até 20 % da sua capacidade e fazer funcionar o pulverizador;
- fazer uma inspecção geral para detectar possíveis fugas ou quaisquer outros estragos;
- lubrificar todas as peças móveis.

Em relação aos bicos, para fazer a sua manutenção sem os danificar, é necessário introduzi-los num solvente e só depois limpá-los com uma escova não muito dura e de seguida utilizar uma corrente de ar. Não se devem utilizar arames para não danificar os orifícios, nem soprar pois existem produtos corrosivos, irritantes ou tóxicos para a pele.

A substituição das pastilhas deve ser feita desde que o débito seja 10 % superior ao obtido em novo ou, pelo menos, uma vez em cada dois anos. Para comparar os débitos

aconselha-se a compra de mais uma pastilha, para além das necessárias ao funcionamento do pulverizador.

### **3.2- Cuidados quando da mudança de produto**

Quando se muda de substância activa aconselha-se:

- encher o reservatório até 20 % da sua capacidade e misturar uma solução detergente;
- fazer funcionar o pulverizador durante alguns minutos antes de despejar a solução;
- proceder como anteriormente mas apenas com água e limpar os filtros.

### **3.3- Cuidados a observar no fim de cada campanha**

Antes de guardar o pulverizador num local abrigado deve-se:

- lavar cuidadosamente todo o pulverizador, incluindo os filtros, como foi mencionado anteriormente;
- escoar completamente o circuito do líquido sem, no entanto, funcionar com a bomba sem água;
- distender todas as correias de transmissão;
- descomprimir as molas do regulador de pressão;
- tirar o ar do amortecedor de ar;
- lubrificar as partes metálicas moveis;
- tirar o óleo do cárter da bomba e encher com o produto indicado pelo construtor;
- verificar o estado de funcionamento do manómetro;
- limpar o exterior do pulverizador;
- proteger todas as partes que se encontrem sem tinta, utilizando produtos de protecção próprios.

Caso haja necessidade de reparar ou substituir as redes dos filtros é necessário ter em consideração a sua malha, a qual depende da sua localização e débito dos bicos.

## **4- Normas de segurança relativas aos pulverizadores**

As normas de segurança, relativas à utilização dos produtos fitossanitários, dizem respeito às seguintes fases:

- armazenamento do produto;
- preparação das caldas;
- execução dos tratamentos;
- situações pós - tratamento.

### **4.1- Armazenamento do produto**

Os produtos devem ser armazenados em locais com boa ventilação, protegidos contra incêndios e fechados à chave e conservados nas respectivas embalagens e com as etiquetas.

#### **4.2- Preparação da calda**

Quando da preparação da calda deve-se:

- utilizar recipientes próprios para este efeito;
- lavar as mãos após cada manipulação de um produto pelo que é de todo o interesse dispor, para esse efeito, de recipientes com água limpa, quer no próprio pulverizador ou na zona de preparação das caldas.

#### **4.3- Execução dos tratamentos**

Quando da execução dos tratamentos o operador deve:

- estar equipado com um facto impermeável, pois a pele é facilmente atravessada por certas substâncias químicas; estes equipamentos de protecção devem ser devidamente lavados no fim de cada dia de trabalho;
- evitar o contacto directo com o produto em suspensão no ar; o uso de um tractor com cabina torna-se muito vantajoso para estas situações.

#### **4.4- Situações pós - tratamento**

Após os tratamentos aconselha-se:

- fazer a lavagem do pulverizador longe de pontos de água; enterrar os restos da calda e tapá-los com terra;
- enterrar ou incinerar as embalagens vazias;
- lavar-se e lavar todas as roupas utilizadas na pulverização.

### **5- Técnicas de pulverização dos pesticidas**

Considerando os tipos de pulverizadores apresentados constata-se que a pulverização da calda pode ser efectuada mediante diferentes técnicas, das quais se destacam a pulverização por pressão (jacto projectado e jacto transportado) e a pneumática, designadas genericamente por técnicas de pulverização tradicionais, e a centrífuga e electrostática, designadas por técnicas de aplicação controlada (**CDA**). O aparecimento destas últimas deveu-se principalmente aos volumes relativamente elevados aplicados pelos duas primeiras, especialmente a pulverização por pressão que, embora apresentem uma boa eficiência biológica, conduzem a uma grande contaminação do meio e têm um baixo rendimento em trabalho.

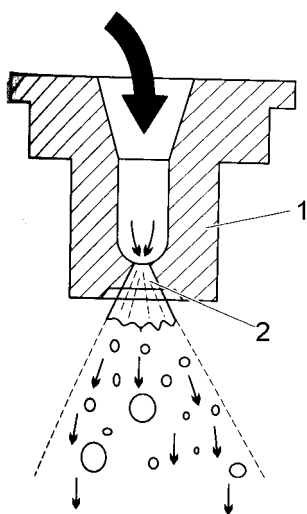
#### **5.1- Técnicas de pulverização tradicionais**

A pulverização tradicional 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. Estes métodos são considerados como tradicionais porque se encontram associados a pulverizações relativamente grosseiras e espectros latos, e utilizam bicos hidráulicos que debitam altos e médios volumes, ou bicos pneumáticos que aplicam médios volumes (Johnstone, 1978).

Estas técnicas têm como principais objectivos obter gotas com diâmetros que permitam um controlo eficaz das pragas e/ou doenças conduzindo ao mínimo de perdas para o meio, por forma a permitir uma maior deposição nos objectos a tratar e, conseqüentemente, utilização de doses mais baixas. Estes objectivos são extremamente importantes pois a quantidade de calda que é 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.

### 5.1.1- Pulverização por pressão do líquido

Esta técnica consiste em conferir ao líquido uma dada pressão e fazê-lo passar por um bico hidráulico, 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.



**Figura 3.35-** Fragmentação de um líquido por pressão

1- Bico 2- jacto

Fonte: CEMAGREF (1997)

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 também para a pulverização.

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. A pulverização resulta da desintegração dos jactos em gotas de diferentes tamanhos, e é condicionada igualmente 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 / min) depende da pressão (p), em bar, ou seja:

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

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 desta 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. Para aumentar o débito duas vezes é necessário aumentar em quatro a pressão, pelo que 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:

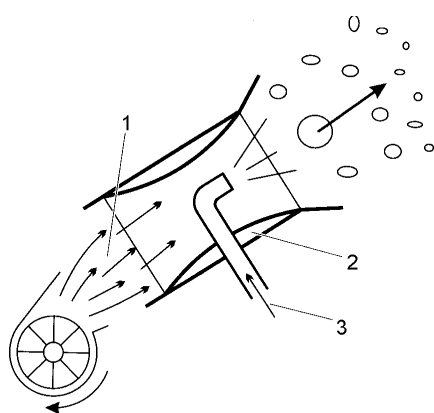
- da maior ou menor perfeição com que os orifícios das pastilhas são feitos;
- das características dimensionais e geométricas dos bicos, que são muito importantes nas câmaras de turbulência e nos canais em forma de hélice, dos repartidores dos jactos cónicos.

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 o mais perfeito possível das mesmas.

Em conclusão, para obtenção de um mesmo grau de pulverização, deve-se actuar quer no diâmetro das pastilhas quer na pressão de funcionamento. Assim, por exemplo, utilizando bicos de 1 mm a 5 bar tem-se uma pulverização semelhante à obtida com bicos de 1,8 mm a 30 bar, embora, neste ultimo caso, o débito seja 7 a 8 vezes superior (Musillami, 1982).

