

# VIABILIDADE DOS EQUIPAMENTOS PARA FERTIRRIGAÇÃO: DESEMPENHO E CUSTOS

José Maria Pinto

Existem ainda vários outros aspectos favoráveis à aplicação de fertilizantes através dos sistemas de irrigação localizada, todavia, o mais importante é que a aplicação seja feita de forma correta, a fim de evitar obstruções na tubulação e nos emissores.

Os sistemas pressurizados são os mais indicados para fertirrigação, destacando-se a irrigação localizada, especialmente por gotejamento (Goldberg & Shmueli, 1970; Bresler, 1977), dado suas características e forma de aplicação de água pontual junto à zona de concentração das raízes das plantas. A utilização desse método de irrigação promove a melhoria da eficiência do uso dos fertilizantes, reduz as perdas dos fertilizantes por lixiviação, melhora o controle da concentração de nutrientes no solo (Bresler, 1977) e economiza mão-de-obra e energia. Os métodos de aplicação foram desenvolvidos para proporcionar uma alta uniformidade de aplicação, conforme a distribuição de água do sistema, numa eficiente e econômica alternativa, quando comparada com as técnicas convencionais de aplicação.

## **Injeção de fertilizantes:**

Todo sistema de injeção de fertilizante requer um reservatório para dissolução produtos químicos e um sistema de agitação para estes produtos. Devem resistir à corrosão causada pelos fertilizantes. O volume mínimo do reservatório deve ser suficiente para a fertirrigação de uma unidade, sem que se requeira o reabastecimento. O volume do reservatório pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{n Q x A}{sol} \quad (1)$$

Em que:

V = Volume do reservatório, em m<sup>3</sup>;

n = Número de aplicações ;

Q = Quantidade de fertilizantes, em kg ha<sup>-1</sup>;

A = Área a fertirrigar, em ha;

sol = Solubilidade do fertilizante, em kg m<sup>-3</sup>

---

<sup>1</sup> Eng. Agric. Embrapa Semi-Árido, BR 428 km 152, Caixa Postal 23, CEP 56302-970 Petrolina, PE. E-mail: [jmpinto@cpatsa.embrapa.br](mailto:jmpinto@cpatsa.embrapa.br).



**Figura 1 Tanque para dissolução de fertilizantes**

#### **Tanque de derivação ou tanque fertilizante.**

Consiste em um depósito onde se coloca a solução que se quer incorporar ao solo e que, uma vez fechado, alcança em seu interior a mesma pressão que a rede de irrigação. Por isso o tanque deve ser capaz de suportar a pressão estática e dinâmica da rede. O normal é que resistam a cerca de 300 kPa, como mínimo, ainda que se recomenda que suportem uma pressão de trabalho a cerca de 600 kPa (Rodrigo López et al, 1997). Geralmente são metálicos, ainda que existam modelos em plástico reforçado com fibra de vidro, porém, em qualquer caso, devem ser capazes de suportar a ação corrosiva das substâncias que se utilizem. Seu volume varia entre 20 e 200 litros e o dimensionamento pode ser calculado, segundo Keller & Karmeli (1975), utilizando-se a equação:

$$V = \frac{C_i \times A_s}{C_f} \quad (2)$$

Em que:

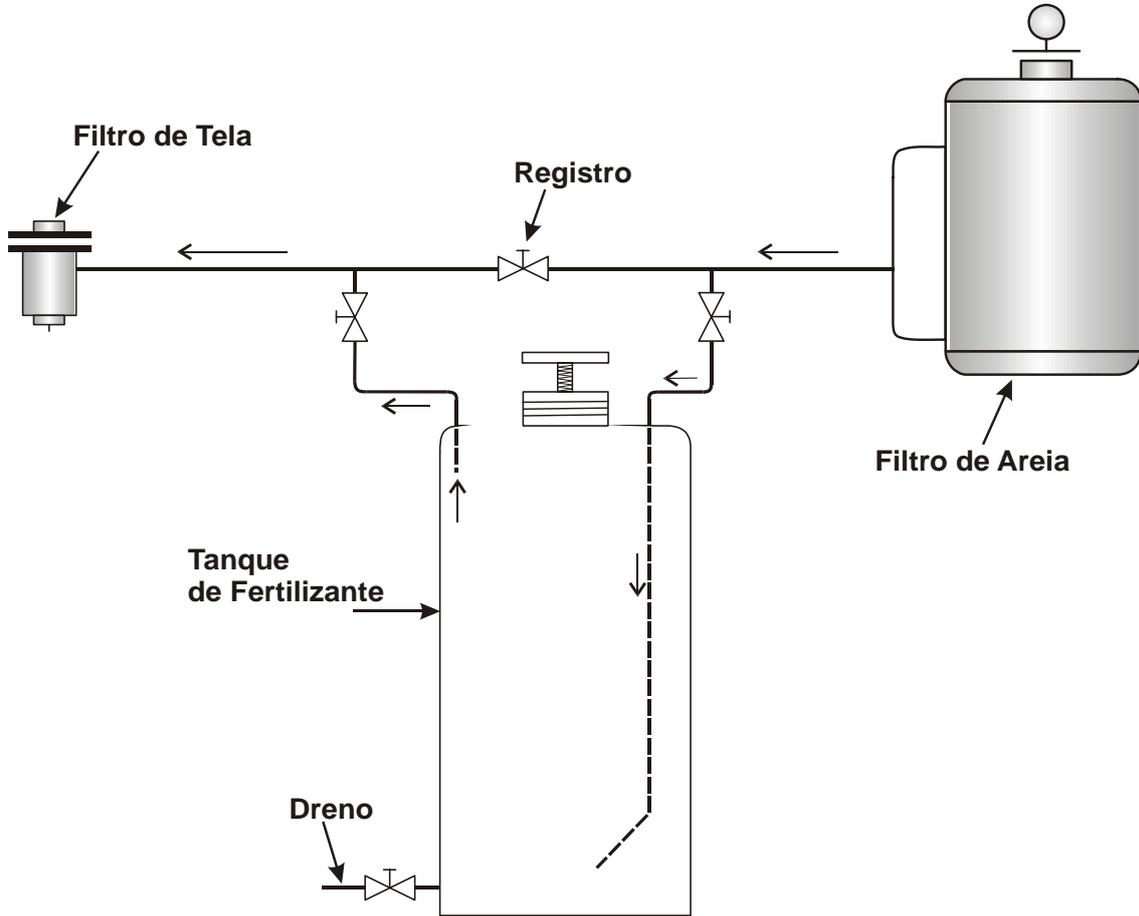
V = volume do tanque de fertilizante , em litros;

