

# OS SISTEMAS DE REGULAÇÃO DE DÉBITO NOS PULVERIZADORES

## INTRODUÇÃO

A diminuição da quantidade de calda a aplicar por unidade de superfície, que tem como objectivos principais aumentar o rendimento em trabalho e melhorar a oportunidade na execução dos tratamentos, tornou-se um imperativo na aplicação dos produtos fitossanitários.

Assim, considerando que, quanto menor for a quantidade de calda a aplicar por unidade de superfície, mantendo constante a quantidade de substância activa nessa área, mais importante se torna a precisão da regulação do débito, têm surgido sistemas de regulação deste que permitem uma maior precisão no volume a aplicar.

### 1- O sistema de regulação de débito constante nos pulverizadores

Nos pulverizadores, o sistema de regulação de débito constante (pressão constante), permite obter um débito uniforme, mantendo as características dimensionais das gotas, mas conduz, se a velocidade de deslocamento se alterar, à variação do volume aplicado por unidade de superfície. Os sistemas de regulação de débito variável, permitem, ao contrário dos anteriores, manter o volume por hectare, embora as características dimensionais das gotas se alterem.

Ilustrando os diferentes tipos de regulação tem-se:

Pressão constante (PC)			
Terreno	Subida	Declive	Plano
Regime motor	↔	↔	↔
Velocidade	↔	↔	↔
Débito (l/min)	↔	↔	↔
Volume (l/ha)	↔	↔	↔
Pressão	↔	↔	↔
l.a./ha	↔	↔	↔
Resultado	Dose >	Dose <	Dose =

Débito proporcional ao regime motor (DPM)			
Terreno	Subida	Declive	Plano
Regime motor	↔	↔	↔
Velocidade	↔	↔	↔
Débito (l/min)	↔	↔	↔
Volume (l/ha)	↔	↔	↔
Pressão	↔	↔	↔
l.a./ha	↔	↔	↔
Resultado	Dose =	Dose =	Dose =

Débito proporcional ao avanço (DPA)			
Terreno	Subida	Declive	Plano
Regime motor	↔	↔	↔
Velocidade	↔	↔	↔
Débito (l/min)	↔	↔	↔
Volume (l/ha)	↔	↔	↔
Pressão	↔	↔	↔
l.a./ha	↔	↔	↔
Resultado	Dose =	Dose =	Dose =

Débito proporcional electrónica (DPE)			
Terreno	Subida	Declive	Plano
Regime motor	↔	↔	↔
Velocidade	↔	↔	↔
Débito (l/min)	↔	↔	↔
Volume (l/ha)	↔	↔	↔
Pressão	↔	↔	↔
l.a./ha	↔	↔	↔
Resultado	Dose =	Dose =	Dose =

Concentração proporcional ao avanço (CPA)			
Terreno	Subida	Declive	Plano
Regime motor	↔	↔	↔
Velocidade	↔	↔	↔
Débito (l/min)	↔	↔	↔
Volume (l/ha)	↔	↔	↔
Pressão	↔	↔	↔
l.a./ha	↔	↔	↔
Resultado	Dose =	Dose =	Dose =

Concentração proporcional ao avanço (CPA)			
Terreno	Subida	Declive	Plano
Regime motor	↔	↔	↔
Velocidade	↔	↔	↔
Débito (l/min)	↔	↔	↔
Volume (l/ha)	↔	↔	↔
Pressão	↔	↔	↔
l.a./ha	↔	↔	↔
Resultado	Dose =	Dose =	Dose =

Figura 1- Efeitos comparativos dos diferentes princípios de regulação  
Fonte: Boisgontier (1990)

O sistema de regulação deve, pois, ser escolhido em função das condições de utilização, ou seja, se a velocidade se mantiver ± constante, o que acontece quando o escorregamento do tractor for mínimo, o sistema de débito constante é suficiente, mas, para situações de velocidade variável os sistemas de regulação de débito variável são os mais indicados.

### 1.1 - A regulação de débito nos pulverizadores de débito constante

Antes de proceder às operações de regulação de débito nos pulverizadores de pressão constante é necessário verificar-se:

- o estado geral do pulverizador, 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 proteções;
- 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 débito constante, depois de efectuadas as operações prévias já mencionadas, deve ter-se em atenção:

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

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 (Dc), em l/min, que é necessário obter, mediante a fórmula:

$$Dc = (Q \cdot v \cdot L) / 600$$

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.