### 5.1.2- Pulverização pneumática

A pulverização pneumática obtém-se pelo choque da calda, que se escoia por gravidade ou sujeita a uma pressão baixa através de um bico pneumático, com uma corrente de ar que se desloca a uma velocidade muito elevada, 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.



**Figura 3.36-** Fragmentação de um líquido pelo choque de uma corrente de ar  
1- Corrente de ar 2- venturi 3- chegada da calda  
Fonte: CEMAGREF (1997)

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; este tipo de pulverização é mais indicado para tratamentos de proximidade, nomeadamente na vinha e pequenas fruteiras.

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 depende fundamentalmente 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 / 15 000 e que a velocidade deste seja superior a 120 m / s; 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, mas se nos reportarmos à energia despendida por hectare, esta situação pode inverter-se, desde que as reduções no volume de calda aplicada por pulverização pneumática compense o diferencial de energia envolvida (Musillami, 1982).

Considerando os volumes a aplicar por hectare pelos métodos tradicionais, tem-se:

**Quadro 3.10-** Volume de calda, em L / ha, 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

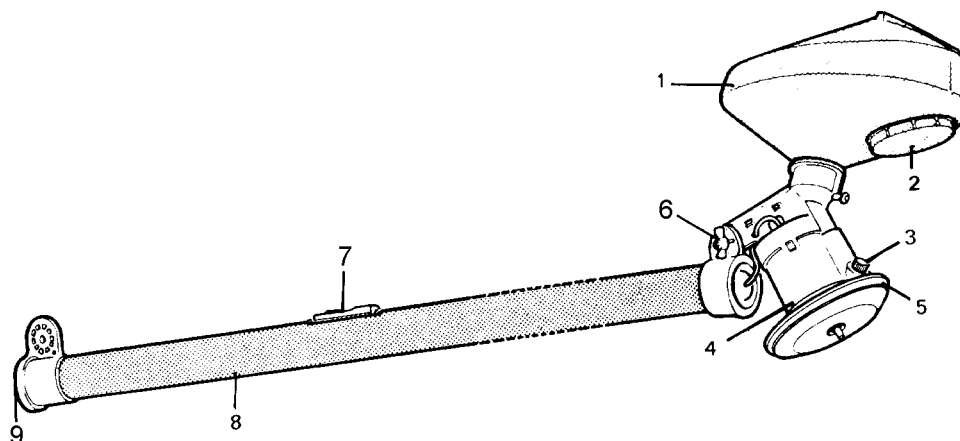
Fonte: Vagny (1984)

controlo e homogeneidade das gotas.

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 contornar os inconvenientes mencionados, mas também reduzir o choque entre as gotas, pois a sua trajectória faz-se directamente para o objecto.

## 5.2- Pulverização centrífuga e pulverização electrostática

A pulverização centrífuga, juntamente com a electrostática, são consideradas como técnicas de aplicação controlada das gotas (CDA), pois permitem um melhor



**Figura 3.37-** Representação de um pulverizador centrífugo manual

1- Reservatório de 1.5 l 2- Bocal para enchimento 3- Doseador 4- Motor eléctrico 5- Disco de pulverização 6- Parafuso para regulação da orientação do disco 7- Interruptor eléctrico 8- Lança 9- Tampa da cana

Fonte: Mussilami (1982)

A utilização de cones ou cilindros permite aumentar o débitos por unidade de superfície, o que nestes equipamentos é 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) considera que o coeficiente de uniformidade para as populações de gotas resultantes da pulverização centrífuga é de  $\pm 1.3$ , o que corresponde a um coeficiente 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.

Relativamente às culturas arbustivas e arbóreas 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.

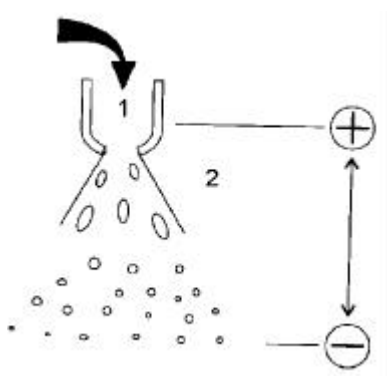
A eventual utilização da pulverização centrífuga em regiões com elevada temperatura tem de ser efectuada com muito cuidado pois as gotículas, devido à sua reduzida dimensão,

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.

Relativamente à pulverização electrostática esta consiste na aplicação de cargas eléctricas, positivas ou negativas, em gotículas cuja fragmentação foi obtida por pressão, pneumática ou centrífuga e que, devido a terem o mesmo sinal, repelem-se e dispersam-se. Estas cargas induzem à formação de cargas de sinal contrário nas plantas, electricamente neutras, que estando ligadas à terra, funcionam como condutoras, atraindo - 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 há coalescência das gotas (Miller, 1986).

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



**Figura 3.38-** Fragmentação electrodinâmica de um líquido

1- Entrada da calda 2- Diferença de potencial

Fonte: CEMAGREF (1997)

Ensaio referidos 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 destas. Assim, e como forma de minimizar estes problemas, têm-se efectuado estudos que permitem 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 mais pequenas pois devido à sua reduzida 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).

Do exposto conclui-se que a aplicação de cargas eléctricas às gotículas ainda apresenta alguns problemas mas, considerando a crescente importância que se tem dado à redução dos volumes, pode ser uma técnica muito promissora; Griffites *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 g / ha

As técnicas de aplicação controlada das gotas permitem a pulverização a ultra-baixo volume (ULV), 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.

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, geralmente, 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 à 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.

### **5.3- 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 volumes elevados geralmente utilizados, tem contribuído para o desenvolvimento das técnicas CDA, que permitem reduções importantes daqueles 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 por escorrimento e deriva, desde que se utilizem correntes de ar, pois os espectros são mais homogêneos; em termos de eficiência biológica, considera-se que não existem diferenças significativas relativamente às aplicações tradicionais, 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. Em estudos semelhantes efectuados por Barrufet (1992) em fruteiras, chegou-se às mesmas conclusões, pois o topo e partes inferiores das árvores apresentaram taxas de deposição muito inferiores à zona média.

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 com maiores perdas de calda, tendo as técnicas de aplicação controlada sido 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 concluir que os altos volumes são mais eficientes no tratamento das culturas, uma vez que aumentando os volumes de 50 para 600 L / ha, se reduz 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-se afirmar que a técnica de aplicação controlada apresenta vantagens no que respeita à dimensão, número de gotas e sua retenção nas plantas, reduzindo-se assim a deriva e escorrimento mas, 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;
- dificuldade em combinar os diferentes discos numa rampa, por forma a ter-se uma distribuição uniforme;
- maior susceptibilidade ao vento, especialmente com os discos colocados horizontalmente;
- maior amplitude do movimento das rampas devido ao seu maior peso.

A utilização da técnica de aplicação controlada não tem 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 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 sido, devido à cada vez maior sensibilidade ecológica das pessoas, tem sido objecto de grande interesse, verificando-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 obtida pela redução do número de bicos ou pela utilização de jactos intermitentes; a primeira forma de redução pode conduzir a uma distribuição heterogénea da calda.

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 é considerada, por alguns autores, como menos eficiente na contenção das pragas e doenças, especialmente nas culturas com grande densidade de vegetação; a redução do volume pode conduzir ao aumento da s., pois os escorrimentos são menores.

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 3.39-** 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)

Relativamente à definição e volumes aplicados por hectare, que é função principalmente das técnicas de pulverização, para os diferentes tipos de culturas, considera-se:

**Quadro 3.11-** Designação e definição da quantidade de calda a aplicar, em L / ha, 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)

## 6- Técnicas de transporte das gotas até ao objecto

Após a fragmentação 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. Em conformidade com o tipo de fragmentação das gotas o transporte é efectuado por projecção (projecção por pressão do líquido ou projecção centrífuga), por uma corrente de ar transportadora ou gases de escape, ou electrodinamicamente, variando a tensão entre 5000 - 45000 v.