C<sub>i</sub> = quantidade de nutrientes a ser aplicada por irrigação, em kg ha<sup>-1</sup>;

A<sub>s</sub> = área que o sistema irriga por vez, em ha;

C<sub>f</sub> = concentração do fertilizante, em quilo de nutriente por litro de água (kg L<sup>-1</sup>).

Estes dispositivos se colocam em paralelo com relação à tubulação de irrigação, sendo que a diferença de pressão da ordem de 10 e 50 kPa, entre a entrada e a saída do tanque de fertilizante, causadora do fluxo através do tanque, é conseguida por intermédio da instalação de um registro na linha principal do sistema, entre os pontos de saída para o tanque e de retorno do tanque (Figura 2).



**Figura 2–Tanque de fertilizante**

Para a injeção do fertilizante na tubulação de irrigação se fecha o registro que está na linha principal, para que parte da água destinada à irrigação passe pelo tanque. Por tanto, a vazão até o tanque se pode regular mediante o registro na linha principal. Como a vazão de água que entra no tanque é igual à vazão da solução fertilizante que sai do mesmo, é evidente que a solução fertilizante que fica no tanque vai diluindo com o tempo de funcionamento, a concentração da solução que se incorpora à rede também vai diminuindo.

A quantidade de fertilizante ( $C$ ) que permanece no interior do tanque, depois de transcorrido o tempo ( $T$ ), é dada pela equação:

$$C = C_0 \times e^{-\frac{qT}{V}} \quad (3)$$

Em que:

$C_0$  = quantidade inicial de fertilizante;

$q$  = fluxo que circula através do tanque, em  $L h^{-1}$ ;

$V$  = volume do tanque, em litros;

$T$  = tempo transcorrido de aplicação, em hora;

$e$  = base do logaritmo neperiano

De acordo com a equação (3), quando passa pelo tanque duas vezes o seu volumes (do tanque), a quantidade incorporada será de 95% e quando houver circulado 4 ciclos, a quantidade incorporada se supõe de 98% do fertilizante inicial (Figura 3). Na prática, a concentração de fertilizante restante no tanque ao final da fertirrigação deve ser inferior a 2%.

O tempo será:

$$T = -\frac{V}{q} \times n \frac{C}{C_0} \quad (4)$$

A vazão,  $q$  ( $L h^{-1}$ ), que deve passar através do tanque para aplicar o fertilizante, pode ser calculada pela equação:

$$q = \frac{4V}{tr \times ta} \quad (5)$$

Em que:

$tr \times ta$  = tempo útil de aplicação de fertilizante, sendo:

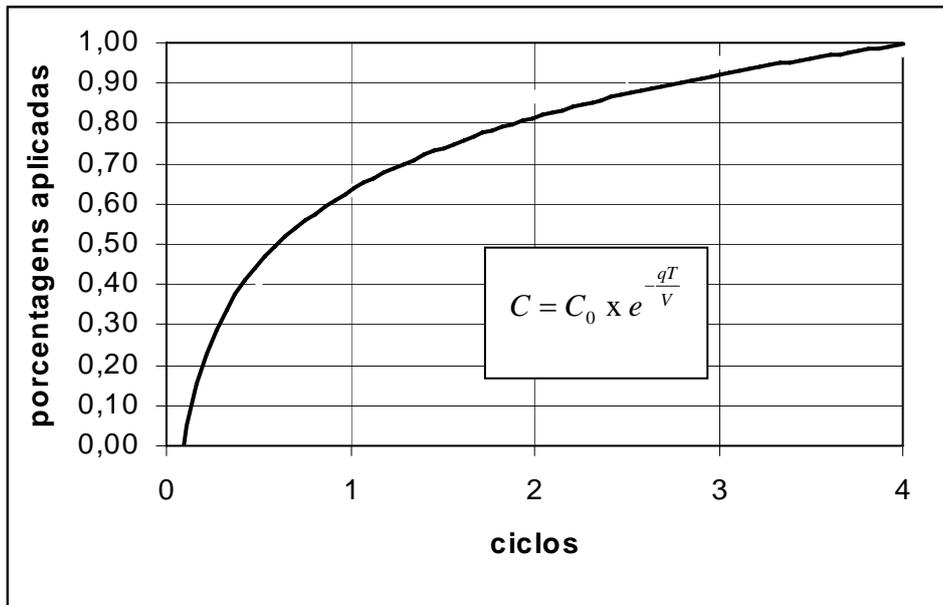
$tr$  = relação entre o tempo de aplicação de fertilizante e o tempo de aplicação da irrigação, usualmente 0,8;