Exemplo:  
 $Q = 500 \text{ l}$ ;  
 $L = 2 \text{ m}$ ;  
 $v = 3.6 \text{ km/h}$ ;  
 $Dc \text{ (l/min)} = 500 \cdot 3.6 \cdot 2 / 600 = 6 \text{ l/min}$

### 1.1.1 - Escolha do calibre e verificação dos bicos

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

As pressões de funcionamento dos diferentes tipos de bicos, são definidas em função do tipo de tratamento, pressões baixas conduzem a gotas de grande dimensão,

### Por Prof. Eng.º Fernando Santos (UTAD)

que têm tendência para escorrer para o solo, enquanto as pressões mais altas permitem obter um maior número de impactos, gotas mais pequenas e uma repartição mais homogénea.

A gama de pressões, em bar, normalmente indicada para os diferentes tipos de bicos é a seguinte:

- Bicos de fenda - 2 a 3;
- Bicos de turbulência - 2 a 20;
- Bicos de filete - 1 a 2;
- Bicos de espelho - 0.5 a 1.5.

Assim, utilizando as tabelas fornecidas pelos fabricantes, onde



são apresentados, para cada tipo de bico, os débitos, em l/min, em função da pressão, selecciona-se o calibre que permite uma maior aproximação ao valor desejado, utilizando-se depois a pressão para fazer a sua correcção.

As aplicações dos diferentes bicos são fundamentalmente as seguintes:

- bicos de fenda, na distribuição sobre um solo nu ou fracamente recoberto, como a aplicação de herbicidas ou fungicidas sistémicos;
- bicos de turbulência, na cobertura de vegetação desenvolvida, especialmente em viticultura e arboricultura, quando, por exemplo, se aplicam fungicidas e insecticidas;
- bicos de filetes para distribuição de adubos líquidos;
- bicos de espelho para distribuição de adubos líquidos em suspensão.

Com a verificação dos bicos pretende-se:

- certificar que 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, durante um determinado tempo, água de cada bico e comparar os volumes obtidos de cada um deles. Se as diferenças forem superiores a 10-15% deve verificar-se o estado de limpeza dos bicos e do sistema em geral, procedendo-se à sua substituição, caso seja necessário.

### 1.1.2 - Determinação da velocidade de trabalho

A velocidade de trabalho deve ser determinada em condições tanto quanto possível semelhantes àquelas em que o tractor vai trabalhar, não devendo ser utilizadas as indicações do fabricante, pois estas não consideram o eventual desgaste dos pneus, a sua dimensão, 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 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:

$$v = 3.6 \cdot L/t$$

Em pulverizadores de débito constante a velocidade e o débito variam na razão inversa.

### 1.1.3 - Determinação do débito da bomba (Db)

Para determinação do débito da bomba deve proceder-se do seguinte modo:

- encher completamente o reservatório do pulverizador;
- desmontar a ligação da conduta de retorno à saída da bomba;
- pôr o tractor a funcionar, por forma a obter as 540 rpm da TDF;
- fazer funcionar a bomba durante alguns minutos (t);
- medir o volume de água (q), em litros, necessário para repor o nível inicial.

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

$$Db = q/t$$

O valor obtido deve ser sempre superior ao débito real, para que seja possível o retorno de parte da calda ao reservatório, que, contu-

do, não deverá ser em grande quantidade para não provocar a alteração da substância activa e/ou a deterioração das condutas.

O volume do retorno, para que se verifique uma boa homogeneização da calda, deve ser cerca de 5% do volume do reservatório, se tiver uma capacidade inferior a 100 l, e 10%, caso seja superior.

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

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

A realização desta operação consiste em:

- fazer funcionar o pulverizador e certificarmo-nos que todos os bicos debitam regularmente, não havendo nenhuma fuga nos mesmos;
- regular a pressão, para obter o débito desejado, por hectare;
- 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).

O débito real (Dr) será dado por:

$$Dr = q/t$$

O débito de retorno (Da) por:

$$Da = Db - Dr$$

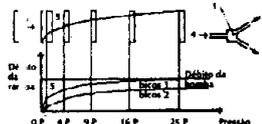


Figura 2 - Princípio da regulação de pressão  
1 - regulador; 2 - retorno; 3 - rampa; 4 - saídas; 5 - retorno; 6 - débito da bomba  
Fonte: CEMAGREF (1982)

Para além do débito real do pulverizador, é fundamental verificar o débito de cada bico, particularmente importante nas rampas de grande dimensão utilizadas no tratamento de culturas baixas. Porém, utilizar-se provetas graduadas e se colocam sob cada bico, e comparar os volumes obtidos. Valores superiores a 10-15 %, relativamente ao débito dos bicos novos, devem ser corrigidas mediante substituição, e não por variação da pressão de funcionamento, pois esta altera as características da pulverização. Volumes superiores aos originais são, regra geral, consequência da utilização de bicos usados, enquanto volumes inferiores indicam que os bicos estão parcialmente entupidos.

