

Processos e métodos de proteção fitossanitária e de aplicação de produtos fitofarmacêuticos

Curso de formação para operadores e técnicos agrícolas

Fernando A. Santos

fsantos@utad.pt

<http://home.utad.pt/~fsantos>

Departamento de Agronomia

- 1- O controlo das pragas e doenças das culturas
- 2- Principais características de uma pulverização
- 3- Os principais tipos de pulverizadores
 - 3.1- Pulverizadores por pressão
 - 3.1.1- Pulverizadores por pressão de jato projetado (PJP)
 - 3.1.2- Pulverizadores por pressão de jato transportado (PJT)
 - 3.2- Pulverizadores pneumáticos (PP)
 - 3.3- Pulverizadores centrífugos (PC)
- 4- Principais regulações dos pulverizadores
 - 4.1- Pulverizadores por pressão.
 - 4.2- Os pulverizadores pneumáticos
 - 4.3- Pulverizadores centrífugos
- 5- A manutenção dos pulverizadores
- 6- Aspetos mais relevantes

1- O controlo das pragas e doenças das culturas

Departamento de Agronomia

O controlo das pragas e doenças das culturas é efetuado fundamentalmente pelos pulverizadores que devem ser escolhidos em função:

- da cultura a tratar;
- do produto e dose a aplicar.

Estes equipamentos devem-se encontrar em perfeito estado de funcionamento, por forma a obter-se uma pulverização de boa qualidade, ou seja:

- uma população de gotículas com características dimensionais adaptadas à cultura e aos produtos;
- uma distribuição homogénea, para se obter um controlo biológico das pragas e doenças.

Para além destes objetivos os pulverizadores devem permitir também, sem afetar a eficiência do tratamento, a **redução do volume a aplicar**, assim como a **diminuição das perdas para o solo e atmosfera**.

Departamento de Agronomia

Vantagens proporcionadas pela redução dos volumes:

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

Considerando que a **redução do volume e as perdas por deriva apresentam soluções opostas**, é necessário procurar um equilíbrio entre estes dois objetivos, pelo que se aconselha:

- escolher o equipamento que, para cada situação, utilize a **melhor técnica de pulverização por forma a reduzir o espectro da população das gotas**;
- **melhorar os sistemas de transporte**, especialmente das gotas mais pequenas, quer através de correntes de ar, quer utilizando cargas elétricas.

Departamento de Agronomia

A eficiência biológica resultante da redução do volume, mantendo constante a quantidade de substância ativa por hectare, apresenta resultados muito diferentes, em alguns casos mesmo contraditórios, não se conhecendo, para a maioria das situações, a sua relação com as doenças, pesticidas e plantas.

A variação na eficiência biológica verifica-se, principalmente, porque a redução do volume altera a estrutura dos depósitos das gotas, isto é, a quantidade de calda depositada e o número de impactos por unidade de superfície, condicionando o sucesso do tratamento.

Assim, e atendendo aos aspetos apresentados aconselha-se a proceder à redução gradual do volume, acompanhando-a sempre de estudos rigorosos para cada uma das situações.

Departamento de Agronomia

Para além dos aspetos relacionados com os equipamentos o tratamento das culturas implica:

- **o conhecimento dos estados das culturas mais favoráveis ao tratamento;**
- **o conhecimento dos parasitas e infestantes;**
- **a escolha das condições climáticas mais adequadas.**

2- Principais características de uma pulverização

Cobertura e homogeneidade da área a tratar.

(função do tipo de tratamento a realizar).

Exemplos:

- na aplicação de um **fungicida de contacto** é fundamental que toda a área seja coberta pois os fungos espalham-se, normalmente, por toda a copa das plantas. Existem 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 objeto a tratar permite uma diminuição sensível da área de contacto, sem pôr em causa a eficácia do tratamento.
- na **aplicação de herbicidas** este problema põe-se com menos acuidade pois, quer os produtos sejam de contacto ou sistémicos, o "alvo" é facilmente atingido.

Cobertura e homogeneidade da área a tratar (cont)

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 à **aplicação de herbicidas com rampas** a repartição longitudinal e transversal é função:

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

A altura da rampa deve permitir a sobreposição de dois jatos consecutivos em 50% sem, no entanto, chocarem, pelo que o seu valor varia conforme a distância a que os bicos se encontram na rampa e do ângulo de abertura do jato.

Cobertura e homogeneidade da área a tratar (cont)

O **aumento da distância da rampa ao solo**, relativamente ao valor correto, pode significar aumentos importantes da deriva das gotas e variação na sobreposição dos jatos, com a conseqüente irregularidade na distribuição;

A **diminuição da distância da rampa ao solo**, relativamente ao valor correto, significa faixas sem ser pulverizadas (ver na prática)

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.

Dimensão das gotículas

Da pulverização de um líquido obtêm-se um grande número de gotas de dimensão muito variável.

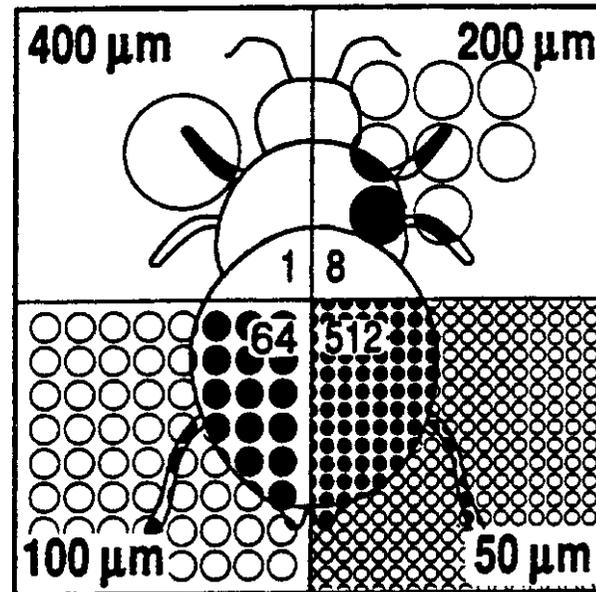
A importância da dimensão das gotículas advém do facto de quanto menores estas forem maior será a superfície tocada pelo produto.

Uma gota de 400 μm tem o mesmo volume que 8 gotas de 200 μm , 64 gotas de 100 μm e 512 gotas de 50 μm ; a gota de 400 μm contém 512 vezes a dose de uma gota de 50 μm .

$$(V_{400} = 4 / 3 * \pi * (d / 2)^3 = 512 V_{50})$$

A densidade mínima de impactos, por cm^2 , para aplicação de inseticidas é de 35 - 40, para fungicidas de 70 - 90 e herbicidas de 20 - 30.

Dimensão das gotículas (cont)



Comparação entre a superfície coberta, para o mesmo volume, com diferentes dimensões de gotículas

Penetração da calda na vegetação

A penetração da calda no interior da planta é muito importante, quando as pragas ou doenças aí se instalam, 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 culturas pode ser efetuada utilizando **folhas de papel hidrosensível**.

Alcance do jato

O alcance do jato é particularmente importante para as culturas altas para se poder atingir totalmente a copa das árvores.

Na vinha o alcance do jato não põe, geralmente, qualquer problema, mas nas fruteiras este aspeto pode ser determinante.

3- Os principais tipos de pulverizadores
(ver na prática)

3- Os 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**;

3.1- Pulverizadores por pressão

Os pulverizadores por pressão, também designados por hidráulicos, são caracterizados por a **pulverização da calda ser realizada por pressão do líquido conferida por uma bomba**.

Dentro deste grupo de equipamentos existem duas categorias, conforme o modo de transporte das gotas que são:

- os pulverizadores de **jato projetado**;
- os pulverizadores de **jato transportado**.

3.1.1- Pulverizadores por pressão de jato projetado (PJP)

Os PJP são caracterizados por a fragmentação da calda ser realizada pela pressão do líquido nos bicos e o transporte das gotas ser assegurado pela sua energia cinética.

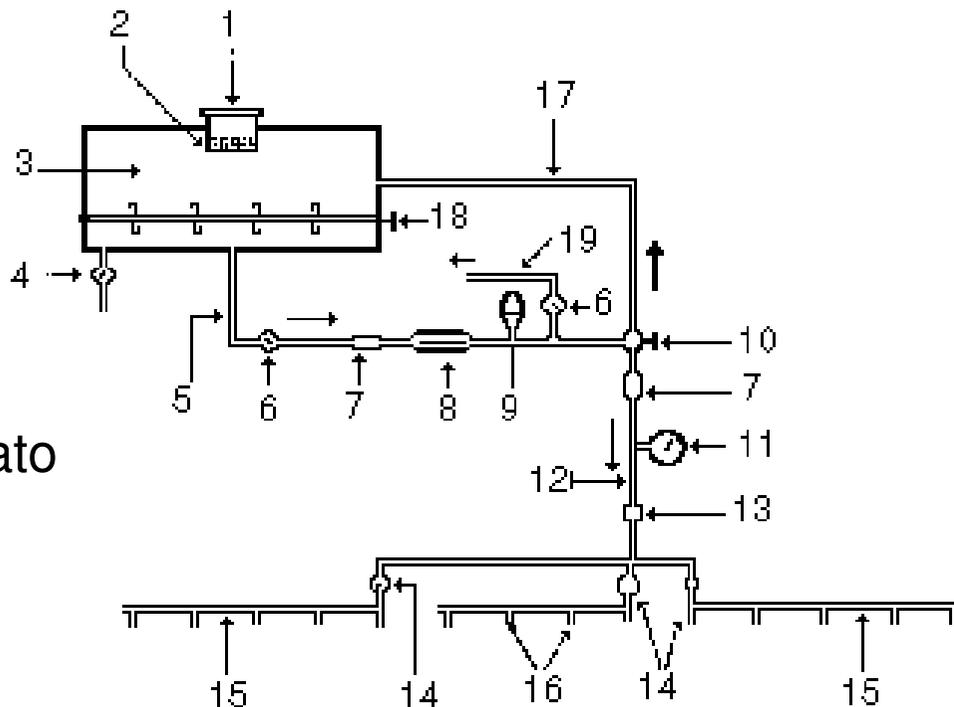
Principais inconvenientes:

- fraca penetração das gotas no interior da vegetação, pelo que devem apenas ser utilizados quando a vegetação for pouco espessa;
- gastarem grandes volume de calda.

Na vinha a utilização deste tipo de pulverizadores é indicada para:

- aplicação de herbicidas (utilizar rampas próprias);
- tratamentos de Inverno (utilizar painéis recuperadores de calda);
- despampa química (utilizar dispositivos especiais que permitam uma pulverização intermitente - apenas na presença das plantas).