$ta$  = tempo de aplicação da irrigação, em h

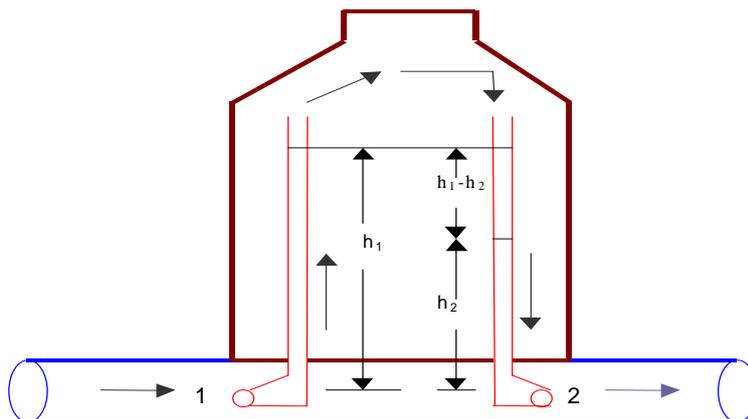
O tempo mínimo de aplicação da irrigação quando se está fazendo fertirrigação pode ser determinado pela equação:

$$ta = \frac{5V}{q} \quad (6)$$

Existem algumas variações deste método, como a utilização de um latão de leite metálico para funcionar como tanque de derivação de fluxo, com a vantagem de apresentar baixo custo (Costa & Brito, 1988; Andrade & Gornat, 1992) (Figura 4).



**Figura 3 – Porcentagem de fertilizante aplicado por ciclo**



**Figura 4 Tanque de fertilizantes adaptado**

### **Transformação de energia**

Este método baseia-se no princípio de transformação de formas de energia, ou seja, a energia de velocidade da água dentro da tubulação transforma-se em energia de pressão, a qual novamente transforma-se em energia de velocidade. Esse processo ocorre mediante perda de energia, a qual deve ser mínima para que o método torne-se eficiente. A aplicação deste método requer a utilização de peças ou equipamentos especiais acoplados na tubulação principal do

sistema de irrigação, como por exemplo: Venturi e tubo de pitot, sendo o Venturi, o mais comum e mais utilizado na prática.

### Injetor tipo Venturi

A concentração da solução fertilizante no injetor tipo Venturi é constante no decorrer do tempo de aplicação. O princípio de funcionamento consiste no estrangulamento do fluxo da água de irrigação, de modo a provocar aumento de velocidade, criando-se uma pressão negativa que provoca a aspiração da solução fertilizante (Figuras 7, 8). Partindo-se do pressuposto que a vazão no ponto 1 é igual à vazão no ponto 2, de acordo com a equação da continuidade:

$$Q_1 = Q_2 = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \quad (7)$$

Em que:

$Q$  = vazão da linha de irrigação, em  $m^3 s^{-1}$ ;

$A$  = área da seção transversal da tubulação, em  $m^2$ ;

$V$  = velocidade do fluxo da água, em  $m s^{-1}$ .

A área  $A_1$  (tubulação) é superior à área  $A_2$  (Venturi). Para que a equação da continuidade seja observada é necessário que a velocidade do fluxo  $V_2$  seja superior à velocidade do fluxo  $V_1$ . É esta transformação de energia cinética que provoca o diferencial de pressão entre os pontos 1 e 2, provocando uma pressão negativa ou sucção no ponto 2, onde se encontra conectado o depósito com a solução fertilizante.