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, que dificultam a obtenção de uma distribuição uniforme.

O estudo do transporte das gotas só recentemente tem sido efectuado com 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 m / s a velocidade de uma gota de 250  $\mu\text{m}$ , proveniente de um bico de fenda à pressão de 3 bar 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 m / s, o que, segundo Gohlich (1979), reduz a velocidade das gotas.

Relativamente aos meios utilizados para transporte das gotas os métodos tradicionais utilizam:

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

### **6.1- 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); o transporte das gotas nos pulverizadores centrífugos não assistidos é efectuado também com a energia cinética conferida às gotas pelos bicos rotativos.

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 aumentando 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.

### **6.2- Transporte de gotas por jacto transportado**

Esta forma de transporte das gotas é utilizada pelos pulverizadores de jacto transportado, pneumáticos e centrífugos, 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,

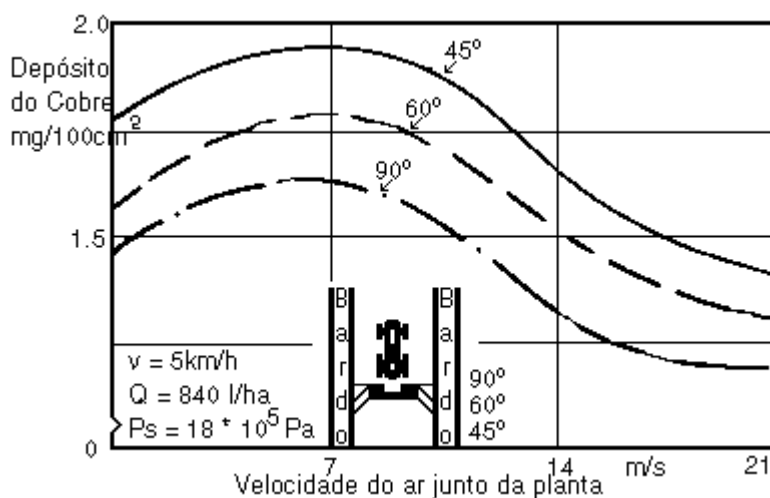


pois estão em contacto com as gotas da periferia do fluido, o que permite que o seu diâmetro seja bastante pequeno.

Para as culturas altas as correntes de ar utilizadas para transporte das gotas, que podem ser contínuas ou direccionadas, com palhetas ou condutas, são geradas por diferentes tipos de ventiladores, pelo que apresentam características distintas; os sistemas de ar direccionados são os que permitem maiores reduções da deriva das gotas e transportá-las até mais longe.

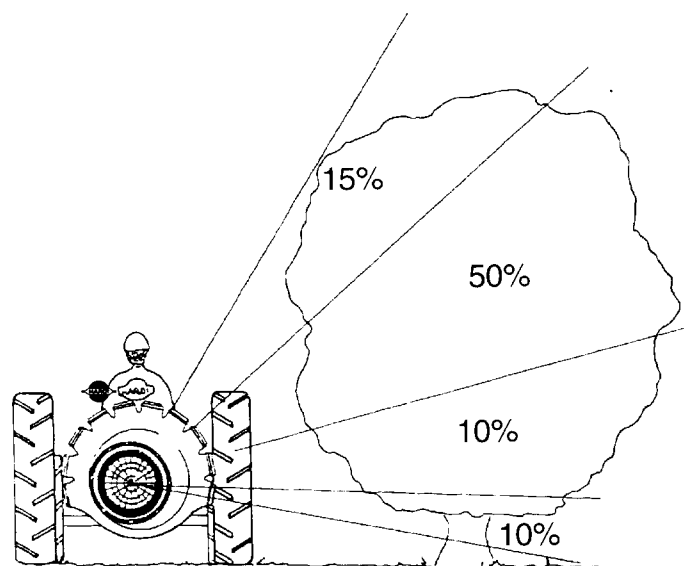
Os fluxos de ar direccionados, que contrariamente aos contínuos, permitem uma desigual distribuição da velocidade e volume do ar e, portanto, uma melhor incidência dos fluxos nas plantas. Gohlich (1984) considera que as velocidades terminais do ar direccionado que permitem maior deposição de calda nas videiras, medida nas duas páginas das folhas, se situa entre os 6 - 8 m / s, sendo a deposição superior quando se fazem incidir os jactos segundo ângulos de 45°; os jactos opostos que incidam numa mesma planta não devem chocar por forma a não anular a corrente de ar.

Se os fluxos de ar forem direccionados perpendicularmente à parede da vegetação tendem a empurrar as folhas umas contra as outras, formando como que um "ecran", o que impede a penetração do ar (calda) para o interior da planta. Se a corrente incidir obliquamente a tendência é para as folhas serem pulverizadas nas duas faces e a corrente de ar penetrar profundamente no sistema foliar.



**Figura 3.40-** Influência da velocidade do fluxo de ar direccionados e do ângulo de incidência na deposição de cobre na cultura da vinha  
Fonte: Gohlich (1984).

Para as culturas arbóreas a repartição da quantidade do produto deve ser determinada em função das características e formação da copa, pelo que, para que a distribuição seja o mais regular possível, é fundamental que a corrente de ar, carregada de gotículas, substitua todo o ar existente na copa.



**Figura 3.41-** Representação de distribuição de calda numa árvore.  
Fonte: Moya (1992)

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, para a pulverização pneumática (pulverização e transporte) e centrífuga. A utilização destas correntes permitem reduzir a deriva das gotas, aumentar a sua penetração e deposição, diminuir a influência das condições atmosféricas e os volumes de calda a aplicar por unidade de superfície.

No transporte por jacto transportado, 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.

Assim, para uma dada energia, 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 o transporte das gotas nos dois processos apresentados pode-se afirmar 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.

Resumindo-se as diferentes formas de transporte das gotas em função do tipo de pulverização tem-se:

Princípio de pulverização	Energia de transporte das gotas	Aplicações principais	Observações
Jacto projectado (pressão do líquido)	Energia cinética própria	Pulverizadores com rampa para culturas baixas	A velocidade inicial e a energia cinética depende da pressão e do débito de cada bico.
Jacto projectado (força centrífuga)	Energia cinética própria	Pulverizadores com rampas ou portáteis para aplicar baixos volumes / ha	A velocidade das gotas depende da velocidade de rotação do disco. Também pode depender da pressão e do débito.
Jacto transportado (pressão do líquido)	Velocidade inicial e corrente de ar transportadora	Pulverizadores para arboricultura e viticultura. Certos equipamentos têm rampas	A velocidade das gotas depende da pressão do líquido e da velocidade do ar transportador
Jacto transportado (pneumático)	Corrente de ar transportadora	Pulverizadores para arboricultura e viticultura. Certos equipamentos têm rampas	A velocidade das gotas depende da velocidade da corrente de ar transportadora
Jacto transportado (centrífugo)	Força centrífuga e corrente de ar transportadora	Difusores com hélices e bicos rotativos	A velocidade das gotas depende da velocidade do difusor e da corrente de ar transportadora
Jacto transportado (térmico)	Corrente transportado de ar quente	Tratamentos em estufas e florestas	A velocidade das gotas depende da velocidade de ar da corrente transportadora
Jacto transportado (electrostático)	Energia cinética e diferença de potencial	Tratamentos com muito baixos volumes / ha	O diâmetro das gotas depende da pressão e velocidade
Jacto transportado (electrodinâmico)	Diferença de potencial	Tratamentos com muito baixos volumes / ha	A velocidade depende da diferença potencial

Fonte: CEMAGREF (1997)

#### **Capítulo IV- Caracterização dimensional das gotas**

A eficiência biológica do tratamento depende do espectro da pulverização cuja análise pode ser efectuada que pode ser efectuada durante o transporte das gotas ou depois de depositadas. O espectro da pulverização, depois da deposição das gotículas no objecto, é função do número de impactos por unidade de área e sua uniformidade de distribuição.