Constituição geral
de um pulverizador de jato
projetado



Esquema de funcionamento de um pulverizador de pressão de jato projetado

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

Departamento de Agronomia

Constituição de um pulverizador de jato projetado Reservatório ou depósito

Este elemento destina-se a conter a calda, podendo ser fabricado em diferentes materiais, embora o plástico seja o que predomina.

A sua capacidade varia de 10-15 até aos 4000 L, para os pulverizadores de dorso e rebocados, respetivamente.

Na escolha da capacidade do reservatório, que condiciona o tempo de trabalho, deve-se ter em consideração:

- o volume/ha necessário (maior volume > maior capacidade);
- a superfície da exploração (maior área > maior capacidade) ;
- a dimensão das parcelas, especialmente o comprimento das linhas (capacidade suficiente para não terminar no meio da linha);
- a dispersão das parcelas, por forma a minimizar o tempo de enchimento e transporte (maior dispersão > maior capacidade).

Departamento de Agronomia

Bomba

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

O débito destas bombas, quando a agitação é hidráulica, superior ao débito dos bicos para que alguma da calda retorne ao depósito.

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

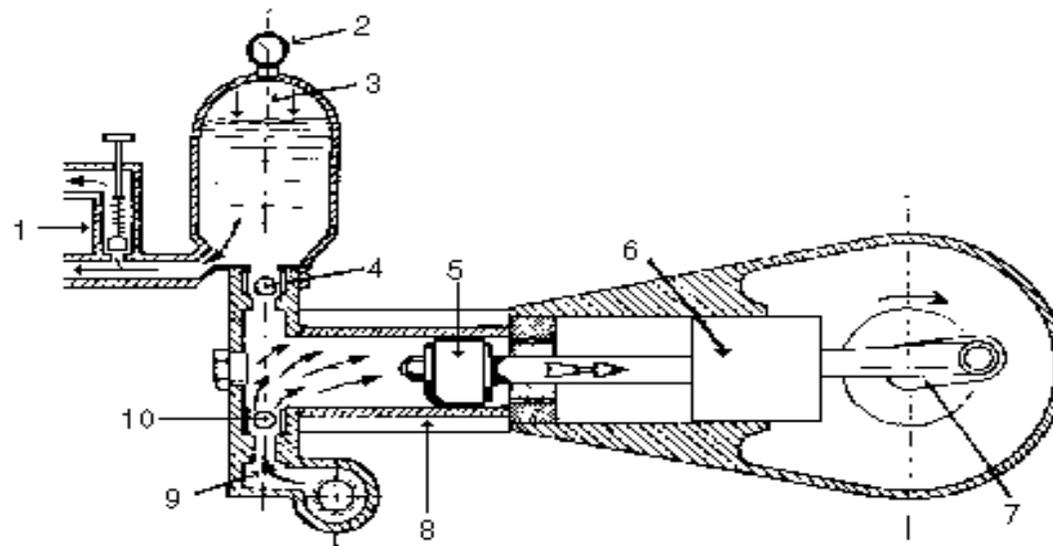
As bombas mais utilizadas nos pulverizadores são :

- de êmbolos;
- de êmbolo - membrana.

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.

Bomba de êmbolos

É uma bomba volumétrica que pode atingir uma pressão máxima de 70 - 80 bar, 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.



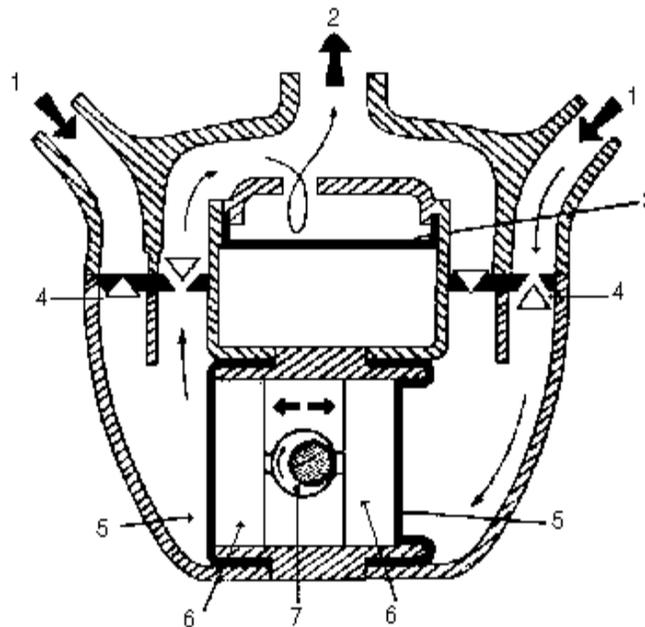
Corte esquemático de uma bomba de êmbolo

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

Departamento de Agronomia

Bomba de êmbolo - membrana

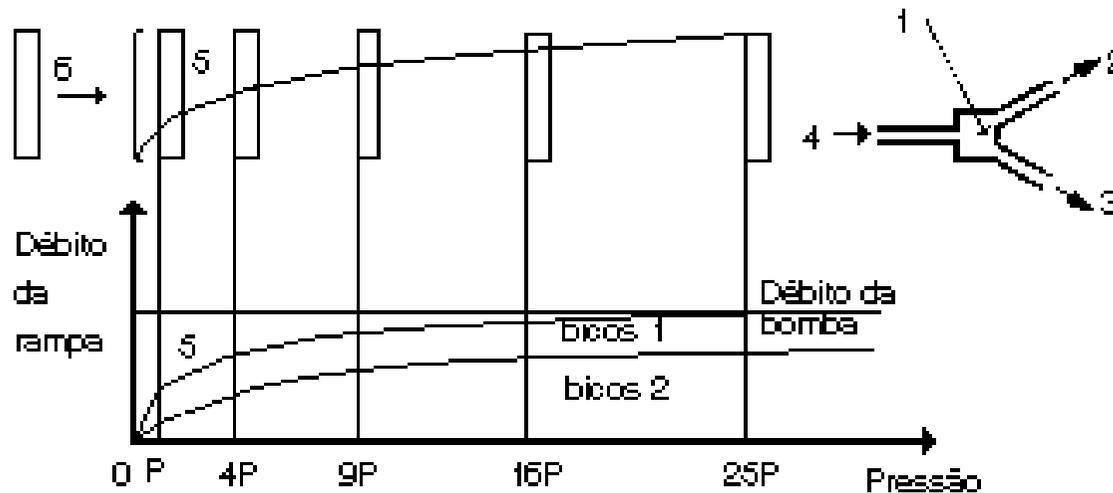
Bomba em que a deformação de uma membrana, assegurada pelo movimento alternativo de um êmbolo que provoca a aspiração e saída da calda, permite atingir a pressão máxima 25 - 30 bar.



Corte esquemático de uma bomba de êmbolo - membrana

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

Departamento de Agronomia



Princípio da regulação da pressão

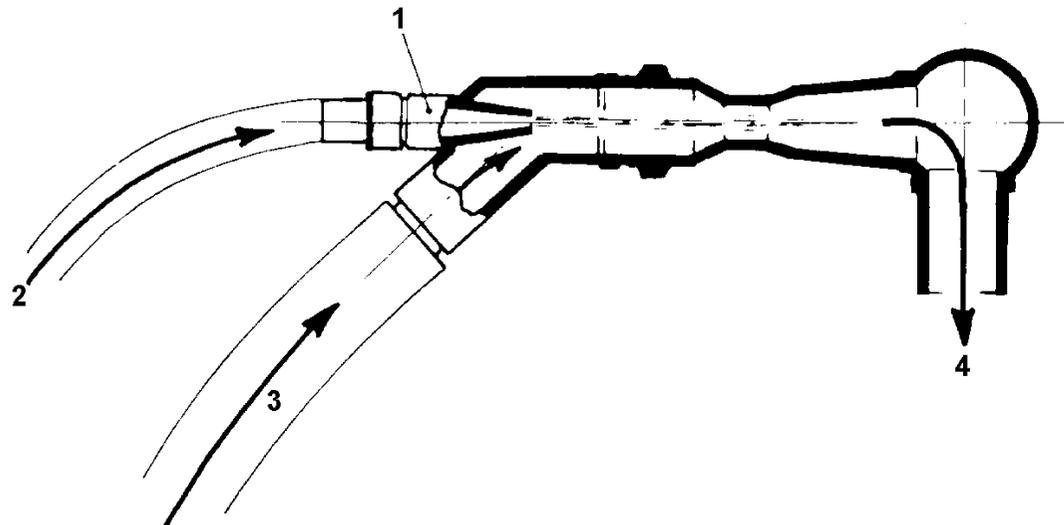
1- regulador 2- retorno 3- rampa 4- saídas 5- retorno 6- débito da bomba

O débito varia proporcionalmente à raiz quadrada da pressão dos bicos, ou seja, para se duplicar o débito é necessário quadruplicar a pressão.

Hidroinjetor

O hidroinjetor é um elemento que, juntamente com as bombas, permite o enchimento do reservatório.

Alguns pulverizadores de maior dimensão têm bombas específicas para agitação da calda e enchimento do reservatório.



Esquema de um hidroinjetor

1- difusor 2- líquido proveniente da bomba 3- aspiração do líquido

4- ligação ao reservatório

Departamento de Agronomia

Regulador de pressão, manómetro e distribuidor

Regulador de pressão

Permite, como o próprio nome indica, 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 vem para o exterior, fazendo com que a restante, debitada pela bomba, seja conduzida para o reservatório.

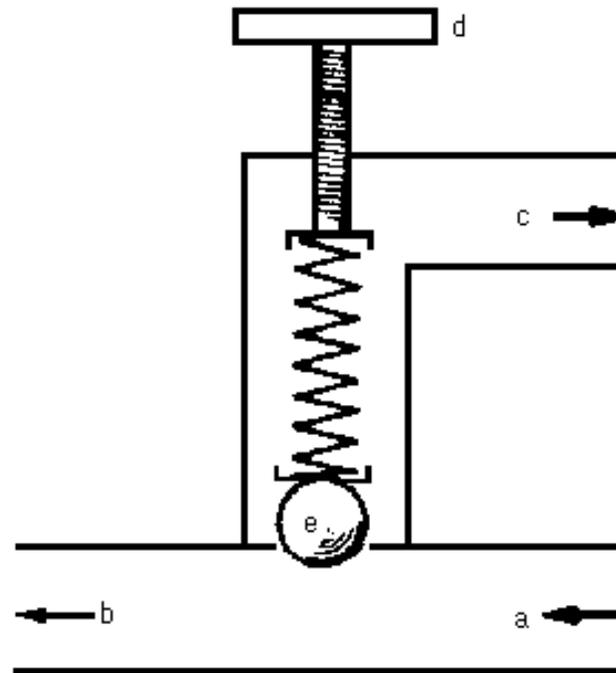
Manómetro

Permite conhecer a pressão de funcionamento do pulverizador. É um elemento chave para a regulação do débito.