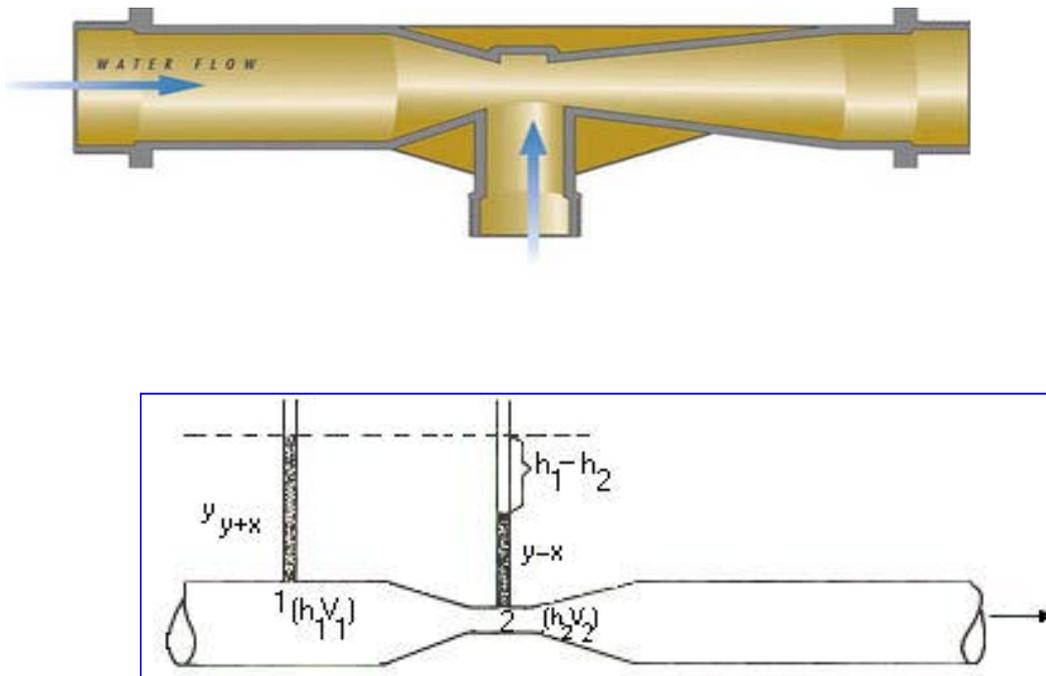


Figura 7 – Detalhe do sistema hidráulico de um Venturi

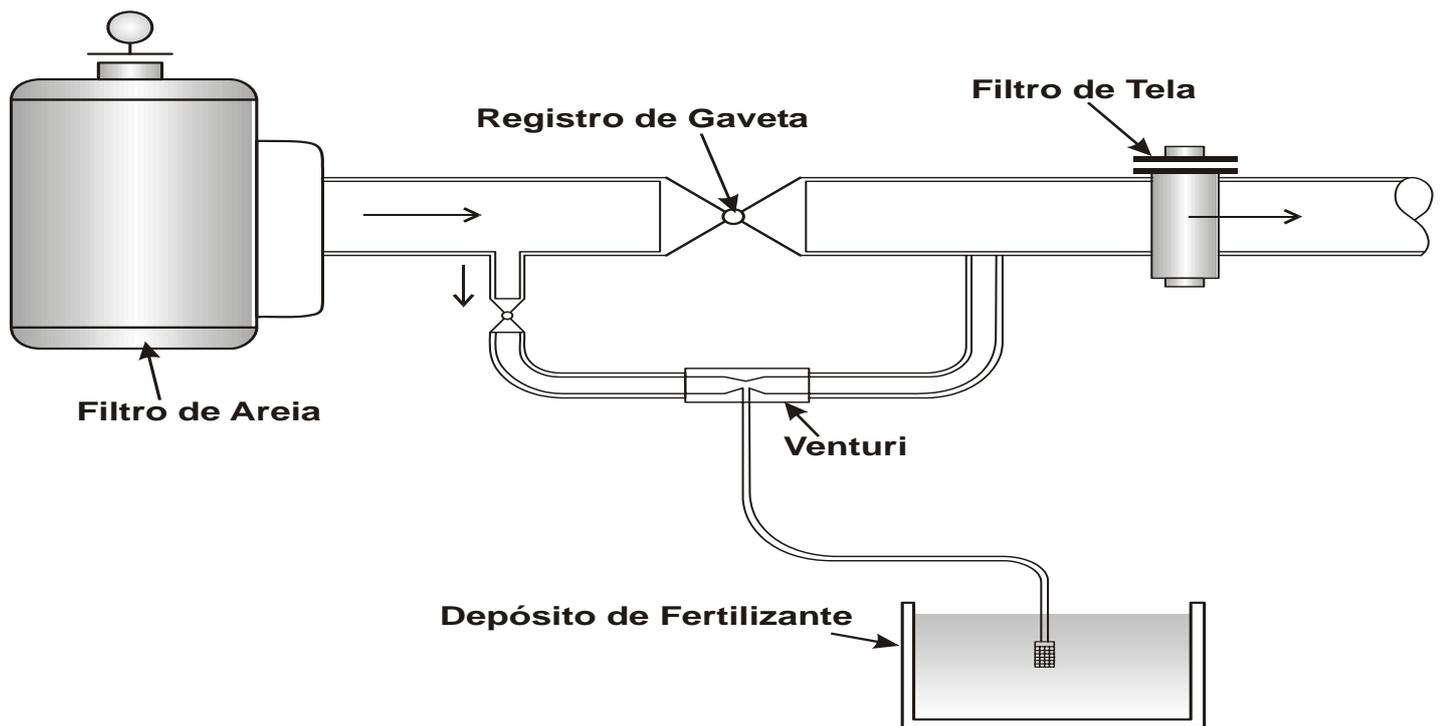


Figura 8 Esquema de injetor tipo Venturi



Figura 9 Detalhe de Venturi no cabeçal de controle

A vantagem destes injetores de fertilizantes é a simplicidade do dispositivo, bem como seu preço, manutenção e durabilidade, além de não necessitar uma fonte de energia especial. Como limitação, pode-se citar a grande perda de carga provocada pelo estrangulamento da tubulação, podendo variar de 10 a 50% da pressão de entrada (Pascual, 1996; Valverde, 1996), dependendo do modelo. Entretanto, existem soluções alternativas para contornar essa limitação, como a instalação do injetor com uma bomba auxiliar.

### Instalação do injetor com uma bomba auxiliar

Quando uma bomba auxiliar é instalada para proporcionar o diferencial de pressão necessário para injeção do fertilizante através do Venturi (Figura 10), tendo como desvantagem o custo mais elevado de instalação do sistema. Em muitos casos, quando se quer evitar grandes perdas de carga, se instala um pequeno equipamento de bombeamento antes do Venturi.

O cálculo da pressão que deve fornecer o equipamento de bombeamento é feito por meio da equação:

$$H' = H \times \frac{\Delta p}{1 - \Delta p} \quad (8)$$

Em que,

$\Delta p$  = perda de carga do Venturi, em decimal;

H = pressão da rede;

H' = pressão a fornecer pelo equipamento de bombeamento.