A análise do espectro tem como objectivos:

- identificar o método de pulverização para os diferentes pesticidas, que permita um controlo das pragas e/ou doenças e que limite as possibilidades de deriva e contaminação;
- estabelecer modelos teóricos das trajectórias das gotas e teorias de predição relativamente ao seu transporte e deposição nos objectos.

Os parâmetros utilizados no estudo do espectro podem ser determinados, para as gotas depositadas nos objectos, através de sistemas de análise de imagem e, durante o transporte, com sistemas de raios laser. Para se proceder a esta caracterização é necessário conhecer quer os diâmetros das gotas quer a tendência da sua distribuição, o que implica que se efectuem medições de diferentes amostras representativas da população.

Uma apreciação subjectiva de uma população de gotas pode ser efectuada colocando na horizontal os bicos e analisando o alcance das gotículas; as mais pequenas depositam-se rapidamente enquanto que as maiores distâncias são atingidas à medida que o seu diâmetro aumenta.

Relativamente aos parâmetros utilizados na sua caracterização, estes são definidos por duas escolas, a francesa e a anglo-saxónica, que se passam a apresentar.

#### **1- Principais parâmetros utilizados pela escola francesa para caracterização de uma população de gotas.**

A escola francesa considera os seguintes parâmetros para caracterização da dimensão média das gotas de uma população:

- diâmetro aritmético médio;
- diâmetro da superfície médio;
- diâmetro volumétrico médio;
- diâmetro volume/superfície médio.

### 1.1- Diâmetro aritmético médio

O diâmetro aritmético médio ( $d_a$ ) é o diâmetro correspondente ao valor que se obtém calculando a média aritmética dos diâmetros de diferentes classes de gotas, ou seja:

$$d_a = \sum_{i=1}^h \frac{N_i \cdot d_i}{N_g}$$

em que:

$N_i$ - número de gotas da classe  $i$ ;

$d_i$ - diâmetro aritmético médio da classe  $i$ ;

$N_g$ - número total de gotas.

$h$ - número de classes

Este diâmetro corresponde ao valor obtido pelo somatório dos diâmetros das gotas dividido pelo seu número; esta característica, para espectros muito heterogêneos, como os das pulverizações agrícolas, tem um interesse reduzido pois o seu valor é geralmente pequeno, devido ao grande número de gotículas de reduzidas dimensões

### 1.2- Diâmetro de superfície médio

O diâmetro de superfície médio ( $d_s$ ) de uma população é o equivalente ao diâmetro que se obteria numa população de igual número de gotas e em que a área de deposição destas fossem todas iguais; este diâmetro corresponde ao valor obtido pelo quociente da área ocupada por todas as gotas pelo seu número.

A equação que permite obter o seu valor é a seguinte:

$$d_s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot d_i^2)}{N_g}}$$

### 1.3- Diâmetro volumétrico médio

O diâmetro volumétrico médio ( $d_v$ ) de uma população de gotas é o diâmetro equivalente ao que se obteria com uma população que tivesse o mesmo número de gotas e em que estas fossem todas iguais; corresponde ao diâmetro da gota cujo volume é a média aritmética dos volumes de todas as gotas da população.

O valor deste diâmetro é superior ao aritmético e de superfície, pois uma alteração significativa do seu volume é obtido com pequenas alterações do seu diâmetro, que conduzem a diferenças acentuadas da área das gotas.

Este diâmetro caracteriza o grau de divisão da calda, pelo que permite saber qual o número de gotas produzidas com um dado volume, ou seja, a densidade de impactos numa dada área.

A equação que permite a sua determinação é a seguinte:

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot v_i)}{N_g}} \quad \text{ou} \quad d_v = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^h (N_i \cdot d_i^3)}{N_g}}$$

A determinação do número de gotas ( $N_g$ ), através do conhecimento do diâmetro volumétrico médio, resultantes da pulverização de um dado volume, por exemplo 1 litro ( $10^{15} \mu\text{m}^3$ ), é dada por:

$$N_g = \frac{1.91 \cdot 10^{15}}{d_v^3};$$

em que uma gota de diâmetro  $d_v$  tem um volume de  $1/6 \cdot \pi \cdot d_v^3$ , ou seja,  $\pm 1/1,91 \cdot d_v^3$ ;  $1\text{L} = 10^{15} \mu\text{m}^3$ .

A fórmula anterior permite conhecer a densidade de impactos teóricos numa dada área, a qual é inversamente proporcional ao cubo do diâmetro das gotas. Caso nos reportemos ao  $\text{cm}^2$ , tem-se:

$$N_g/\text{cm}^2 = \frac{1.91 \cdot 10^7 \cdot Q}{d_v^3}$$

em que Q é a quantidade de calda aplicada, em  $\text{L} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Esta fórmula dá o número de impactos obtidos numa superfície plana, pelo que é necessário introduzir um factor de correcção pois, a superfície das folhas é superior àquela; considerando o índice de área foliar (IAF) para a vinha como 5 (Musillami, 1982), tem-se:

$$N_g/\text{cm}^2 = \frac{1.91 \cdot 10^7 \cdot Q}{d_v^3 \cdot \text{IAF}}$$

A determinação da superfície coberta pelas gotas ( $S_g$ ), a partir da fórmula anterior, é dada por:

$$S_g/\text{cm}^2 = \frac{0.149 \cdot Q \cdot d_v^2}{\text{IAF} \cdot d_v^3}$$

Atendendo a que o diâmetro do impacto da gota ( $d_d$ ) é sempre superior ao seu diâmetro ( $d_g$ ), diferença que depende fundamentalmente da tensão superficial do líquido e grau de higroscopicidade das folhas, é necessário considerar o coeficiente de espalhamento E (spread factor), dado pela relação entre o diâmetro da gota, antes e depois de atingir o objecto, ou seja:

$$E = \frac{d_g}{d_d}$$

o que faz com que a equação anterior seja alterada para:

$$S_g/\text{cm}^{-2} = \frac{0.149 * Q * d_v^2}{E^2 * IAF * d_v^3}$$

Este coeficiente, considerando o diâmetro das gotas normalmente encontrado nas pulverizações (5 a 1200  $\mu\text{m}$ ), que corresponde a uma dinâmica dimensional de 240 vezes, faz com que o impacto tenha valores de 6,4 a 3000  $\mu\text{m}$  (Miralle, 1987).

#### 1.4- Diâmetro médio volume/superfície ou diâmetro Sautter

O diâmetro médio volume/superfície ( $d_{v/s}$ ), utilizado inicialmente no estudo da pulverização dos combustíveis líquidos, onde a superfície de contacto com o ar é muito importante, só mais tarde foi considerado na caracterização da pulverização dos pesticidas, pois permite calcular a superfície da gota sujeita à evaporação, quer durante o seu transporte quer depois de depositada.

O seu valor é o equivalente ao diâmetro de uma população de gotas todas iguais, obtidas a partir de um volume igual ao da população a caracterizar, e com a mesma superfície global. É superior ao diâmetro anterior, pois trata-se do equivalente a uma área, quantificando o seu número o grau de cobertura da pulverização relativo a um dado volume, ou seja a % da superfície coberta.