Distribuidor

É um elemento formado por uma ou mais torneiras, que permite conduzir a calda para diferentes sectores das rampas de pulverização, ou para o reservatório.

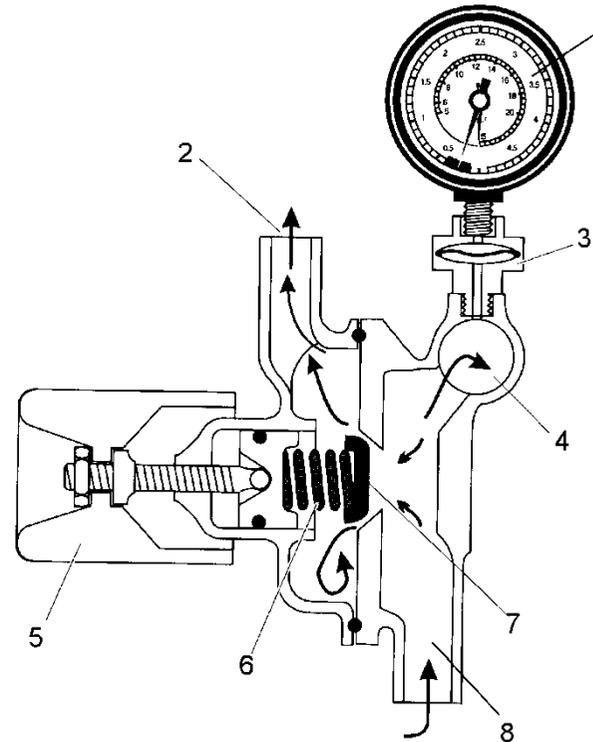
Regulador de pressão



Princípio de funcionamento de um regulador de pressão
a- calda proveniente da bomba b- calda para a rampa c- retorno
d- regulação da pressão e- válvula

Departamento de Agronomia

Regulador de pressão com manómetro.



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

Os bicos

Os bicos de pulverização são as peças que se encontram no fim do circuito do líquido e que permitem, devido ao pequeno diâmetro do orifício das suas pastilhas, um abaixamento brusco da pressão da calda e, conseqüentemente, a sua pulverização.

Geralmente as pastilhas são facilmente substituíveis, para que seja fácil regular o débito.

Esta substituição deve também ser feita logo que a taxa de desgaste (T_u), dada por:

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

conduz 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.

O débito varia proporcionalmente à raiz quadrada da pressão dos bicos.

Departamento de Agronomia

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

- bicos de turbulência;
- de fenda;
- bico de espelho

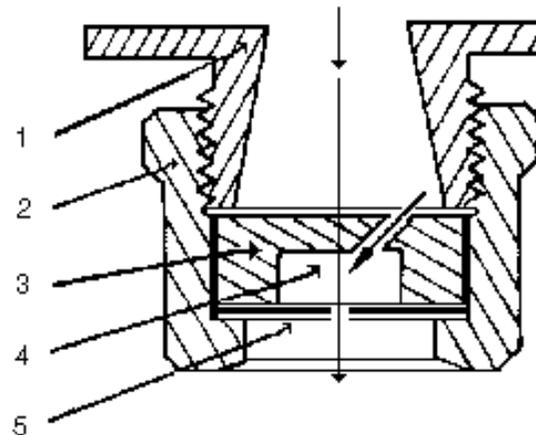
Bico de turbulência

Os bicos de turbulência, **também designados por bicos de jato cónico**, são caracterizados por apresentarem um repartidor, com condutas helicoidais, uma câmara de turbulência e a pastilha.

O primeiro confere à calda um movimento turbilhonar, que permite obter um jato cónico, e a variação da segunda altera o diâmetro desse mesmo jato.

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

Bico com câmara de turbulência



Corte esquemático de um bico de câmara de turbulência.

1- corpo 2- porca de fixação 3- repartidor 4- câmara de turbulência 5- pastilha

Bico de fenda

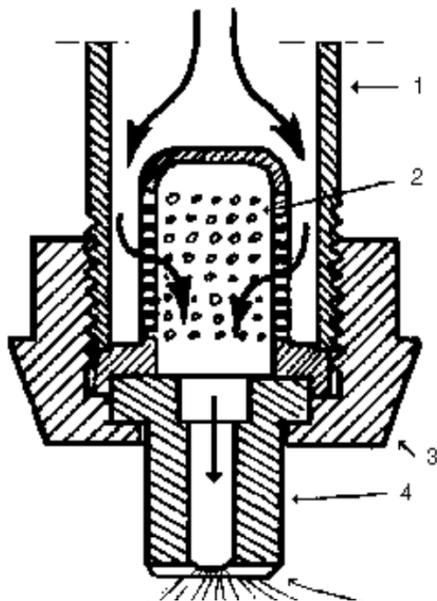
Os bicos de fenda ou de jato em leque, são caracterizados por o orifício ter uma secção retangular que faz com que o jato daí resultante tenha a forma de um leque ou pincel.

A pulverização resultante da utilização destes bicos é mais grosseira que com os bicos anteriores sendo aconselháveis para aplicação de herbicidas.

Os bicos de fenda apresentam ângulos nominais que variam entre os 60 e 110°. Quando os débitos são determinados a uma pressão de referência de 3 bar, as gotas destes últimos, mantendo os débitos, são mais pequenas.

Um bico 8004 tem um jato com um ângulo de 80° e um débito de 4 L / min à pressão de referência.

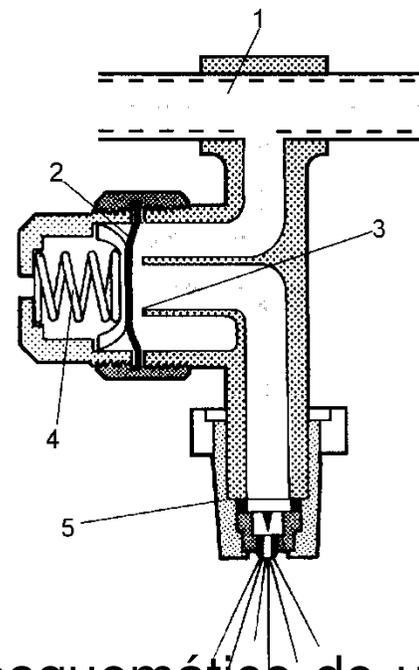
Bico de fenda



Corte esquemático de um bico de fenda

- 1- corpo 2- filtro 3- porca de fixação 4- pastilha de fenda 5- fenda

Bico de fenda com dispositivo anti-gota



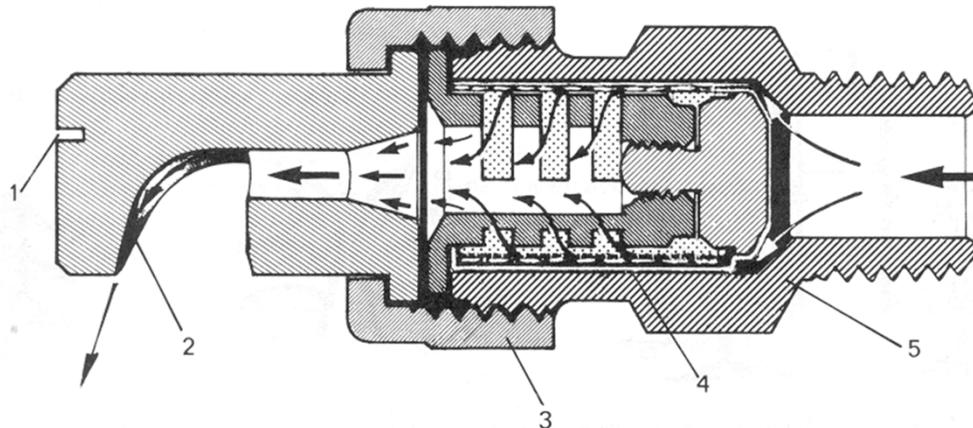
Corte esquemático de um bico de fenda

- 1- rampa 2- membrana 3- sede 4- mola 5- porta-bicos

Bico 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.

O jato resultante deste impacto tem um grande ângulo de abertura e uma fraca espessura.



Corte esquemático de um bico de espelho

1- ranhura para orientação 2- espelho 3- porca de fixação 4- filtro
5- corpo

Departamento de Agronomia

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 μm
turbulência	260
fenda de 110°	300
fenda de 80°	400
espelho	650

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

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.

Pressões de funcionamento

As pressões, em bar, dos diferentes bicos, são definidas em função do tipo de tratamento, ou seja, estão diretamente relacionado com o número de gotas. Pressões baixas conduzem a gotas de grandes dimensões, que têm tendência a escorrer para o solo e, pressões mais altas, permitem obter gotas mais pequenas (maior número de impactos) e uma repartição mais homogénea.

Tipos de bicos vs pressões (bar):

Bicos de fenda - 2 a 5;

Bicos de turbulência - 2 a 20;

Bicos de filete - 1 a 2;

Bicos de espelho - 0.5 a 1.5.

Departamento de Agronomia

Utilização dos diferentes tipos de bicos:

- 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, exemplo da **aplicação de fungicidas e inseticidas em viticultura e arboricultura**;
- bicos de espelho - distribuição de **adubos líquidos** em suspensão.

Para além da escolha correta dos bicos é necessário proceder à sua verificação para:

- nos certificarmos se todos os bicos são do mesmo tipo, ângulo e calibre; caso isto não aconteça, é preferível mudar todo o conjunto por forma a não ter bicos novos e usados em funcionamento simultâneo;
- detetar possíveis diferenças de débito.

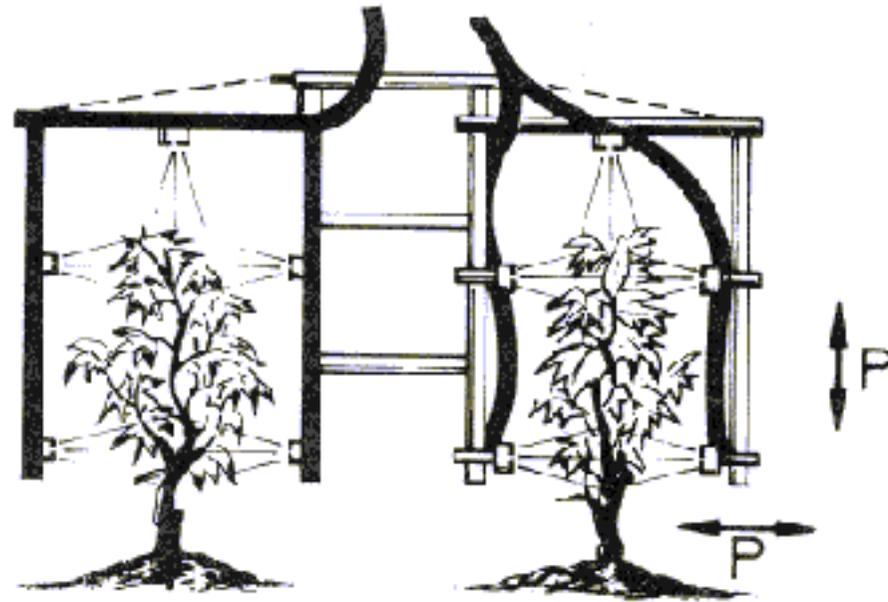
Rampas de pulverização

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

A forma destes elementos é muito variada sendo, geralmente, para a cultura da vinha e pomares, em forma semicircular ou direitas.