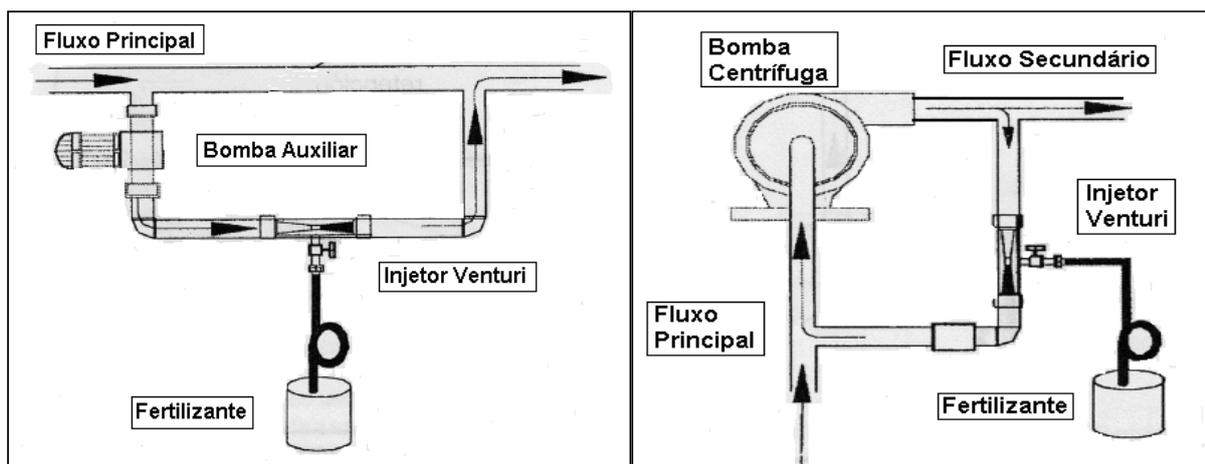


Figura 10 – Instalação de Venturi utilizando bomba auxiliar

### **Bombas injetoras**

A solução fertilizante contida num reservatório aberto é introduzida ao sistema de irrigação, com pressão superior à da água de irrigação, em concentração constante, por meio de uma bomba elétrica ou hidráulica,

### **Bombas injetoras com motor elétrico**

As bombas injetoras com motor elétricos estão desenvolvidas para a injeção de fertilizantes. Consiste em bombas de deslocamento positivo, que podem ser de pistom ou de membrana, acionadas por um motor elétrico de baixa potência (0,25 – 1 kw), fabricadas com materiais não corrosivos (Figura 11

A vazão teórica injetada por uma bomba injetora elétrica de pistão é dado por:

$$Q = \pi N R^2 C \quad (9)$$

Em que:

Q = vazão da bomba em L h<sup>-1</sup>;

N = número de ciclos aspiração-impulsão, em 1 hora

R = Raio do pistom, em dm

C = Velocidade do pistom ou deslocamento horizontal, em dm.

Para modificar a vazão se pode variar a velocidade C do pistom ou o numero N de ciclos por hora. O usual é o primeiro: as bombas injetoras têm um comando exterior para regular a vazão (parafuso micrométrico), que atua deslocando a excêntrica, modificando a velocidade do pistom, o qual regula a vazão. A regulagem pode ser feita com a bomba parada ou em funcionamento.



**Figura 11 – Bomba injetora com motor elétrico.**

Nas bombas de membrana, o elemento alternativo é um diafragma flexível que oscila por um dispositivo mecânico como nas bombas de pistom, ou pelas pulsações de pressão iniciadas em uma câmara de fluidos. Este tipo se denomina de acionamento hidráulico.

### **Bombas injetoras com acionamento hidráulico**

Injetor hidráulico é uma bomba constituída por uma pequena câmara que alternativamente se enche e esvazia, acionada pela pressão da rede de irrigação. Quando a

câmara se enche, o dosificador succiona o fertilizante de um depósito e quando se esvazia, o injeta na rede (Figura 12 e 13).

O volume injetado está definido pela expressão:

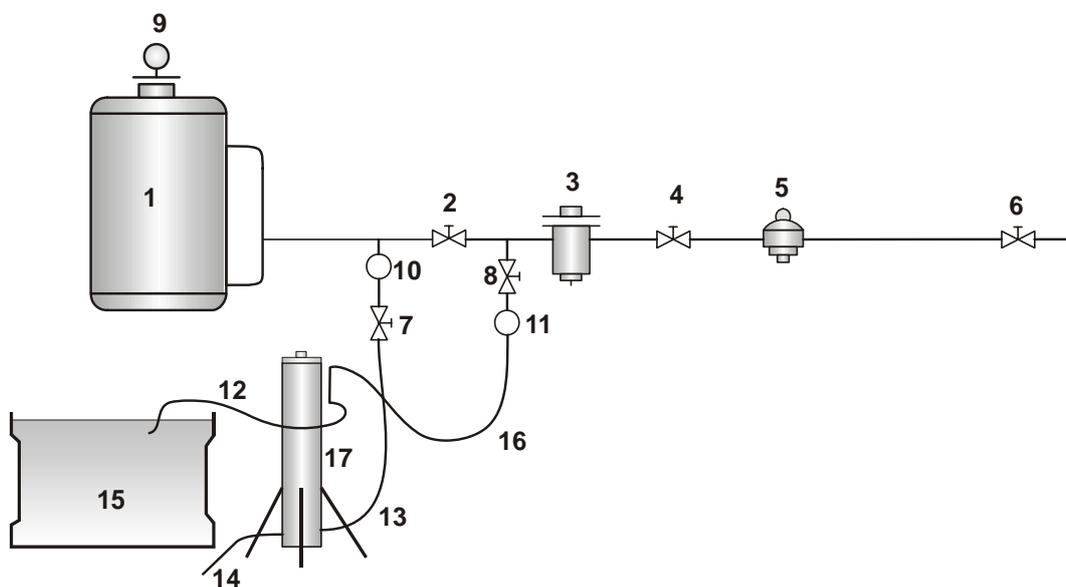
$$V = v \times n \times t \quad (8)$$

Em que:

- V = volume injetado no tempo t, em L;
- v = volume injetado em um movimento do êmbolo, em L;
- n = número de movimento do êmbolo por unidade de tempo;
- t = tempo de funcionamento.