A fórmula que permite obter o seu valor é dada por:

$$d_{v/s} = \frac{\sum_{i=1}^h (N_i * d_i^3)}{\sum_{i=1}^h (N_i * d_i^2)}$$

Musillami (1982) considera a seguinte expressão baseada no diâmetro de superfície médio e volume/superfície para determinar a homogeneidade do espectro da população:

$$H(\%) = 100 * \frac{\sum (N_i * d_i^2)^2}{\sum (N_i * d_i) * \sum (N_i * d_i^3)}$$

Segundo este autor, a homogeneidade varia de 65 a 85%, conforme se trate de uma pulverização grosseira ou fina, sendo o seu valor sempre inferior ou igual a 1.

## 2- Principais parâmetros utilizados pelo escola anglo-saxónica para caracterização de uma população de gotas

A escola anglo-saxónica caracteriza a população das gotas considerando diferentes diâmetros medianos, ou seja os diâmetros que permitem dividir uma população em duas partes iguais; os diâmetros mais utilizados são o numérico e volumétrico.

### 2.1- Diâmetro numérico mediano

O diâmetro numérico mediano (DNM ou  $d_{n50}$ ) de uma população de gotas é o diâmetro que permite dividir o número de gotas em dois lotes iguais, ou seja, 50% do número total de gotas tem um diâmetro superior àquele valor e 50% inferior.

Relativamente à distribuição cumulativa considera-se que a percentagem acumulada é dada por:

$$P_i = \sum_{i=1}^h (N_i / N_g) * 100;$$

em que:

$P_i$  - percentagem acumulada;

$N_i$ - número de gotas da classe  $i$ ;

$N_g$ - número total de gotas (  $N_g = \sum N_i$  )

$h$ - número de classes consideradas

sendo o diagrama de frequências representado por uma linha recta; o valor do DNM depende principalmente das gotas mais pequenas.

### 2.2- Diâmetro volumétrico mediano

O diâmetro volumétrico mediano (DVM ou  $D_{v50}$ ) divide uma população em duas partes com o mesmo volume; o seu valor depende, fundamentalmente, das gotas grandes, pois estas apresentam um aumento de volume muito superior à variação do diâmetro. Quando existe uma percentagem elevada de gotas grandes o DVM não dá ideia do espectro da população, pois o volume ocupado pelas gotas pequenas é muito reduzido, embora o seu número seja muito grande.

Relativamente à sua representação cumulativa tem-se:

$$P_i = \frac{\sum_{i=1}^i (N_i * V_i)}{\sum_{i=1}^h (N_i * V_i)} * 100 \quad \text{ou} \quad P_i = \frac{\sum_{i=1}^i (N_i * d_i^3)}{\sum_{i=1}^h (N_i * d_i^3)} * 100$$

Para uma análise mais precisa da variação dimensional das gotas utiliza-se também o diâmetro volumétrico inferior ( $D_{v10}$ ) e o diâmetro volumétrico superior ( $D_{v90}$ ), que representam o diâmetro das gotas que permite obter, respectivamente, 10 e 90 % do volume total.

Considerando este parâmetro, Mathews (1979) divide as gotas de acordo com os valores apresentados no quadro 4.1.



**Quadro 4.1-** Classificação das gotas em função do DVM, expresso em  $\mu\text{m}$ .

<50	aerossóis
51 - 100	gotas muito finas
101 - 200	gotas finas
201 - 400	gotas médias
> 400	gotas grandes

Fonte: Mathews (1979).

Comparando os valores dos diâmetros medianos o DVM é superior ao DNM, pois um pequeno número de gotas grandes contribui muito para aumentar o DVM, não alterando praticamente o segundo; o aumento do número de gotas pequenas tem um efeito contrário, ou seja, não altera sensivelmente o DVM embora altere significativamente o DNM.

Assim, a relação entre o DVM e o DNM, cujos valores dependem principalmente das gotas grandes e pequenas, indica a variação do espectro, sendo este tanto mais homogêneo quanto mais esta relação se aproximar da unidade.

Considerando os diâmetros medianos, o coeficiente de homogeneidade é dado por:

$$CH = VMD / NMD$$

Para os diferentes tipos de bicos têm-se os seguintes coeficientes:

**Quadro 4.2-** Coeficientes de homogeneidade para os diferentes tipos de bicos.

Tipo de bico	Coeficiente de homogeneidade CH = VMD / NMD
Bico de espelho	5 - 10
Bico de fenda	2 - 7
Bico de turbulência	2 - 4
Distribuição de adubos	2.5
Bico centrífugo	1.2 - 1.6
Pulverização electodinâmica	1.08 - 1.30

Fonte: CEMAGREF (1997)

### 3- Parâmetros definidos nas normas ASAE, para caracterização de uma população de gotas

Segundo as normas ASAE S327.1 as características dimensionais das gotas são definidas em função dos valores médios, da seguinte forma:

- $D_{10}$  diâmetro aritmético médio;
- $D_{20}$  diâmetro da superfície médio;
- $D_{30}$  diâmetro volumétrico médio;
- $D_{32}$  diâmetro volume/superfície médio;
- $D_{43}$  diâmetro sobre-volume médio;

em que os índices dos diâmetros representam os valores de p e q da seguinte fórmula:

$$D(p-q) = \frac{\sum D_i^p}{\sum D_i^q}$$

o que permite, por exemplo, determinar o diâmetro aritmético médio da seguinte forma:

$$D_{10} = \frac{\sum D_i}{n}$$

Relativamente aos valores medianos as mesmas normas consideram:

- $D_{V.5}$  = diâmetro volumétrico mediano;
- $D_{A.5}$  = diâmetro da área mediano;
- $D_{L.5}$  = diâmetro geométrico mediano;
- $D_{N.5}$  = diâmetro numérico mediano.

Para além destes diâmetros medianos as normas ASAE consideram ainda os  $D_{V10}$  e  $D_{V90}$  que correspondem ao valor que permite obter 10 e 90 % do volume total das gotas.

#### **4- Parâmetros mais utilizados pelas duas escolas para caracterização de uma população de gotas**

Dos parâmetros apresentados a escola francesa considera o diâmetro aritmético médio ( $d_a$ ) e o diâmetro de Sauter ( $d_{v/s}$ ) e a inglesa o diâmetro numérico mediano (DNM) e o diâmetro volumétrico mediano (DVM), para caracterizarem as fracções constituídas pelas gotas pequenas e grandes, respectivamente. A caracterização destes grupos é fundamental para qualquer uma das escolas, quer pela influência que têm na análise estatística das populações, quer pelas consequências práticas que daí resultam. Assim, por exemplo, para a escola francesa não considerar as gotas pequenas implica que o diâmetro aritmético médio aumente de 31 a 48 % e, para a inglesa, que o diâmetro numérico mediano aumente de 50 a 82 % (Miralle,1987).

Relativamente à uniformidade das populações ela é tanto mais homogénea quanto mais os coeficientes se aproximam da unidade.

Comparando os valores do diâmetro volumétrico mediano com os parâmetros equivalentes da escola francesa tem-se:

$$DVM = 1,15 d_{v/s} \text{ e } DVM = 1,5 d_v$$

#### **5- Determinação das características dimensionais das gotas**

A determinação da dimensão das gotas pode ser feita utilizando várias técnicas, desde as mais antigas, que incluem os microscópios de bolso com um retículo, até às mais modernas, que utilizam a fotografia de alta velocidade, a holografia, a pesquisa (scanning) automática das amostras por análise de imagem e os raios laser.