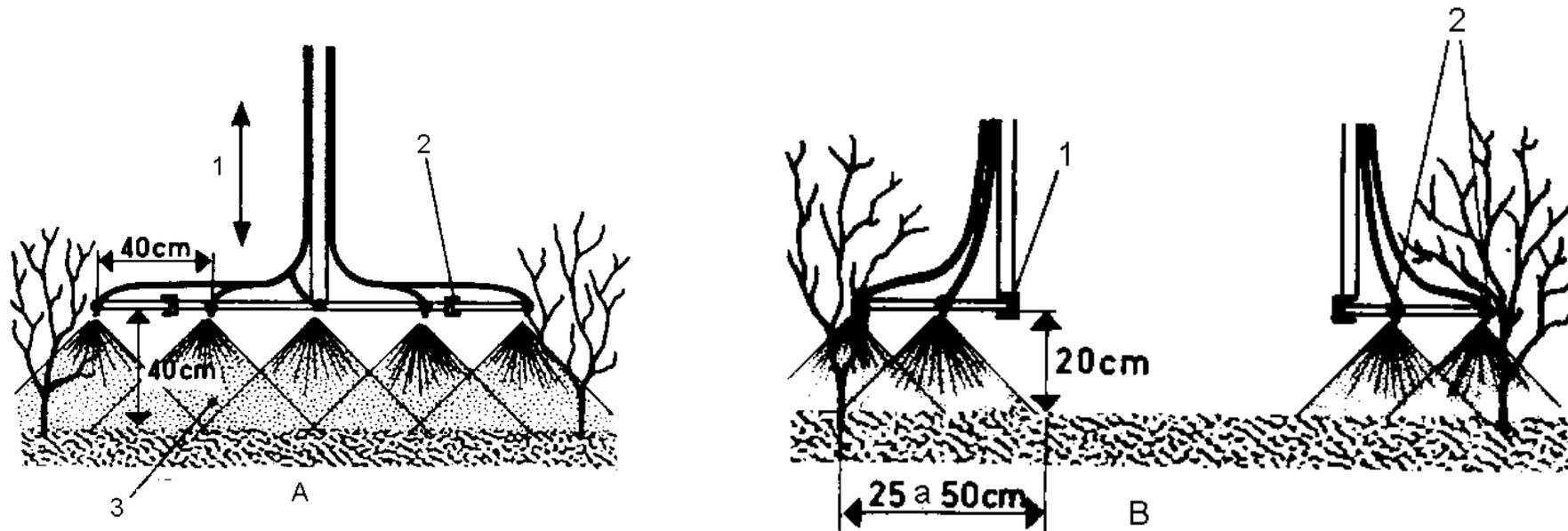
Para aplicação dos herbicidas as rampas são direitas e posicionadas paralelamente ao solo.

Rampa de um pulverizador de pressão de jato projetado



Esquema de uma rampa vitícola de um pulverizador de pressão de jato

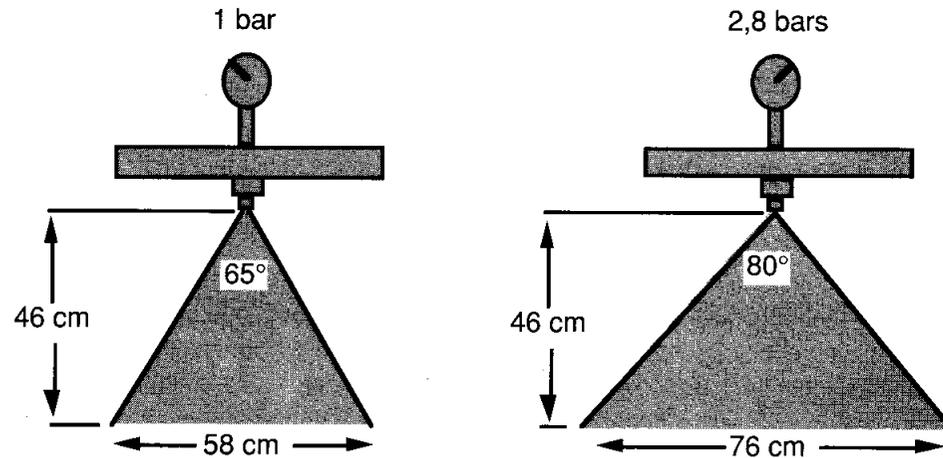
Rampa para aplicação de herbicida



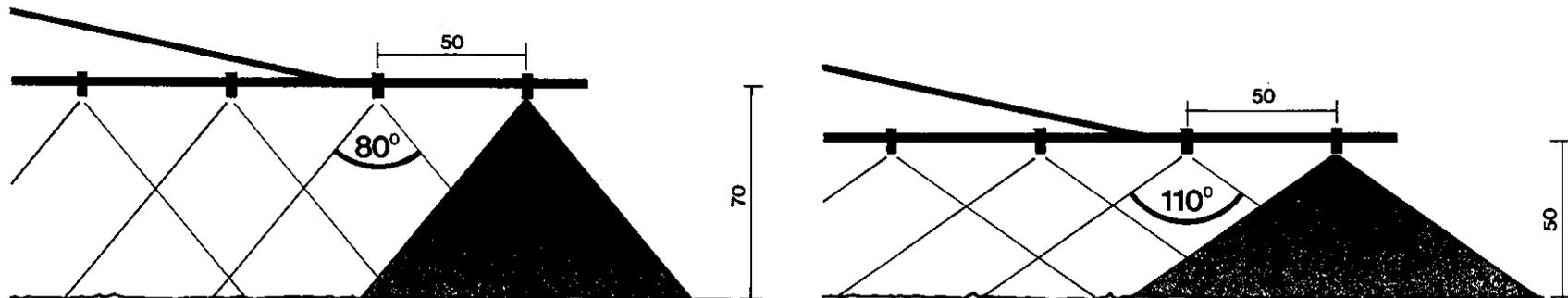
Representação de uma rampa para aplicação de herbicida na entre linha e rampas para aplicação na linha

Departamento de Agronomia

Efeito da pressão na repartição dos jatos

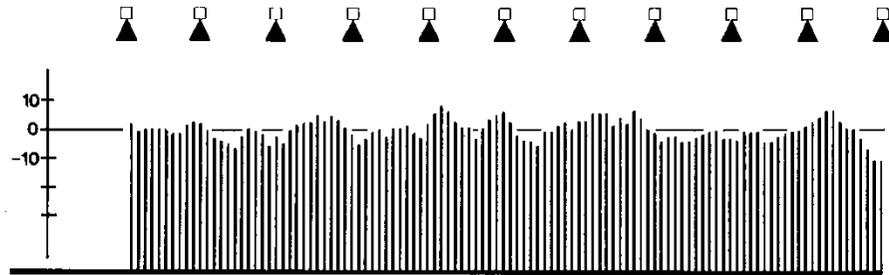


Relação entre altura da rampa e o ângulo do jacto



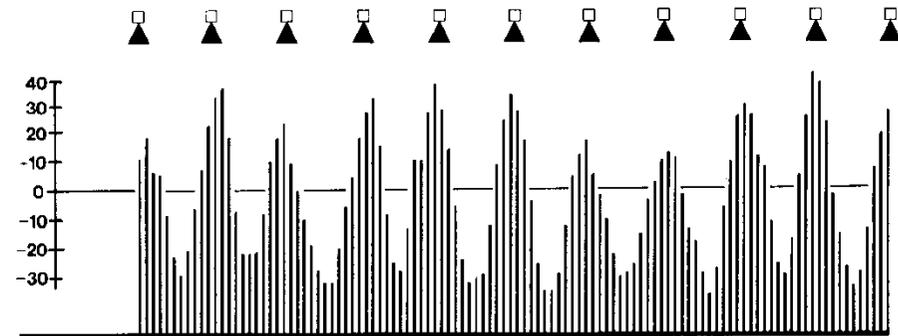
Departamento de Agronomia

Repartição transversal



bicos de fenda de 110°
pressão- 2 bar;
altura- 0.8 m;
débito- 0.96 L/min;
distância dos bicos- 0.50m;
CV- 3.7 %

bicos de fenda de 110°
pressão- 2 bar;
altura- 0.7 m;
débito- 0.23 L/min;
distância dos bicos- 0.50m;
CV- 21.2 %



3.1.2- Pulverizadores por pressão de jato transportado (PJT)

Os PJT efetuam a pulverização hidráulica da mesma forma que os PJP mas o transporte das gotículas é assegurado por uma corrente de ar.

A corrente de ar, com as gotículas de calda no seu seio, ao passar no interior da vegetação, perde velocidade permitindo a deposição daquelas.

A corrente de ar, ao agitar a massa vegetal facilita a penetração das gotas para o interior da copa.

As gotículas no interior da corrente de ar têm menos tendência para se evaporarem.

Nos PJT as gotículas podem ser menores que as obtidas nos PJP, pois o seu transporte depende, fundamentalmente, da corrente de ar.

Os PJT, como o alcance das gotículas é superior ao dos PJP, podem ser utilizados para fazer tratamentos à distância.

O diâmetro destas gotas não deve ser inferior a 100 μm .

Departamento de Agronomia

Diferentes tipos de ventiladores:

- ventiladores axiais;
- ventiladores radiais;
- ventiladores tangenciais.