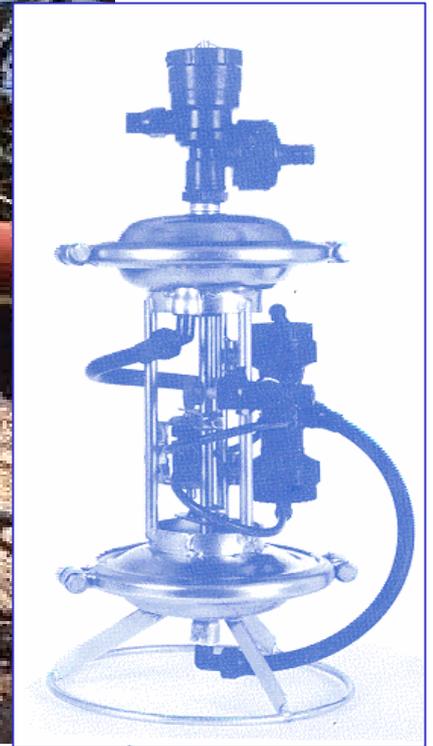
Para controlar a dosificação se varia “n” ajustando a pressão de entrada na bomba mediante uma válvula. Para cada modelo, o fabricante deverá proporcionar um gráfico ou tabela que relacione a pressão de entrada com o número de movimento do êmbolo por unidade de tempo.

As bombas de acionamento hidráulico são, normalmente, de pistom ou diafragma e o consumo de água para seu funcionamento costuma ser de duas a três vezes o volume de líquido injetado. A principal vantagem destes dispositivos é que não necessita aporte de energia exterior à instalação e que não produzem perda de carga adicional.



- |   |  |
|---|--|
| 1 - Filtro de areia                               | 10 e 11 - Hidrômetros  |
| 2 - Registro de fechamento lento (2 polegadas)    | 12 - Mangueira de sucção da solução fertilizante               |
| 3 - Filtro de tela                                | 13 - Mangueira de entrada de água da bomba                     |
| 4 - Registro de fechamento lento (1 polegada)     | 14 - Mangueira de ejeção da água da bomba para seu acionamento |
| 5 - Válvula de controle de pressão (1/2 polegada) | 15- Reservatório de solução fertilizante                       |
| 6, 7 e 8 - Registro de fechamento rápido          | 16 - Mangueira de injeção da solução fertilizante              |
| 9 - Monômetro de Bourdon                          | 17 - Bomba injetora de fertilizante                            |