O primeiro método, que é utilizado no campo, permite apenas dividir as gotas em aerossóis, gotas muito finas, finas, médias ou grosseiras enquanto as técnicas mais recentes, além de fornecerem grande quantidade de dados em intervalos de tempo muito curtos, fazem a

análise estatística dos mesmos, nomeadamente a dimensão das gotas e sua distribuição em diferentes classes (histogramas).

Actualmente o método mais utilizados pela escola francesa é a análise de imagem, que equipa o CEMAGREF- Centre Nacional du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, e os raios laser pela escola anglo-saxónica que equipam o AFRC- Agricultural Food Research Council; este sistema, embora óptico, não é considerado como de análise de imagem visto não se obter qualquer imagem das gotas.

### **5.1- Sistemas de medição por análise de imagem**

Os sistemas de análise de imagem mais desenvolvidos, apoiados em meios informáticos e inicialmente desenvolvidos para aplicação em teledetecção e medicina, são semelhantes aos sistemas informáticos clássicos, ou seja, são basicamente constituídos por um processador central, que gere as informações de diferentes módulos e por uma unidade de tratamento de imagem. Esta consta de uma memória de imagem e de uma memória processadora, sendo a primeira reconfigurável por forma a analisar imagens de dimensão diferente (Miralles, 1987).

Este método consiste na determinação do número de gotas de diferentes classes, que são seleccionadas pelo operador, na dimensão dos impactos, que são as marcas da exposição transitória das gotas num suporte, e do estudo dos depósitos dos produtos deixados pela evaporação do líquido.

#### **5.1.1- Suportes para estudo das gotas**

Os ensaios para determinação da dimensão das gotas, utilizando sistemas de análise de imagem, podem ser feitos no campo ou em laboratório sendo, no primeiro caso, as folhas e o papel hidrosensível os suportes mais utilizados; este último pode ser utilizado directamente ou depois de fotografado.

Quando as folhas são utilizadas como suporte, os valores medidos são bastante heterogéneos, o que torna necessário a utilização de técnicas de coloração, nomeadamente a mistura com quelatos de ferro e sódio fluorescente. Nestas situações para um estudo estatístico das diferenças de diâmetro é necessário utilizar amostras com uma dimensão importante, pelo que são necessárias várias observações, por forma a percorrer-se toda a área. Esta metodologia, devido ao tempo necessário, torna indispensável a utilização de suportes fotosensíveis, especialmente quando os produtos utilizados são voláteis.

Considerando que a utilização das folhas implica um contraste entre a coloração da calda e a planta o papel hidrosensível torna-se mais prático para determinar a distribuição das gotas na copa das plantas.

Em laboratório os suportes mais utilizados são as lâminas de vidro cobertas com óxido de magnésio, as placas de Petri com duas camadas líquidas, o papel hidro ou óleo-sensível e as lâminas de vidro com silicone; segundo a Norma 68-055-82 quando da pulverização destes suportes não se devem utilizar velocidades de deslocamento dos bicos superiores a  $3 \text{ m.s}^{-1}$  (Miralles, 1987).

Relativamente às lâminas de vidro cobertas com óxido de magnésio permitem analisar os depósitos das gotas, especialmente os de diâmetro compreendido entre 20 e 200  $\mu\text{m}$  pois, quando do seu impacto, formam pequenas crateras.

As placas de Petri, em que as duas camadas líquidas têm massa volúmica e viscosidade diferentes e não são miscíveis com o produto do tratamento, por forma a que as gotas permaneçam entre aquelas, não se alterando assim a sua forma e não se evaporando; estas gotas são normalmente coloridas para melhorar o seu contraste relativamente ao meio.

O papel hidro ou óleo-sensível tem uma cor amarela ou cinzenta, reagindo instantaneamente ao impacto das gotas, tornando-se preto ou azul.

As lâminas de vidro são impregnadas de uma fina camada de silicone, onde se depositam as gotas sob a forma de calotes esféricas. Esta técnica permite obter fotografias das lâminas, sendo depois os negativos utilizados para as determinações, para se evitarem os erros cometidos pela evaporação das gotas; este inconveniente verifica-se também quando o suporte são as folhas.

A evaporação das gotas é diferente conforme os suportes utilizados, o que pode conduzir a uma subavaliação da sua dimensão, pelo que se aconselha a realização dos ensaios de laboratório em atmosfera saturada ou utilizando fotografias.

#### **5.1.2- A medição das gotas utilizando folhas de papel hidrosensível**

A medição do diâmetro das gotas depende, especialmente para as de menor dimensão, da precisão de resolução dos equipamentos utilizados, assim como da dinâmica dimensional das gotas, ou seja, da variação da dimensão entre as mais pequenas e as maiores.

A metodologia que temos vindo a seguir nos vários estudos efectuados consiste na medição da taxa de cobertura das folhas de papel hidrosensível através do seu “scanner”, sendo as imagens obtidas tratadas com um programa de análise de imagem que calcula a percentagem de área coberta, o número de objectos (gotas), a sua área e o eixo maior e menor; conhecendo a área coberta e a área das gotas calcula-se o número de gotas por unidade de superfície.

Para o papel hidro-sensível (CIBA-GEIGY), o inverso do coeficientes de espalhamento para a água varia, entre 0,67 para as gotas mais finas e 0,4 para as maiores, o que faz com que o diâmetro dos impactos varie de 7,5 a 3000  $\mu\text{m}$ , o que corresponde a uma dinâmica dimensional de 400 vezes (Miralle, 1987).

#### **5.2- Sistemas de medição baseados em raios laser**

Estes sistemas, inicialmente desenvolvidos para determinação da pulverização do gasóleo e estudo das nuvens, foram adaptados para a pulverização agrícola, sendo hoje possível utilizá-los para medir a dimensão, velocidade, densidade e trajectória das gotas.

O princípio de funcionamento consiste na utilização de um feixe de raios, que depois de passar por um conjunto de lentes, se convertem num feixe de raios paralelos de luz

monocromática (raios laser), com um diâmetro de cerca de 10 mm. Estes feixes, ao cruzarem as partículas a medir, são difractados segundo vários ângulos, dependente do diâmetro das gotículas formando, num conjunto de foto-diodos receptores, anéis concêntricos, alternadamente brilhantes e escuros. Os maiores ângulos de difracção correspondem às partículas de menor dimensão, mas a cada uma delas corresponde apenas um único ângulo e intensidade de luz, o que permite determinar a velocidade das gotas (Sevilla, 1986).

Estes equipamentos possibilitam também, mediante a variação da distância focal, variar o ângulo dos raios difractados podendo-se, assim, analisar com mais rigor as gotas com dimensões semelhantes. Segundo Riádigos (1988) a intensidade da energia luminosa recebida nos foto-diodos pode ser integrada pelo método dos mínimos quadrados não lineares, o que permite determinar a distribuição do tamanho que melhor se ajusta a cada feixe de difracção.

Durante a análise dimensional das partículas estas encontram-se em movimento permanente pelo que a determinação da sua dimensão é feita em todos os planos, sendo o resultado a média das áreas determinadas em diferentes orientações.

A metodologia utilizada na determinação do espectro dimensional consiste na amostragem de diferentes zonas do jacto, pois em cada local deste as gotas não têm as mesmas características dimensionais. Para um jacto de leque as gotas da periferia têm um diâmetro bastante grande quando comparadas com as do interior, mas semelhante entre si.

Para o mesmo tipo de jacto, pode-se considerar a amostra de uma população como os valores obtidos com a colocação dos bicos em frente dos raios laser por forma a que estes interceptem o jacto segundo o seu maior eixo. Os valores obtidos com este método não são directamente transpostos para as condições reais, pois as folhas são sujeitas a um volume de calda proveniente de mais de um bico e não a um segmento de nuvem, mas o conhecimento da distribuição da massa das gotas permite saber, de uma forma aproximada, a uniformidade da deposição na planta.