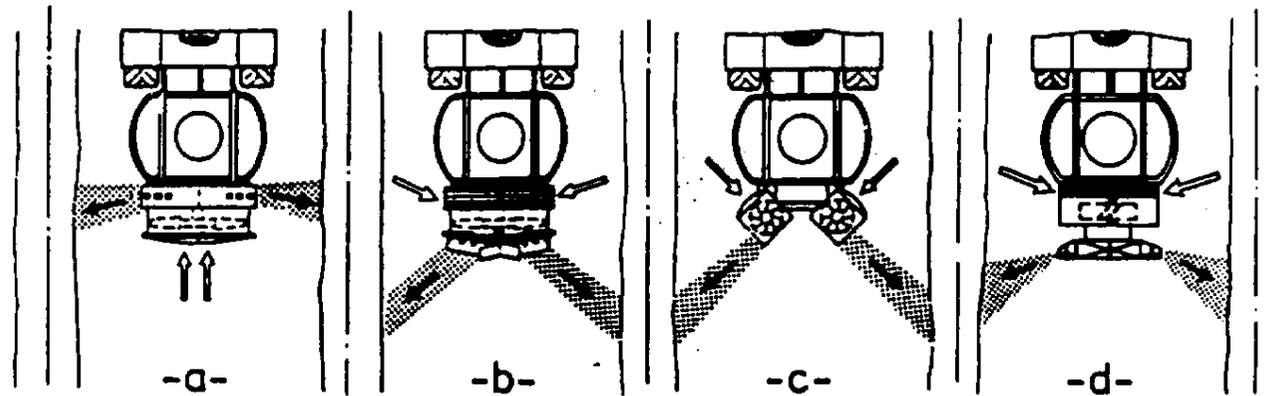
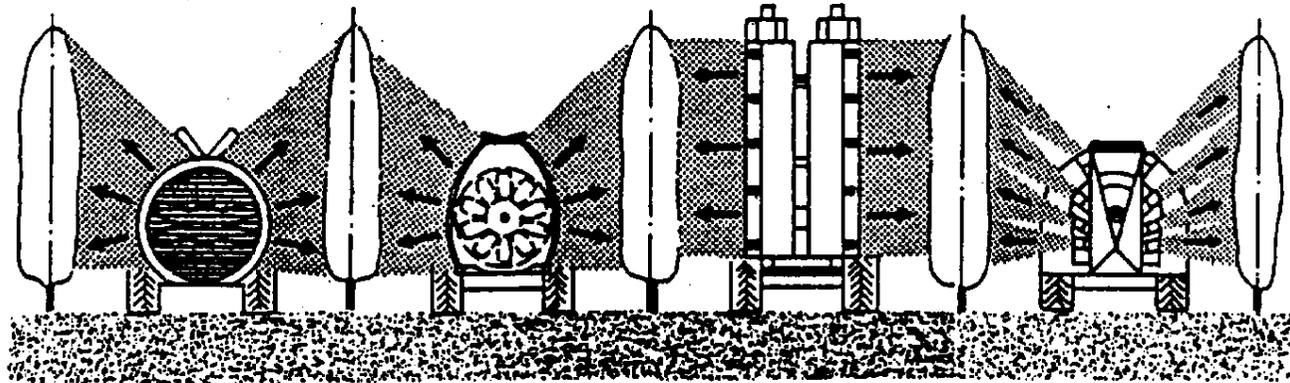
Os ventiladores axiais (helicoidais) - caracterizam-se por aspirarem e impulsionam o ar axialmente, ou seja, paralelamente ao eixo de rotação. Estes ventiladores têm um deflector na parte anterior que faz com que a trajetória de saída do ar seja perpendicular ao eixo.

Os ventiladores radiais (centrífugos) - caracterizam-se por as palhetas criarem uma corrente de ar radial, perpendicular ao eixo de rotação.

Os ventiladores tangenciais - caracterizam-se por a corrente de ar ser projetada tangencialmente ao ventilador.

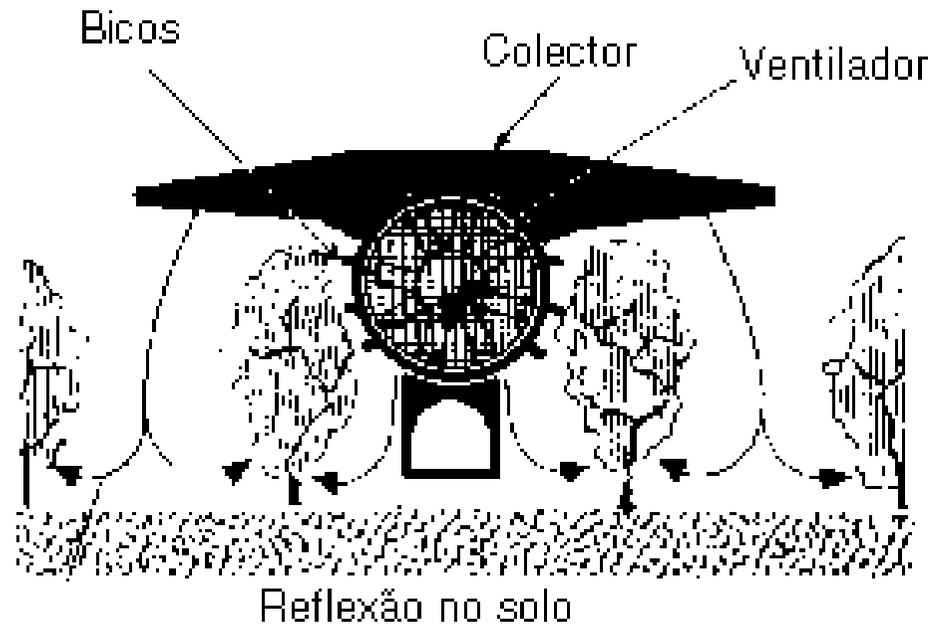
Os ventiladores na maioria dos pulverizadores podem ser desligados funcionando então este como jato projetado.

Diferentes tipos de ventiladores



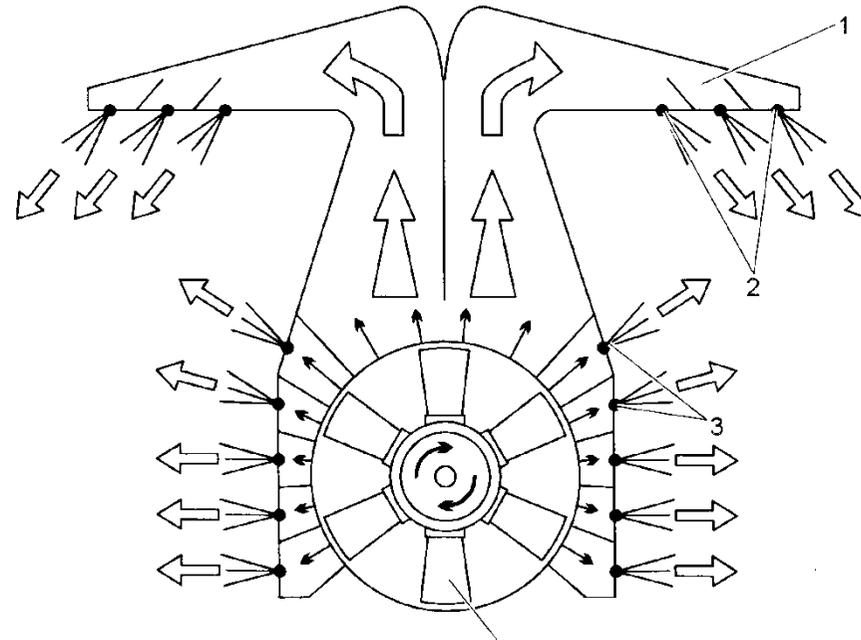
Representação de diferentes tipos de ventiladores
a- ventilador axial, com entrada de ar posterior b- Ventilador axial, com entrada de ar anterior c- Ventilador tangencial d- Ventilador radial

Rampa de pulverizador de pressão de jato transportado



Esquema de um pulverizador de pressão de jato transportado

Rampa de pulverizador de pressão de jato transportado



Esquema de um pulverizador de pressão de jato transportado
1- coletor 2- ventilador

3.2- Pulverizadores pneumáticos (PP)

O princípio de funcionamento dos PP consiste no choque de um filete de calda com uma corrente de ar de grande velocidade, resultando daí a pulverização daquele. Este tipo de pulverização implica que o débito de cada bico seja < que 5 L/min.

Conforme o tipo de condutas de saída do ar - calda estes equipamentos podem ser utilizados para tratamentos de proximidade ou à distância. A vinha é a cultura em que este tipo de equipamento mais se têm utilizado.

A divisão da calda é tanto mais regular quanto maior for a velocidade do ar ao nível do cone de Venturi da conduta do ar e menor o débito da calda. A forma como esta chega ao cone de Venturi condiciona também a pulverização, sendo a apresentação em filme ou filetes muito delgados, uniformemente distribuídos, as formas mais favoráveis.

As características da calda, como a tensão superficial, viscosidade e densidade condicionam também a pulverização.

Departamento de Agronomia

O objetivo principal deste tipo de pulverização é obter-se uma pulverização muito intensa, o que permite uma maior superfície de cobertura.

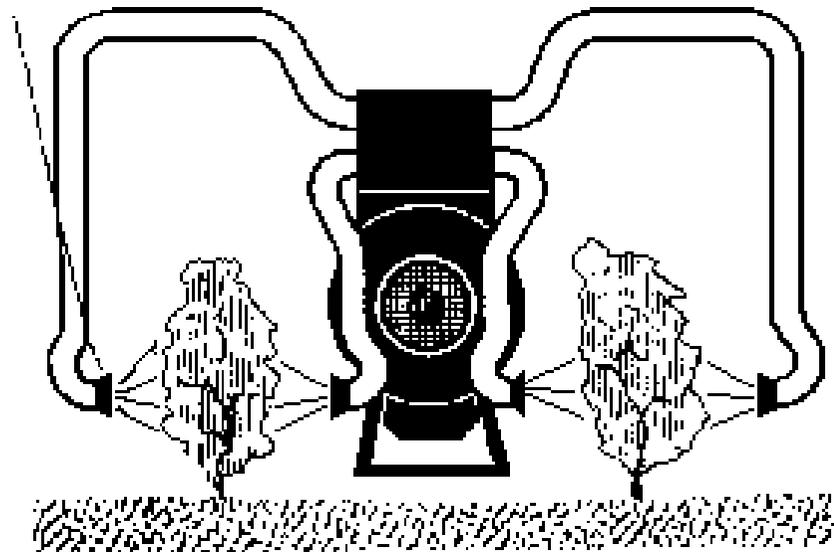
É fundamental ter em consideração que numa pulverização demasiado fina as gotículas têm maior dificuldade em depositar-se nos objetos, pois são facilmente arrastadas por pequenos fluxos de ar.