CONTINUA  
NO PRÓXIMO NÚMERO

# OS SISTEMAS DE REGULAÇÃO DE DÉBITO NOS PULVERIZADORES

(CONTINUAÇÃO DO NÚMERO ANTERIOR)

## 1.1.5 - Ajustamento do débito real de pulverização

O ajustamento do débito real de pulverização deve ser feito sempre que seja inferior ao débito calculado, o que acontece devido às perdas de carga nas condutas. Estas perdas podem ser detectadas comparando a pressão obtida ao nível do manómetro do distribuidor, com a pressão nos bicos.

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

- regulando a pressão, até obter um débito real igual ao calculado;
- escolhendo uma nova pressão de funcionamento através de abacos;
- calculando a nova pressão, utilizando a fórmula:  $P_2 = P_1 \cdot (Dc/Dc1)^2$

em que:

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

Exemplo:

- débito calculado para distribuir 500 l/ha a 3.6 km/h, numa largura de trabalho de 2 m;  $D_c = 6l/min$
- 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:  $P_2 = 2.5 \cdot (6 \cdot 6) / (5 \cdot 5)$
- $P_2 = 3.6$  bar
- que será a pressão de funcionamento necessária para se obter o débito desejado.

## 1.2 - A regulação do débito nos pulverizadores de débito variável

Das várias alternativas de regulação de débito nos pulverizadores de débito variável, o sistema electrónico de débito proporcional ao avanço (DPA) é dos mais utilizados.

O sistema de regulação electrónico, montado num pulverizador de jacto transportado, existente na UTAD, utiliza uma electroválvula que, em função da velocidade de deslocamento, da pressão e das variáveis previamente introduzidas, altera a posição da electroválvula, fazendo variar o débito por forma a manter constante o resultado final da expressão  $Q = 600 \cdot Dc / v \cdot L$  (ver ponto 1.1). A velocidade e a pressão são determinadas através da utilização de captores.

O sistema electrónico de regulação do débito é constituído por:

- consola do sistema de monitorização ou controlo (CMS), que pode funcionar em modo de funcionamento (operacional) e em modo de programação (SET UP). Em modo operacional, utilizado durante a pulverização no campo, dá indicações sobre a velocidade de deslocamento, superfície total e parcial coberta, distância percorrida, dose aplicada etc.. Em modo de programação, permite introduzir as constantes específicas das funções a controlar, nomeadamente o factor de conversão da densidade da calda relativamente à da água, a soma do débito e pressão de referência dos bicos, o zero de pressão, a aferição do captor de velocidade, etc.. Para passar do modo de funcionamento para o de programação ou vice-versa é necessário carregar, durante 3 segundos, no botão SET UP;

- consola do sistema calculador-regulador (CCS) que também pode funcionar em modo operacional e em modo de programação. Em modo operacional as indicações fornecidas são, a pressão de funcionamento (dada pelos segmentos gráficos existên-

tes na parte superior da informação digital) e o débito instantâneo; ao ligar este equipamento aparece o valor da dose programada para a pulverização, seguindo-se os valores limite da velocidade de avanço, entre os quais o calculador-regulador consegue manter o débito desejado. Em modo de programação as constantes a introduzir são a dose/ha desejada, a variação de débito admissível, a distância entre os bicos, a pressão de abertura da válvula, etc.. Para passar do modo de funcionamento para o de programação ou vice-versa é necessário carregar durante 3 segundos no botão OPER/SET UP;

- interruptor ou módulo de comando, que permite iniciar ou interromper a pulverização, e que tem três posições (ON, AUTO, FLUSH);
- electroválvula de controlo, cujo tempo de resposta, desde a abertura até ao fecho total, é de 2 s;
- captor de pressão, que, no caso presente, permite trabalhar entre 0 e 7 bar de pressão, medindo, em permanência, a pressão do circuito;
- radar, de efeito DOPPLER, para medir a velocidade real de deslocamento;
- cabos eléctricos que permitem a ligação entre os componentes.

Os dois sistemas apresentados, o de controlo e o calculador-regulador, podem ser montados isoladamente, sendo os restantes componentes comuns a cada um deles.

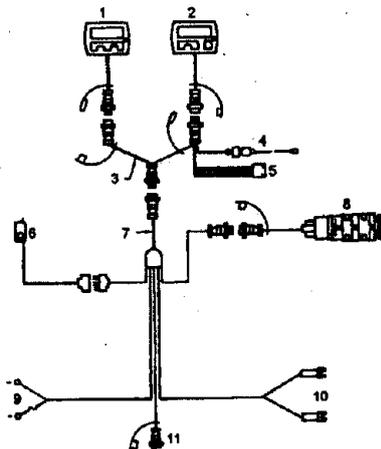


Figura 3 - Representação do sistema de controlo electrónico com o sistema calculador-regulador.