A utilização destes equipamentos, quando comparados com os de análise de imagem, têm algumas vantagens, nomeadamente a rapidez na execução, quantidade e tipo de dados medidos e permitem fazer as medições durante o trajecto das gotas. Esta última vantagem evita o espalhamento resultante do impacto contra o objecto e a redução da dimensão das gotículas durante o seu transporte (Gohlich, 1985). Estes equipamentos podem também ser utilizados para determinação da área dos impactos desde que se faça incidir o feixe de raios laser nessa superfície.

A caracterização dimensional das gotas é fundamental, mas insuficiente, se não se conhecer o desempenho do equipamento no campo, nomeadamente no transporte das gotas e os fenómenos da deposição destas.

## **6- Dimensão das gotas vs sua deposição nos objectos**

O transporte das gotas mais pequenas tem como principal limitação a dificuldade em se atingir os objectos, pois são facilmente arrastadas pelo vento; as suas trajectórias são

semelhante às das correntes de ar, movendo-se à volta dos obstáculos, sendo apenas filtradas pelas protuberâncias de menor dimensão.

Como principal vantagem têm o facto de serem atraídas pelas culturas depositando-se em maior quantidade na página inferior das folhas e penetrarem mais para o interior das plantas; este efeito é mais pronunciado quando se utilizam pulverizadores de jacto transportado, sendo a sua observação, especialmente das gotas mais pequenas, apenas possível mediante a utilização de técnicas especiais, nomeadamente quando o suporte recebe uma camada de negro de fumo ou de magnésio.

Atendendo a que as gotas de menor dimensão são as que têm maior interesse em termos da eficiência dos tratamentos, a deposição por impacto é especialmente importante pelo que todos os factores que incrementem a retenção das gotas nos objectos, devem ser considerados. Entre estes factores destaca-se a tensão superficial dos pesticidas, o diâmetro e velocidade das gotas e o seu ângulo de contacto com o objecto.

Considera-se que as gotas mais pequenas permitem uma cobertura mais uniforme dos objectos, embora tenham menos possibilidades de serem interceptadas pois, a sua menor energia cinética, não lhes permite penetrar na zona de fronteira daqueles; quanto maior for a velocidade mais dificilmente as gotas são deflectidas.

As gotas grandes têm como principal inconveniente a falta de aderência nos objectos, o que origina escorrimentos para a parte inferior das plantas e/ou solo, com as consequentes perdas de calda, problemas de toxicidade e baixa taxa de cobertura dos objectos. A utilização de equipamento que permita uma maior homogeneidade do diâmetro das gotículas, por forma a reduzir o seu número, permite resolver parcialmente este problema.

O ricochete das gotas maiores depende principalmente da sua energia cinética e da molhabilidade do objecto pois, para aquele se dar, é necessário que a gota tenha energia suficiente para se espalhar sobre a área que ocuparia em condições de equilíbrio estático e, ainda, para a sua contracção. Caso não haja energia suficiente para a gota ser reflectida, a energia residual dissipa-se através da sua viscosidade; as gotas de diâmetro inferiores a 150  $\mu\text{m}$  não têm, geralmente, energia suficiente para ultrapassar a coesão das moléculas da superfície gota – objecto e as forças de viscosidade, pelo que este fenómeno não ocorre.

Comparando a dimensão das gotas com a penetração na copa das plantas, ensaios realizados por Gohlich (1985) indicam, especialmente nas culturas em que é importante atingir a página inferior das plantas, que as gotas com DVM inferior a 100  $\mu\text{m}$  depositam-se em maior quantidade nessa página. Ensaios realizados pelo mesmo autor, em cereais, indicaram que as gotas de maior dimensão depositam-se preferencialmente na parte superior das plantas, e que essa deposição é mais acentuada quando se utilizam sistemas de transporte por correntes de ar.

A energia das gotas, a molhabilidade da superfície do objecto, a forma deste e o vento, influenciam a deposição das gotas pois, para as plantas em que a exposição vertical é superior à horizontal, como é o caso da vinha, a deposição dá-se fundamentalmente por impacto e interceptação, pelo que é desejável que as gotas sejam pequenas. Para os aerossóis é

necessário que as correntes de ar dos ventiladores tenham grande velocidade e que a deposição se faça por impacto.

Para além dos aspectos que relacionam a intensidade da pulverização com a deposição das gotas, é fundamental que estas estejam bem distribuídas no objecto pois a obtenção de gotas individualizadas permite aumentar a taxa de cobertura deste. Este aspecto é especialmente importante quando se utilizam pesticidas de contacto, pois conhecendo-se a zona de acção das gotas, é possível estimar qual o volume a aplicar; não é possível conhecer exactamente este volume pois as gotas têm dimensões diferentes e apenas uma parte é depositada na cultura.

A obtenção de gotas de diferente dimensão implica que o volume a aplicar seja aumentado, o que não significa uma melhor taxa de cobertura ao nível da planta, pois as gotas de maior dimensão podem depositar-se apenas nas zonas mais expostas da planta.

A taxa de cobertura do objecto, como o atestam os ensaios efectuados por Gohlich (1979), será maior com gotas de 150  $\mu\text{m}$  de DVM, utilizando 32  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , do que com gotas de 350  $\mu\text{m}$  obtidas com 320  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; estes ensaios permitiram também concluir que inicialmente as gotas mais pequenas têm maior concentração de pesticida mas, passados alguns dias, os seus depósitos são praticamente iguais.

Em resumo, pode-se dizer que, para além da pulverização, o transporte e deposição das gotas, as condições meteorológicas, a acção biológica dos pesticidas, a distribuição da calda, são aspectos a serem considerados quando da aplicação dos pesticidas. A complexidade resultante de todos estes processos tem levado à elaboração de modelos matemáticos e simulações em computador, estabelecendo-se teorias de predição que têm dado bons resultados no tratamento das florestas e em cereais.

**Quadro 4.3-** Principais critérios a seguir para execução dos tratamentos e factores físicos e tecnológicos envolvidos.

Critérios de realização de tratamentos		Factores físicos		Factores tecnológicos
Tipo do objecto	→	Trajecória das gotas e o comportamento do impacto	→	Tipo do bico
		Quantidade de calda aplicada		Dimensão do bico
Taxa de cobertura (%)	→	Espectro das gotículas	→	Distância à cultura a tratar
Dimensão das gotas e seu espalhamento	→	Factor de espalhamento	→	Pressão da calda
		Concentração da calda		Velocidade da calda
Quantidade de s.a. por unidade de área	→		→	Inclinação dos bicos e direcção do ar
				Velocidade dos fluxos de ar
				Condições climáticas
				Características físicas da calda
				Concentração da calda e sua estabilidade no reservatório

Fonte: Gohlich, H. (1979).