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

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

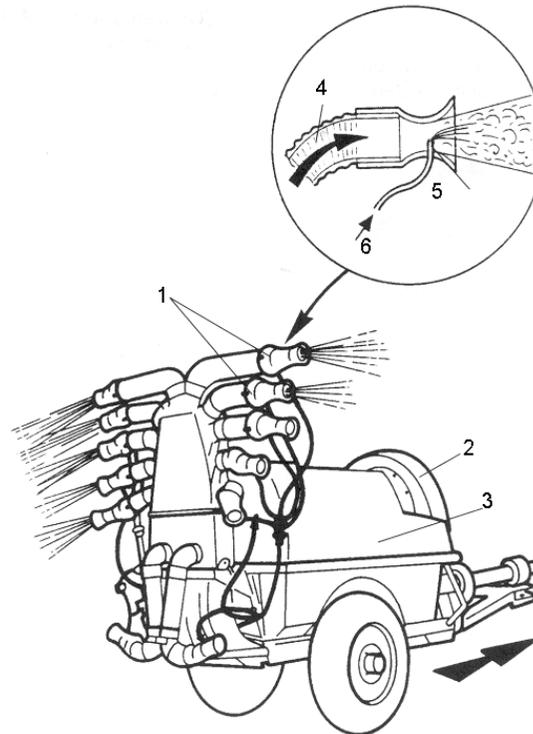
Pulverizador pneumático

Bicos horizontais ao nível dos cachos



Esquema de um pulverizador pneumático utilizado no tratamento das duas faces dos bardos

Pulverizador pneumático



Esquema de um pulverizador pneumático

1- conduta 2- turbina 3- reservatório 4- ar 5- difusor 6- calda

Departamento de Agronomia

Principais características dos pulverizadores pneumáticos

- débito da calda;
- débito e velocidade do ar.

O débito da calda este varia de 1 a 5 - 6 L / min, sendo os valores mais baixas obtidos nos PP com apenas um bucal de saída e os mais elevados nos PP com várias saídas. Nesta situação débitos baixos conduzem a uma grande heterogeneidade na distribuição pelos vários bucais.

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, ou seja, do seu número, forma e dimensão.

Para potências de acionamento inferiores a 20 cv, débitos de 0.3 - 2 m³ / s e velocidades médias de 50 - 100 m / s; na zona de estrangulamento do bucal a velocidade varia de 100 - 150 m / s.

Departamento de Agronomia

Principais diferenças entre os pulverizadores hidráulicos e pneumáticos

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

Os pulverizadores de jato transportado e pneumáticos são os mais utilizados nas explorações vitícolas e frutícolas, pois apresentam uma tecnologia bem conhecida e conduzem a resultados satisfatórios, quando bem utilizados.

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

3.3- Pulverizadores centrífugos (PC)

Os PC têm um ou vários bicos (discos, cones ou cilindros) rotativos.

Na sua forma mais simples os bicos 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.

Nos equipamentos com vários bicos rotativos, exemplo das rampas, o acionamento dos bicos é, geralmente, hidráulico ou elétrico sendo o débito obtido com uma pequena bomba; o ângulo do jato é de $\pm 140^\circ$.

À semelhança dos pulverizadores hidráulicos a pulverização neste tipo de equipamento também é mecânica, podendo também serem de jato projetado ou transportado.

No primeiro caso o transporte é assegurado pela força centrífuga, segundo trajetórias tangenciais aos bicos rotativos e, nos de jato transportado, há um ventilador que cria uma corrente de ar que assegura o transporte das gotas.

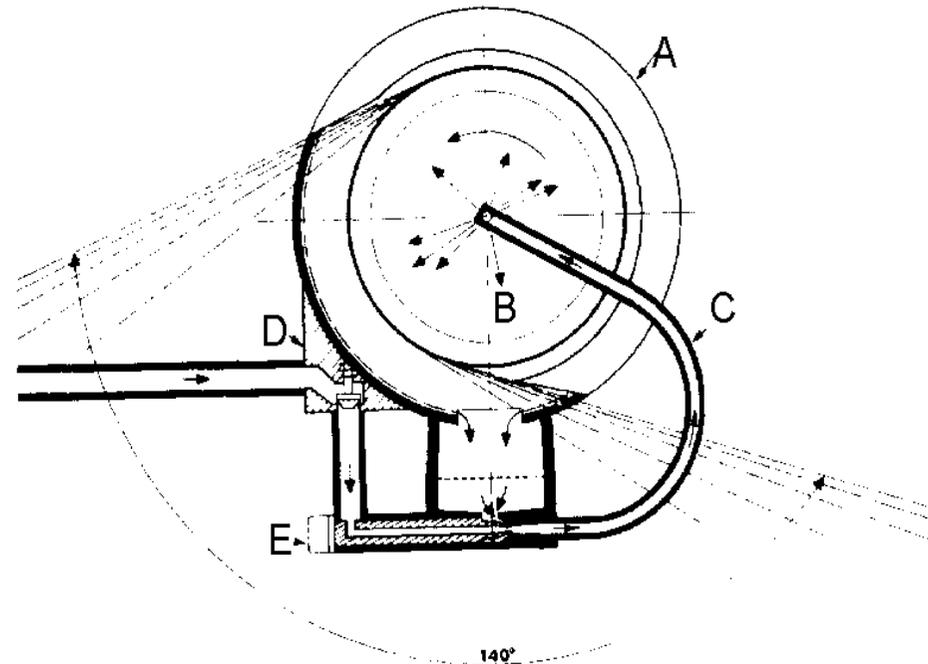
Departamento de Agronomia

Este tipo de pulverizadores têm como principal vantagem relativamente aos anteriores, uma maior homogeneidade da dimensão das gotas, o que é um fator 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.

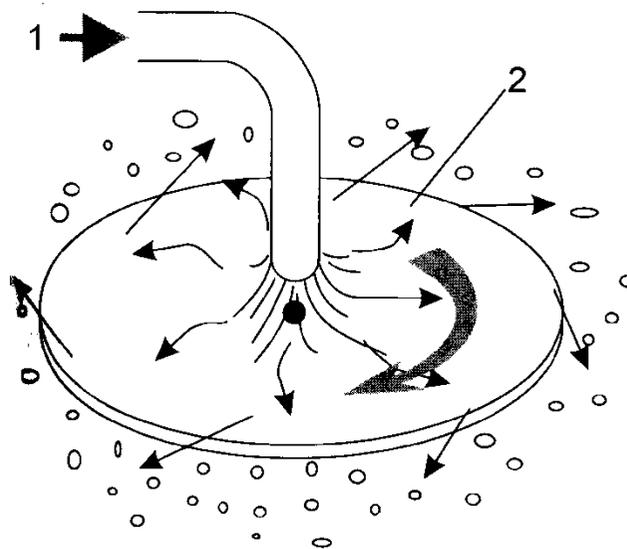
Considerando a reduzida dimensão das gotas para se melhorar o poder de penetração e reduzir as perdas para a atmosfera, os bicos rotativos, com o eixo na vertical, são colocados o mais próximo possível da vegetação a tratar.

Bico de disco para a pulverização centrífuga
(disco na vertical)



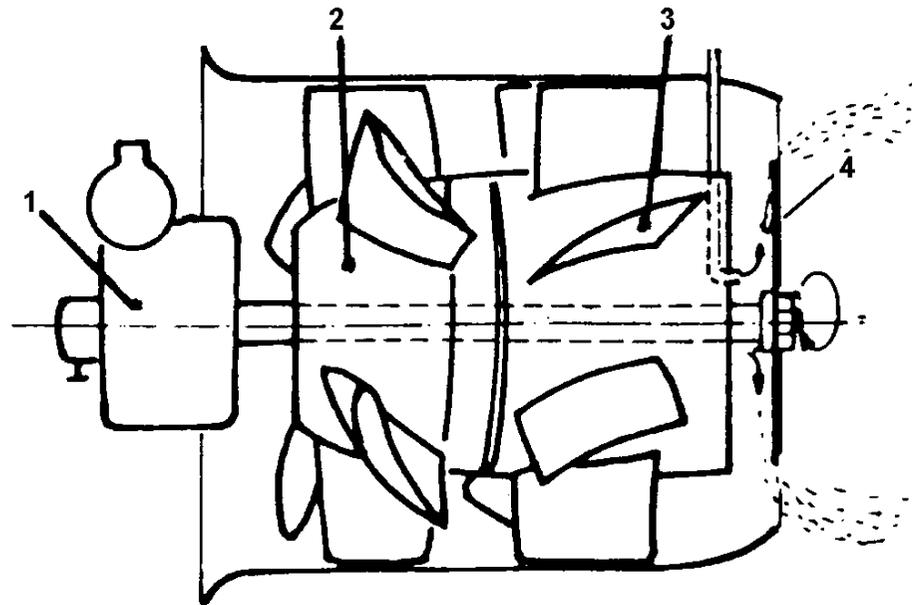
Representação de um bico de disco para a pulverização centrífuga
A- coletor B- disco C- alimentação D- electroválvula E- injetor

Bico de disco para a pulverização centrífuga
(disco na horizontal)



Esquema de um bico centrífugo.
1- entrada da calda 2- disco

Pulverização centrífuga e jato transportado



Representação de um pulverizador centrífugo de jato transportado

1- motor 2- ventilador helicoidal 3- palheta para alteração da trajetória do ar
4- disco rotativo

4- Principais regulações dos pulverizadores

Cuidados prévios

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

- o estado geral do mesmo, nomeadamente as condutas da calda e ar e das 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 proteções;
- a pressão do amortecedor de ar, que deve ser 0.6 - 0.8 da pressão de trabalho.

Doses vs concentrações

Culturas baixas ou aplicações no solo; dose dada em kg (L) / ha^{-1} ;

Culturas arbustivas e arbóreas; concentração dada em kg (L) / hl^{-1}

Nas **culturas baixas ou aplicações no solo** a quantidade de pesticida a utilizar num reservatório deve ser tal que a dose (kg (L)/ha^{-1}) corresponda ao indicado nas embalagens.

Nas **culturas arbustivas e arbóreas adultas** a quantidade de pesticida a utilizar num reservatório depende da capacidade deste, pois as quantidades dos produtos a utilizar são dadas em (kg (L)/hl^{-1}), mas tendo como **referência os 1000 L/ha (alto volume)**; este volume aplica-se quando as plantas estão no seu maior desenvolvimento vegetativo. *(ver ficheiro debito-concentracao.xls)*

Nas culturas arbustivas e arbóreas adultas quando a aplicação é efetuada com equipamentos de médio / baixo volume a concentração deve ser aumentada de tal modo que a dose do produto por hectare seja a mesma que nos 1000 L/ha; nas culturas jovens deve ser considerada a redução da área de aplicação.

Departamento de Agronomia

Aplicação em plantas adultas, utilizando um pulverizador com 8 bicos:

- indicação do fabricante - **250 g/hl**, o que corresponde a **2.5 kg/ha**;
- que podem ser aplicados, p.e., com 500 ou 200 L/ha;

2.5 kg em 500 L/ha => 0.5 kg/100L;

2.5 kg em 200 L/ha => 1.25 kg/100L

Considerando um reservatório de 300 L utiliza-se:

- para aplicar 500 L/ha, 3*0.5 kg por reservatório;
- para aplicar 200 L/ha, 3*1.25 kg por reservatório (*).

(*) para 1 ha (200 L/ha), encha o reservatório (300 L) com 200 L e utilizava 2*1.25 kg de produto.