**Figura 12 – Bomba injetora com acionamento hidráulico**



**Figura 13 – Bomba injetora com acionamento hidráulico TMB**

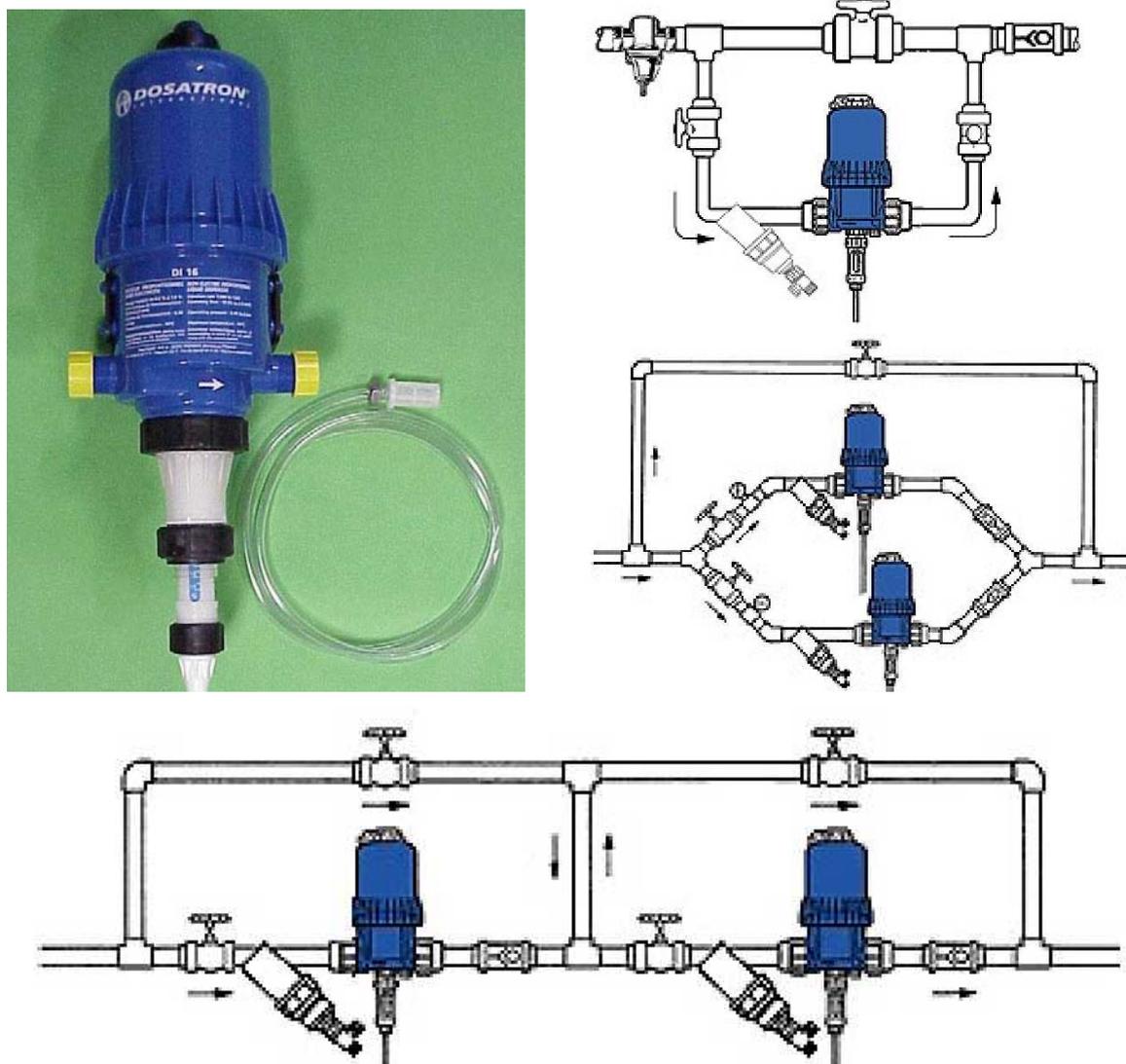


Figura 14 **Injetora de fertilizantes ‘AMIAD’**

### **Bomba injetora de ação hidráulica por pistão**

Como a bomba injetora por acionamento hidráulico por diafragma ou membrana, o dosificador hidráulico acionado por pistão também não requer energia elétrica para o seu funcionamento. Sua instalação se dá da mesma forma que o injetor Venturi, sendo indicados em instalações comunitárias, donde a água é fornecida com pressão muito superior à necessária, ou bem, quando se dispõe de um reservatório que se encontra em uma cota muito elevada. Devida à complexidade do equipamento, por possuir numerosas peças móveis, a qualidade da água é de fundamental importância já que, qualquer impureza pode afetar o bom funcionamento do injetor.

Na Figura 15 (A-D) se apresenta o modelo comercial Dosatron e os modos de instalação do equipamento. Este tem a capacidade de injetar soluções fertilizantes uniformemente na faixa de 0,02 a 250 L h<sup>-1</sup> em uma razão de diluição de 1:500 a 1:50 ou seja de 0,2 a 2%.



**Figura 15 – Bomba injetora de ação hidráulica por pistão**

### **Critérios de escolha dos equipamentos de injeção de fertilizantes**

Existem diferentes procedimentos de aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Em cada condição deve ser considerado fatores específicos inerente ao método de aplicação, como disponibilidade e energia elétrica, pressão. Alguns critérios devem ser considerados para a escolha do equipamento injetor:

**Fonte de energia disponível:** Os dosificadores elétricos só se podem instalar quando se dispõe desta fonte de energia. Quando não se dispõe de eletricidade as alternativas são os tanques de derivação ou de fertilizantes, injetores Venturi e os dosificadores hidráulicos que aproveitam apenas a pressão hidráulica da rede de irrigação.

**Volume e capacidade do sistema:** A quantidade de solução que o reservatório de fertilizante pode conter e as vazões totais que se pode introduzir na rede de irrigação é função da frequência de irrigação, necessidade total de fertilizante e forma de aplicação dos fertilizantes

Na Tabela 1 está a comparação dos diversos métodos de injeção de produtos químicos.

**Tabela 1** - Comparação dos diversos métodos de injeção de produtos químicos

<b>Injetor</b>	<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
<b>Bomba centrífuga:</b>		
Pressão positiva "recalque"	Baixo custo. Pode ser calibrada, durante o funcionamento.	Calibração depende da pressão do sistema. Baixo controle do produto injetado.
Dosadora "Piston"	Alta precisão e pressão de trabalho.	Alto custo
Pressão negativa "Sucção"	Baixo custo. Pode ser calibrada durante o funcionamento.	Injeção do produto depende da bomba do sistema. Possibilidade de corroê-la e poluir manancial. Baixo controle da qualidade do produto injetado.
<b>Diferencial de pressão</b>		
<b>"Peças especiais":</b>		
Venturi	Médio custo. Fácil uso movido pela energia d'água do sistema calibração possível durante a operação.	Cria zona de baixa pressão no sistema. Calibração depende do nível do produto no depósito.
<b>Vaquinha</b>	Baixo custo. Compacto, rubusto, fácil uso, portátil. Fabricação em simples oficina. Movido pela energia d'água do sistema.	Controle relativo da quantidade do produto injetado.
<b>Combinado/Composto "gravitacional, bomba principal e auxiliar"</b>	Médio custo. Movido pela energia d'água do sistema (principal e auxiliar) e gravitacional.	Controle relativo da quantidade de produto injetado. Frágil.
<b>Gravidade/superfície:</b>		
Carga constante e variável	Baixo custo	Baixo controle da quantidade do produto injetado
Orifício	Baixo custo	Controle adequado da quantidade do produto injetado.

### **Segurança na aplicação de agroquímicos**

Os equipamentos mínimos requeridos na quimigação são: sistema de irrigação (sucção, eletro ou motobomba, recalque e linhas laterais de irrigação), bomba injetora, depósito de agroquímicos, válvula de retenção manômetro.

A instalação e manutenção dos equipamentos para prevenir o refluxo dos químicos dentro da fonte d'água ou do depósito de agroquímico é fundamental para o sucesso desta tecnologia de aplicação de produtos químicos.