## Bibliografia

- American Society of Agricultural Engineers (1984). Guide for preparing field sprayer calibration procedures. ASAE EP **367.1**:272-273. St. Joseph. ASAE.
- American Society of Agricultural Engineers (1984). Terminology and definitions for agricultural chemical applications. ASAE S **327.1**: 224-225. St. Joseph. ASAE.
- Barrufet, J.M. (1992). Utilization del systema de analisis de imagen optomax V en el estudio experimental de boquillas de pulverizacion. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **88**: 223-232
- Barthélémy, P. (1984). Comment limiter la derive. Perspectives Agricoles **194**: 79-87
- Barthélémy, P. (1996). La bonne dose, bien reparti. Perspectives Agricoles **209**: 30-31
- Bernat, C.; Gil, E. (1994). La aplicación de tratamientos fitosanitarios. Vida Rural **2**: 63-66
- Boisgontier, D. (1990). Pulverisation et choix du pulverisateur. Perspectives Agricoles **147**: 88-97
- BP Agriculture (1978). Précautions d' emploi des produits antiparasitaires. B.P. **124**: 1-24
- Briosa, F. (1989). Glossário ilustrado de mecanização agrícola. Lisboa. Fotogravura União.
- CEMAGREF (1982). Livre du Maitre. Les Matériels de Protecion des Cultures. 3 ème Édition. 4 ème Partie. Antony. CEMAGREF.
- CEMAGREF (1988). Les matériel pour la protection des cultures. B.T.M.E.A., **28**: 46-52.
- CEMAGREF (1989). Les matériels pour la protection des cultures. B.T.M.E.A., **39**: 31-38.
- CEMAGREF (1989). Materiel de protection des cultures. B. T. M. E. A., **36**: 22-33.
- CEMAGREF (1997). Les materiels de fertilisation et traitement des cultures. CEMAGREF.
- Chansiaux, M. (1985). A volumes reduits - hautes technicités. Vitetchnique **86**: 30-31
- Combella, J.H.; Richardson, R.G. (1984). Effect of changing droplet trajectory on collection efficiency. BCPC Monogram **28**: 227-233.
- Comino, J.A.; Gilles, D.K. (1990). Droplet size and spray pattern characteristics of an electronic flow controller for spray nozzles. Journal of Agricultural Engineering Research, **47**: 249-267
- Cooke, B.K.; Herrington, P.J.; Jones, K.G.; Western, N.M.; Woodley, S.E.; Chapple, A.C.; Hislop, E.C. (1978). A comparison of alternative spray techniques in cereals. Bristol. University of Bristol. 298 - 309

- Correia, *et al* (1986). Controlo de pragas e doenças na videira através do sistema de avisos. Vida Rural nº 233. EPJNC.
- Dempsey, C.R.; Combellack, J.H.; Richardson, R.G. (1985). The effect of nozzle type and 2,4-D concentration on spray collection by wheat and weeds. BCPC Monogram **28**: 235-240
- 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
- Godwin, R. (1984). Mechanical methods of chemical application. Silsoe. Silsoe College
- 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.
- Jacquet, O. (1991). Dernières évolutions en matière de matériels viticoles. Progrès Agricoles et Viticole **2**:39-43
- Jahn, B.; Bode, L. (1985). Use of laser imaging system for agricultural spray analysis. American Society of Agricultural Engineers, Paper **1504**: 1-16
- Johnstone, D.R. (1978). Statistical description of spray drop size for controlled drop application. Symposium on controlled drop application, 35-41.
- Johnstone, D.R. (1978a). The influence of physical and meteorological factors on the deposition and drift of spray droplets of controlled size. Symposium on controlled drop application, 43-57.
- Johnstone, D.R. (1978b). Statistical description of spray drop size for controlled drop application. Symposium on controlled drop application, 35-41.

- Justes, F., Sanchez, S., Ibañez, R., Val, L., Garcia, C. (1990). Measurement of spray deposition and efficiency of pesticides application in citrus orchards. *Journal of Agricultural Engineering Research*, **46**: 187-196
- Kepner, R.; Bainer, R.; Barger, E. (1978). *Principles of farm machinery* 3<sup>th</sup> edition. Connecticut. AVI Publishing Company, INC.
- Lamas, R. (1988). Influência del desgaste de la boquilla en la poblacion de gotas. *Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola* **88**: 209-222.
- Laws, S.; Cooper, S. (1985). Depositional characteristics of charged droplets applied by an orchard air-blast sprayer. *American Society of Agricultural Engineers Paper* **1511**: 1-15
- Lecocq, J. (1987). Pulverisation et service. *Tracteurs et Machines Agricoles* **876**: 44-47
- Lecocq, J. (1989). Buses à fente vers de volume réduit. *Tracteurs et Machines Agricoles* **893**: 46-50
- Lecocq, J. (1989). Suspensions des rampes de pulvérisateurs. *Tracteurs et Machines Agricoles* **894**: 23-26.
- Leppert, B. (1985). Les appareils de traitements. *Vititechnique* **86**: 27- 29
- Little, T.M.; Hills, F.J. (1977). *Agricultural experimentation design and analysis*. New York. John Willy and Sons
- 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
- Miralles, A. (1987). *L'analyse d'image en pulvérisation agricole*. Montpellier. Centre Nacional du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
- Moya, E. (1992). *Maquinaria para tratamientos fitosanitarios en fruticultura*. *Fruticultura Profesional* **44**: 31-39
- Musillami, S. (1982). *Generalités sur les pulvérisations*. 1<sup>ème</sup> Edition. Antony. Centre Nacional du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts

- Piazza, O. (1985). Evolution des techniques d'application. Vitetchnique **86**: 30-31
- Planas, S. (1988). Cracterization de ventiladores de pulverizadores hidroneumáticos. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **88**:187-198.
- Planas, S.; Pons, L. (1987). Resultados parciales del programa de revision de las máquinaria de tratamientos fitosanitarios en cataluna. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **87**: 101-107.
- Pons, L. (1988). Pulverizadores hidroneumáticos: evaluation del rendimiento mecánico. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **88**: 239-246.
- Pons, L. (1989). Revision de la maquinaria de tratamientos fitosanitarios en las principales zonas frutícolas de la Catalunya. Hardi Rama **E**:18-19
- Riádigos, L.; Luis, R. (1988). Influencia del desgaste de la boquilla de pulverizacion hidraulica en la poblacion de gotas resultante. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **88**: 211-222
- Riádigos, R. (1987). Analisis de una poblacion de gotas producidas por uma boquilla utilizando luz laser Fraunhofer. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **87**: 117-127.
- 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.
- Saunders, W.; Tate, R. (1985). Droplet size data for agricultural spray nozzles: twenty years later. American Society of Agricultural Engineers Paper **1512**: 1-12.
- Sevilla, F. (1986). Les principaux laboratoires d'essais «pulverisation» en Europe et en France. Bulletin Technique du Machinisme et de l'Équipement Agricoles **12**: 21-28
- Stonehouse, J.M. (1990). A camera mount for the photography of spray tracer deposits in the field. Journal of Agricultural Engineering Research, **47**: 207-211
- Thelwell, N. (1984). Droplet formation. Plant Protection Division. Fernhurst. Surrey.
- Vagny, M. (1984). La reduction du volume/hectare dans les traitements viticoles effectués par pulverisation - Evolution des techniques terrestres et aériennes. Progrés Agricole et Viticole **24**: 587-594
- Vagny, P. (1987). Polyvalence obligée pour le pulvérisateur. Tracteurs et machines agricoles **878**: 36-39
- Val, L. (1988). Penetracion y tamaño de gota de distintos sistemas de distribucion de productos fitosanitarios en cultivos citricos. Feria Internacional de la Maquinaria Agrícola **88**:199-207.

- Vergnes, A.; Pistre R. (1980). Observations sur des produits de traitement contre l' Oidium de la vigne. Progrès Agricoles et Viticole **22**: 454-455
- Vromandt, G. (1992). Plus de la moitié des pulvérisateurs à réviser. Cultivar **330**: 79-93
- Western, N.M.; Hislop, E.C.; Herrington, P.J.; Woodley, S.A. (1985). Relationships of hydraulic nozzle and spinning disc spray characteristics to retention and distribution in cereals. BCPC Monogram **28**:191-199.
- 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