As concentrações da calda no reservatório são diferentes.

É fundamental a aplicação da dose de produto preconizada para o hectare, independente do volume/ha, que é função do tipo de pulverizador.

Departamento de Agronomia

Considerando a situação anterior, mas em aplicações em plantas jovens, em que não se utilizam os 8 bicos, mas sim 6, 4 ou 2 deve-se proceder às seguintes correções (*):

Plantas adultas						
	Deb/ha	Pest./ha	Pest./hl	Capac. Reservat.	Pestic. Reservat.	Pest./ha
Nº de bicos	(L/ha)	(kg/ha)	(Kg/hl)	(L)	(Kg)	(kg/ha)
8	1000	2.50	0.25	300	0.75	2.50
8	500	2.50	0.50	300	1.50	2.50
8	300	2.50	0.83	300	2.50	2.50
8	200	2.50	1.25	300	3.75	2.50
Plantas jovens						
	Deb/ha	Pest./ha	Pest./hl	Capac. Reservat.	Pestic. Reservat.	Pest./ha
Nº de bicos	(L/ha)	(kg/ha)	(Kg/hl)	(L)	(Kg)	(kg/ha)
6	750	1.88	0.25	300	0.75	1.88
6	375	1.88	0.50	300	1.50	1.88
6	225	1.88	0.83	300	2.50	1.88
6	150	1.88	1.25	300	3.75	1.88
4	500	1.25	0.25	300	0.75	1.25
4	250	1.25	0.50	300	1.50	1.25
4	150	1.25	0.83	300	2.50	1.25
4	100	1.25	1.25	300	3.75	1.25
2	250	0.63	0.25	300	0.75	0.63
2	125	0.63	0.50	300	1.50	0.63
2	75	0.63	0.83	300	2.50	0.63
2	50	0.63	1.25	300	3.75	0.63

4.1- Pulverizadores por pressão (hidráulicos).

Regulação do débito do circuito da calda mantendo constante a pressão

A regulação do débito dos pulverizadores hidráulicos pode ser efetuada por forma a que:

- a pressão se mantenha constante, mas em que o volume aplicado por hectare pode variar (**pressão constante**). As características das gotas não variam.
- a pressão varie mas o volume aplicado por hectare mantem-se constante (**volume constante**). As características das gotas variam.

Pressão constante - é o sistema mais indicado para situações em que velocidade se mantém \pm constante.

Volume constante - é o sistema mais indicado para situações de velocidade variável.

Relativamente ao volume de calda a espalhar por hectare (Q), em L / ha, este depende de vários fatores, nomeadamente da cultura, do tipo de pulverizador, do tipo de tratamento e o produto a utilizar (modo de ação).

Departamento de Agronomia

Regulação do débito da calda nos PJP

Para regular o débito de um pulverizador que funciona a pressão constante é necessário determinar o volume / ha, que depende:

- da velocidade de trabalho (v);
- da largura de trabalho (L);
- do débito dos bicos (Dc).

O débito dos bicos, dado em L / min, com os dois fatores anteriores fixos e tendo em conta a largura de trabalho do equipamento (L), em m, é dado pela fórmula:

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

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.

Departamento de Agronomia

A velocidade de trabalho

A velocidade de trabalho, dada em km / h, deve ser a mais elevada possível, tendo em conta a cultura, o estado do terreno e do material e o regime normalizado da TDF.

O seu valor deve ser determinada em condições tanto quanto possível semelhantes aquelas em que o trator vai trabalhar.

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

- 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 trajeto definido, com a relação de transmissão escolhida, e com um regime motor que permita obter 540 rpm da TDF;
- medir, com precisão, o tempo (t), em segundos, gasto a percorrer aquela distância.

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

$$v = 3.6 * L / t$$

Departamento de Agronomia

A largura de trabalho

Vinhas contínuas.

A largura de trabalho nas vinhas contínuas, em que se passa em todas as entrelinhas, corresponde à distância de dois bardos consecutivos.

Vinhas em patamares

A largura de trabalho nas vinhas em patamares corresponde à sua largura. A área da vinha é o somatório das áreas dos patamares, ou seja, a área da projeção horizontal da vinha excluindo a área de projeção horizontal dos taludes.

Departamento de Agronomia

O débito dos bicos

Determinação do débito dos bicos (débito real), para se obter o volume/ ha desejado:

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

D_c - débito dos bicos, em L/min

Q - volume a aplicar, em L/ha

v - velocidade, em km/h

L - largura de trabalho, em m.

Exemplo:

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

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

$$v = 5.0 \text{ km/h};$$

$$D \text{ (L/min)} = 500 * 5.0 * 2 / 600 = 8.3 \text{ L/min}$$

Departamento de Agronomia

Regulação do débito do ar nos PJT

As regulações do circuito de ar deve ter em consideração:

- a direção das correntes de ar no plano vertical e horizontal;
- o débito vs as correntes de ar.

Regulação da direção das correntes no **plano vertical**:

A regulação da direção das correntes no plano vertical tem como objetivo obter uma distribuição regular da calda em toda a parede da vegetação.

Regulação da direção das correntes no **plano horizontal**:

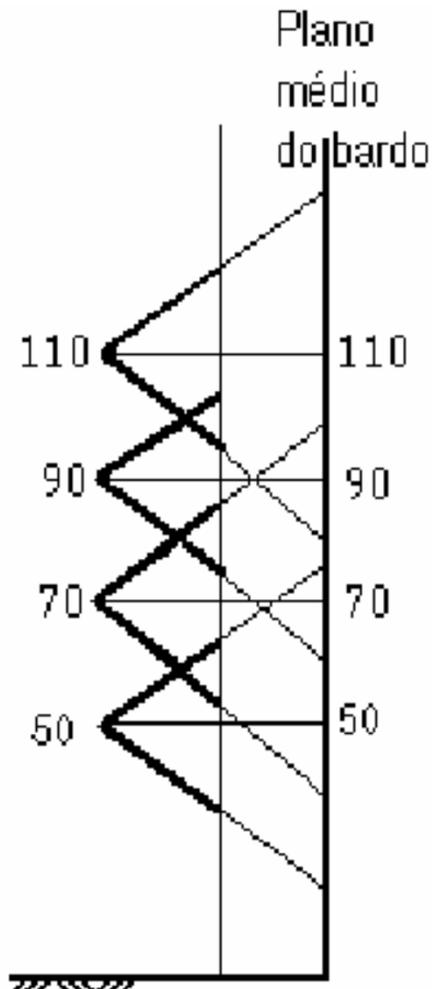
A regulação da direção das correntes no plano horizontal (para trás) tem como objetivo permitir a penetração do jato para o interior da copa.

Fazer incidir o jato de ar perpendicularmente à parede da vegetação obriga as folhas a comprimirem-se umas contra as outras, impedindo a penetração da calda. A incidência oblíqua do jato na parede da vegetação tende a levantar as folhas facilitando a sua penetração.

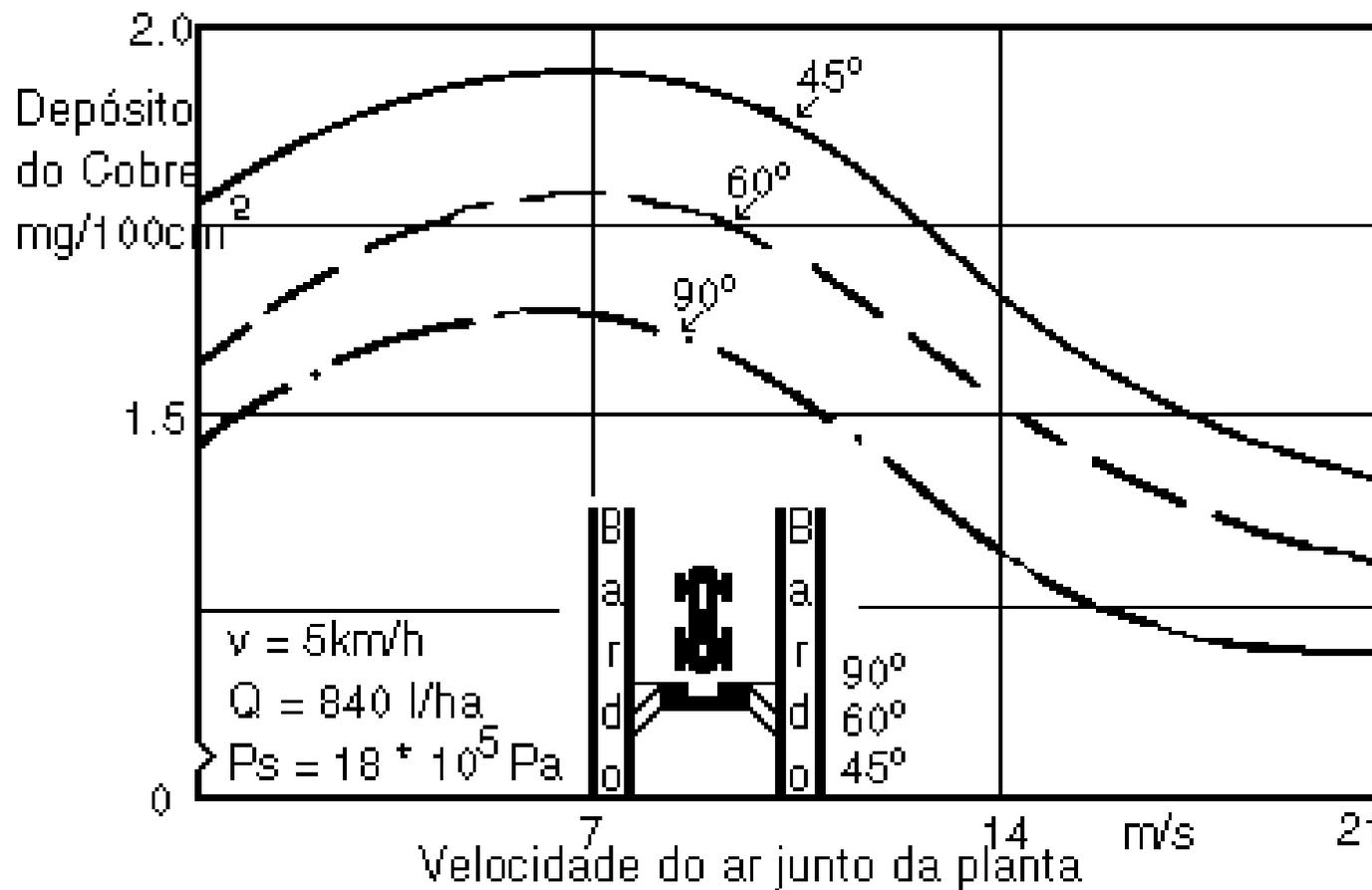
Para débito baixos (gotículas pequenas) é fundamental a corrente de ar pois a energia cinética das gotículas é muito baixa.