### **Sistema de prevenção do refluxo**

São diversos os equipamentos de prevenção de refluxo. O sistema de prevenção ilustrado consiste em:

**A** - Válvula de retenção na linha principal de irrigação, ventosa – sifão e um dreno:

A válvula de retenção e a ventosa-sifão impedem o produto químico e/ou a solução de retornar à fonte d'água. A localização das válvulas de retenção devem situar-se entre a bomba de irrigação e o ponto de injeção na linha principal de irrigação.

A função do dreno de baixa pressão é remover qualquer solução de produto químico que tenha passado pela válvula de retenção.

#### **B – Sistema bloqueador de injeção de químicos:**

O sistema que interrompe a injeção de produtos químicos consiste de uma válvula de retenção, uma válvula solenóide – localizada na linha de sucção, suprimento de energia do sistema de irrigação e a bomba de injeção de químicos.

A válvula de retenção na linha de injeção de químicos é necessário para prevenir o fluxo de água do sistema de irrigação para o interior do tanque.

#### **C – Bomba Injetora:**

A bomba injetora de produtos químicos deve ter precisão de 0,5 – 1%, fácil ajuste para diferentes doses – mesmo durante a operação, material não corrosivo e de mecânica robusta. O motor elétrico deve ser totalmente selado para minimizar a possibilidade de combustão, quando combustíveis ou vapor químico estejam presentes.

### **Calibração**

A calibração é extremamente importante envolvendo o sistema de irrigação e o sistema de aplicação de produtos químicos, pois a distribuição da água no sistema de irrigação deve ser uniforme para distribuir também uniformemente os produtos químicos.

A calibração é um procedimento simples e análogo para os diversos métodos de irrigação. Além disso, é essencial para o bom desempenho da tecnologia de aplicação de produtos químicos.

### **BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

ALMEIDA, O.A. de. Equipamentos de injeção de fertilizantes. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A.V. *Fertirrigação em Fruteiras Tropicais* (org) Cruz das Almas.: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p. 28 – 42.

ANDRADE, C.L.T.; GORNAT, B. **Calibração e operação de um tanque de fertirrigação**. Parnaíba: Embrapa - CNPAI, 1992. 17p. (Embrapa - CNPAI. Circular Técnica, 3).

BRESLER, E. Trickle-drip irrigation: principles and application to soil water management. *Advance Agronomy*, New York, v.29, p.344-393, 1977.

COSTA, E. F. da; BRITO, R. A. L. Aplicador portátil de produtos químicos via água de irrigação. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1988. 19p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 13).

COSTA, E. F. da; BRITO, R. A. L. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. *Quimificação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação*. Brasília, Embrapa-SPI, 1994. p. 85-109.

COSTA, E. F.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. *Informe agropecuário*, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 1-112, 1986.

COSTA, E.F. da; FRAÇA, G.E. de; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: HERNANDEZ, F.B.T.; MORAES, J.F.L. de A.; LEANDRO, W.M. **Irrigação: Momento atual e perspectiva**. Jaboticabal: SECITAP, 1987. p.51-71.

GOLDBERG, D.; SHMUELI, M. Drip irrigation: a method used under arid desert conditions of high water and soil salinity. *Transactions of the ASAE*, Michigan, v.13, p.38-41, 1970.

HAMAN, D.Z., SMAJSTRIA, A.G., ZAZUETA, F.S. *Chemical injection methods for irrigation*. Gainesville, FL, University of Florida, 1990. 21p. (Florida Cooperative Extension Service, Circular, 864).

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

LOPEZ, T. M. Cabezal de riego. In: LÓPEZ, C. C. **Fertirrigación: cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 1998. p. 247-263.

McCULLOCH, A.N., SCHRUNK, J.F. **Sprinkler irrigation**. Washington, D.C., SPRINKLER IRRIGATION ASSOCIATION, 1969. 444p.

MOYA TALENS, J.A. **Riego localizado y fertirrigación**. 2ª ed. rev y amp. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 1998. 392 p.

PASCUAL, B. **El riego. Principio y prácticas**. UPV-DPV-ETSIA- SPUPV. Valencia. 1990. 395 p.

PASCUAL, B. **Riegos de gravedad y a presión**. Departamento de Producción Vegetal. ETSIA, UPV. SPUPV- Valencia. 1996. 465pp

PINTO, J. M.; SOARES, J. M. **Fertirrigação - a adubação via água de irrigação**. Petrolina:Embrapa-CPATSA, 1990. 16p. (Embrapa-CPATSA. Documentos, 70).

PINTO, J. M. **Aspectos técnicos da Fertirrigação**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1999. Não paginado. Apostila do V Curso de Hortaliças Irrigadas no Nordeste Brasileiro, 1999, Petrolina, PE.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF). goteo, microaspersión y exudación**. 3ª ed. rev. amp. Madrid, MUNDI-PRENSA. 1996. 513p.

RODRIGO LOPEZ, J.; HERNANDEZ, J.M.; PEREZ, A. y GONZALEZ, J.F. **Riego localizado**. 2ª ed rev. Ediciones Mundi-Prensa, MAPA, Madrid. 1997. 405 p.

SANTOS, F.J. de S.; LIMA, R.N. de **Fertirrigação: Injetores**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 4p (Embrapa Agroindústria Tropical, Instruções Técnicas, 07)

THERADGILL, E.D. Chemigation via sprinkler irrigation: current status and future development. **Applied Engineering in Agriculture**, v.1, n1, p.16-23, 1985.

VIDAL, I. Cálculos de soluciones y manejo de la fertirrigación. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FERTIRRIGAÇÃO, 1., 2003, João Pessoa. **Minicurso...** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba/Centro de ciências Agrárias/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro de Pesquisa do Semi-árido, 2003. 74p.