1 - Consola do calculador-regulador; 2 - Consola de monitorização; 3 - Cabos; 4 - Cabos de ligação à ignição; 5 - Ligações para os sectores das rampas; 6 - Módulo de comando; 7 - Feixe principal; 8 - Radar; 9 - Ligação à bateria; 10 - Ligações opcionais; 11 - Conjunto de cabos auxiliares.

Fonte: DICKEY-John

## 2 - Comparação entre as prestações do pulverizador utilizando, ou não, o sistema electrónico de regulação de débito

Para comparar as prestações do pulverizador, sem e com o sistema electrónico de regulação de débito, fizeram-se vários ensaios utilizando a relação de transmissão que permite, para o regime normalizado da TDF, uma velocidade de  $\pm 4$  km/h, utilizando as seguintes variáveis:

- tipos de piso;
- inclinação do terreno;
- bicos com pastilhas de 1 e 1.2 mm;
- pressões de funcionamento de 3 e 5 bar.

As constantes utilizadas na programação do sistema de controlo foram as seguintes:

CONSTANTE	REFERÊNCIA	VALOR
C0	Pressão	P
C1	Factor de conversão	1,0
C2	Soma do débito dos bicos	Variável
C4	Pressão de referência dos bicos	3 bar
C5	Zero de pressão	1 bar
C6	Nível de enchimento da cuba (/10)	30 l
C7	Nível de clarme da cuba (/10)	5 l
U6	Aferição do captor de velocidade	6096
E0	Comando do corte dos lanços	0

As constantes utilizadas na programação do sistema calculador-regulador foram:

CONSTANTE	REFERÊNCIA	VALOR
A	Forma de funcionamento	P
B	Dose l/ha	500 l/ha
C	Dose + / -	50 l/ha
D	Distância dos bicos	0.25 m
E	Pressão de referência de bicos	3 bar
F	Débito de referência dos bicos	Variável
G	Pressão de abertura das válvulas	2.0 bar
H	Factor de conversão	1,0
I	Zero de pressão	1 bar
J	Tempos de resposta	1 - 5 s
A	Controlo de bicos	0
B	Aferição de captor	6096
C	Limites de pressão	Variável

Da análise dos valores obtidos nos ensaios podem tirar-se as seguintes conclusões:

- a utilização do sistema de regulação electrónico permite obter, desde que se trabalhe dentro da gama de velocidades indicadas no calculador-regulador, valores de débito muito semelhantes ao débito introduzido pelo operador, ou seja, este equipamento corrige a deficiente regulação introduzida pelo operador. Os valores obtidos com o sistema electrónico variaram entre 493-511 l/ha e sem este sistema entre 405-793 l/ha;
- em solo mobilizado e não mobilizado não há diferenças significativas no que respeita aos valores dos débitos, o que está de acordo com a determinação da velocidade de translação previamente medida nas duas situações. A mobilização do solo consistiu numa escarificação a  $\pm 6$  cm de profundidade do solo previamente utilizado;
- os valores de débito determinados em campo, sem o sistema electrónico e em situações de declive descendente, são semelhantes aos obtidos em estação, extrapolados para o hectare (l/ha = 600 \* débito dos bicos (l/min)/largura de trabalho (m) \* velocidade de trabalho (km/h));
- em situações de declive nulo ou ascendente e sem o sistema electrónico, os valores determinados no campo, afastam-se dos determinados em estação, atingindo aumentos de 17%.

Dos resultados obtidos, é possível, em função do acréscimo de débito, que se verifica nas situações mais desfavoráveis, determinar o aumento dos encargos por hectare com os tratamentos, e assim, definir a área a tratar, a partir da qual se justifica a sua aquisição.

FERNANDO A. SANTOS  
JOAQUIM M. ALONSO

## BIBLIOGRAFIA

- Alonso, J. (1995). Comparação das prestações de um pulverizador de jacto transportado sem e com calculador-regulador electrónico de débito. Vila Real. UTAD. 75 pp.
- Boisgontier, D. (1990). Pulverisation et choix du pulverisateur. Perspectives Agric. les 147; 88-97.
- CEMAGREF (1982). Livre du Maître - Les matériels de protection des cultures. 4<sup>ème</sup> Partie. Antony. CEMAGREF.
- Dickey - John. Contrôleur de pulverisation DJ CMS 100. Manual de operação e montagem.
- Dickey - John. Calculador - regulador de pulverização DJ CCS 100. Manual de operação e montagem.
- 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. 256 pp.
- Santos, F. (1995). Equipamentos para tratamentos de culturas. Vila Real. UTA. 1. 60 pp.