Departamento de Agronomia

Regulação da direção das correntes de ar



Posição dos bicos e da direção e distribuição dos jatos de ar nas faces dos bardos



Influência da velocidade do fluxo de ar direcionados e do ângulo de incidência na deposição de cobre na cultura da vinha

4.2- Os pulverizadores pneumáticos

A regulação do débito da calda é geralmente, efetuado por:

- utilização de pastilhas calibradas;
- torneiras que permitem variações contínuas.

Os valores de débito variam de 1 a 5 L/min, sendo os valores mais baixos obtidos nos pulverizadores com apenas um bucal de saída e os mais elevados com várias saídas; nesta situação débitos baixos conduzem a uma grande heterogeneidade na distribuição pelos vários bucais.

Relativamente ao débito e velocidade do ar estes são função:

- das características do ventilador (forma, diâmetro, número e forma das pás, etc.);
- do seu regime;
- das condutas (número, forma e dimensão).

4.3- Pulverizadores centrífugos

A regulação do débito da calda é geralmente, efetuado por:

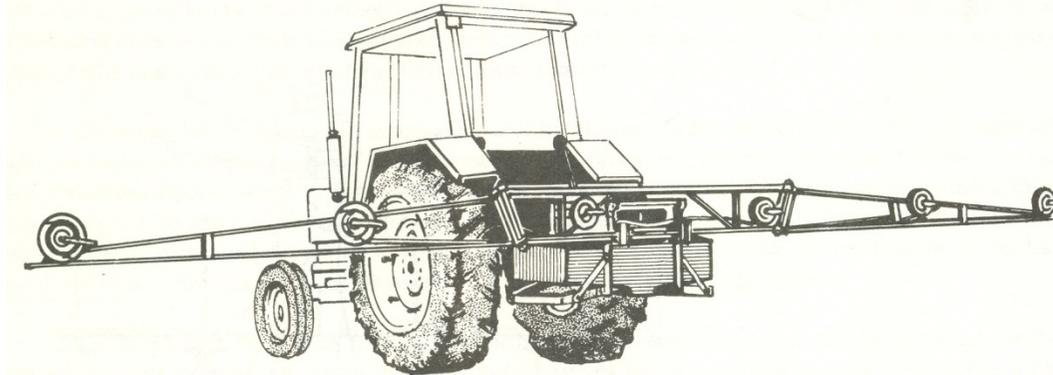
- utilização de pastilhas (gigleurs) calibradas;
- variação da pressão da calda (regulador clássico).

A chegada da calda aos bicos rotativos é efetuada sob uma ligeira pressão (± 1 bar), sendo o ângulo do jato de $\pm 140^\circ$, o que permite substituir três bicos de fenda.

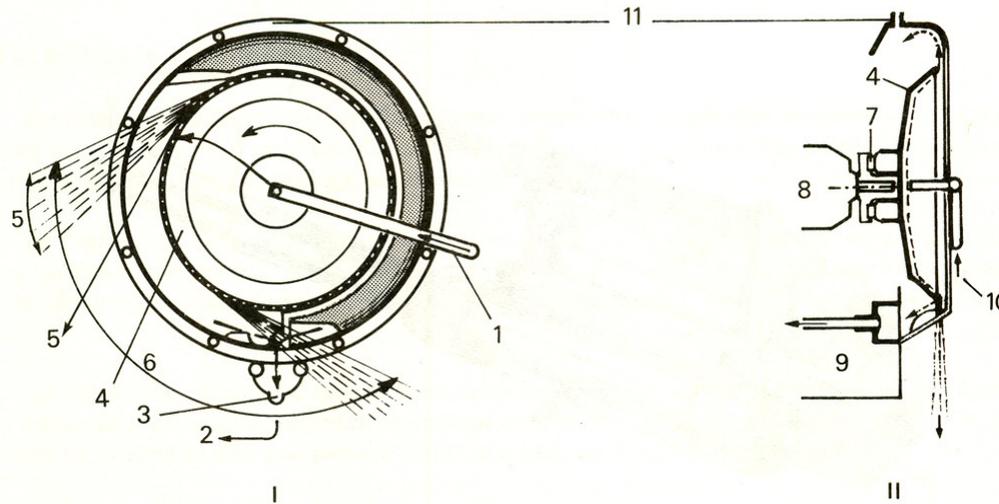
A dimensão das gotas, que varia em função da velocidade de rotação dos bicos, está compreendida entre os 50-500 μm . O acionamento dos bicos é efetuado por motores elétricos, alimentados pela bateria do trator, sendo a regulação da velocidade de rotação efetuada por um reóstato; o regime varia de 800 a 1700 rpm.

Os discos verticais apresentam uma proteção, segundo um sector de $\pm 220^\circ$, que permite a recuperação de $\pm 60\%$ da calda que é canalizada, através de uma bomba elétrica para o reservatório.

Departamento de Agronomia



Rampa com bicos centrífugos verticais



I- Vista frontal II- Vista lateral 1- tubo de alimentação 2- retorna para o reservatório 3- retorno para a bomba 4- disco 5- projeção 6- ângulo do jato (140°) 7- ligação magnética 8- motor elétrico 9- bomba centrífuga de retorno 10- tubo de alimentação 11- cárter

5- A manutenção dos pulverizadores

Departamento de Agronomia

Objetivos da manutenção dos pulverizadores:

- melhorar a sua eficiência;
- reduzir os encargos com reparações.

Cuidados a observar na manutenção dos pulverizadores:

- cuidados diária;
- cuidados quando da mudança de produto.
- cuidados a observar no fim de cada campanha
- a manutenção dos bicos e filtros

Departamento de Agronomia

Cuidados diários gerais

- não deixar a calda no reservatório, pois alguns produtos acabam por se deteriorar ou, sem agitação, depositam-se obstruindo filtros e bicos;
- lavar o circuito com água limpa, para o que se aconselha encher o reservatório até 15 - 20 % da sua capacidade e fazer funcionar o pulverizador;
- fazer uma inspeção geral para detetar possíveis fugas ou quaisquer outros estragos;
- lubrificar todas as peças móveis.

Departamento de Agronomia

Cuidados quando da mudança de produto:

- encher o reservatório até 15 - 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.

Departamento de Agronomia

Cuidados a observar no fim de cada campanha:

- 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 proteção próprios.

Departamento de Agronomia

A manutenção dos bicos e filtros

Para fazer a manutenção dos filtros 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.

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.

Não se devem utilizar arames para não danificar os orifícios das pastilhas nem soprar pois existem produtos corrosivos, irritantes ou tóxicos para a pele.

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

6- Aspetos mais relevantes

Departamento de Agronomia

Princípios de pulverização vs volumes/ha aplicados

Volumes / ha		Princípio de pulverização			
Tipo	L / ha	Pressão do líquido		Centrífugo	Pneumático
		Projetado	Transportado		
Ultra baixo volume	< 5			Para grandes culturas	
Muito baixo volume	5 - 50			Para 20 - 50 L/ha	
Baixo volume	51 - 100	(1) e (2)	(1)	(3)	Para 30 - 50 L/ha
Volume reduzido	101 - 200	Volume aconselhado	Volume aconselhado		
Volume médio	201 - 500				
Alto volume	> 500				

(1)- Risco de entupimento; (2)- Risco de deriva; (3)- Equipamento para aplicar muito baixo volume

Departamento de Agronomia

Escolha dos bicos

	Bicos de fenda 110º	Bicos de fenda 80º	Bicos de turbulência	Bicos de espelho	Bicos de filete	Bicos rotativos
Tipo de pulverização:						
Solo nu	Verde	Verde	Vermelho	Amarelo	Amarelo	Verde
Herbicida de pós emergência	Verde	Verde	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Verde
Fungicidas Insecticidas	Verde	Verde	Verde	Vermelho	Vermelho	Amarelo
Aubos líquidos em solo nu	Verde	Verde	Vermelho	Amarelo	Vermelho	Vermelho
Aubos líquidos em vegetação	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Verde	Vermelho
Aubos líquidos em suspensão	Vermelho	Vermelho	Vermelho	Verde	Vermelho	Vermelho
Herbicidas localizados	Verde	Verde	Vermelho	Amarelo	Vermelho	Vermelho

Departamento de Agronomia

Escolha dos bicos (cont)

	Bicos de fenda 110º	Bicos de fenda 80º	Bicos de turbulência	Bicos de espelho	Bicos de filete	Bicos rotativos
Aptidão:						
Penetração na vegetação	Verde	Verde	Verde	Vermelho	Vermelho	Amarelo
Sensibilidade:						
Ao vento	Amarelo	Amarelo	Vermelho	Amarelo	Verde	Vermelho
Às variações da altura da rampa	Verde	Amarelo	Vermelho	Verde	Amarelo	Amarelo
Ao entupimento	Vermelho	Vermelho	Amarelo	Verde	Verde	Verde

Tipo de pulverização	
Verde	Aconselhado
Amarelo	Possível
Vermelho	Desaconselhado

Aptidão	
Verde	Forte
Amarelo	Média
Vermelho	Fraca

Sensibilidade	
Verde	Fraca
Amarelo	Média
Vermelho	Forte

Departamento de Agronomia

Classificação dimensional de uma população de gotas

Classificação	DMV(μ)	Características
Gotas muito finas	< 90	Tem bom poder de cobertura mas são muito sensíveis ao vento. Um bico de fenda de 110° debita 0.45 L/min a 4.5 bar.
Gotas finas	90 - 200	As gotas obtidas por uma pressão elevada ou com bicos muito finos. Um bico de fenda de 110° debita 0.85 L/min a 3.5 bar.
Gotas médias	200 - 300	É o tipo de gotas mais utilizado em aplicações de 200 - 300L/ha, pressões de 2.5 - 3 bar, velocidades de 6 - 8 km/h. Um bico de fenda de 110° debita 1.44 L/min a 2.5 bar.
Gotas grandes	300 - 450	Gotas pouco sensíveis à deriva. São obtidas a baixa pressão ou com bicos de grandes calibres. São utilizadas para herbicidas. Um bico de fenda de 110° debita 2.5 L/min a 2 bar.
Gotas muito grandes	> 450	Gotas insensíveis à deriva. Utilizam-se na aplicação de adubos líquidos.

Departamento de Fitotecnia e Engenharia Rural

Densidade mínima de impactos (gotas)

Nº mínimo de impactos / cm ²	Tipo de produto
20 - 30	Inseticidas
20 - 40	Herbicidas em pré-emergência
30 - 40	Herbicidas de contacto e pós-emergência
30 - 50	Herbicidas de ação radicular
50 - 70	Fungicidas

OBRIGADO