

## **ESTUDO COMPARATIVO DA TAXA DE INJEÇÃO EM INJETOR DO TIPO VENTURI COM E SEM VÁLVULA DE RETENÇÃO**

**LUCAS DA COSTA SANTOS<sup>1</sup>; JOÃO LUIS ZOCOLER<sup>2</sup>; ANDRÉ LUIZ JUSTI<sup>3</sup>; ALEXSANDRO OLIVEIRA SILVA<sup>1</sup>; JOSELINA DE SOUZA CORREIA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, FCA/UNESP. CP 237, CEP 18610-307, Botucatu/SP, lucas.cs21@gmail.com

<sup>2</sup>Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP/Ilha Solteira-SP.

### **1 RESUMO**

Para se realizar a técnica da quimigação é necessário que o sistema de irrigação possua um injetor para incorporar os produtos na água de irrigação. Dentre os métodos existentes, o que tem se destacado nos últimos anos é o injetor do tipo Venturi. Essa preferência tem sido motivada pela sua simplicidade, por não possuir peças móveis e ser de baixo custo. Apesar dessas vantagens, o uso do injetor Venturi, assim como os demais injetores, necessita de dispositivos de segurança que minimizem o risco de contaminação ambiental. Neste trabalho, objetivou-se analisar a influência da válvula de retenção na taxa de injeção de água de um injetor do tipo Venturi instalado em pivô central e seu rendimento. O dispositivo de injeção era constituído de um injetor Venturi de 1,5 polegadas associado a uma motobomba centrífuga de 2,2 kW. O equipamento foi instalado na base do pivô central. Foram tomados tempos de esvaziamento de um reservatório de volume de 20 litros. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo realizadas dez repetições em cada situação avaliada, ou seja, injetor equipado com válvula de retenção e sem a presença da mesma. Aplicou-se a análise de variância, seguida do teste de Tukey. Concluiu-se que a presença de válvula de retenção em injetores do tipo Venturi não influenciou de forma significativa as taxas de injeção e o rendimento, tendo este último apresentado valores da ordem de 10%.

**Palavras-Chaves:** Quimigação; acessórios; pivô central

**SANTOS, L. da C.; ZOCOLER, J. L.; JUSTI, A. L.; SILVA, A. O.; CORREIA, J. de S.  
COMPARATIVE STUDY OF THE INJECTION RATE AS FROM INJETOR  
VENTURI EQUIPPED WITH AND WITHOUT CHECK VALVE**

### **2 SUMMARY**

To carry out the technique of chemigation is necessary that the irrigation system has an injector incorporating the product into irrigation water. Among the existing methods, which has emerged in recent years is the Venturi injector. This preference has been motivated by its simplicity, has no moving parts and be low cost. Despite these advantages, the use of the Venturi nozzle, as well as other injectors, require safety devices to minimize the risk of environmental contamination. This study aimed to analyze the influence of the check valve in the water injection rate from the Venturi injector installed on a center pivot as its efficiency. The injection device was made of a Venturi injector size 1.5 inch connected to a centrifugal pump of 2.2 kW. The equipment was installed at the base of the central pivot. The emptying

time of a reservoir of 20 liters were taken. The experimental design was completely randomized, with ten repetitions performed in each situation assessed, ie, injector equipped with and without the presence of the check valve. It was applied the analysis of variance followed by Tukey's test. It was concluded that the presence of check valve in the Venturi type injectors did not influence significantly the injection rate and the yield, the latter has shown values of the order of 10%.

**Keywords:** Chemigation; accessories; center pivot.

### 3 INTRODUÇÃO

A aplicação de produtos químicos através da água de irrigação é conhecida atualmente como Quimigação e tem nos sistemas de irrigação pressurizados, a exemplo da irrigação por gotejamento, microaspersão e pivô central, o uso mais recomendado. A preferência por esses sistemas é devido ao movimento turbulento da água, que ajuda a manter o material químico uniformemente distribuído nas tubulações, o que contribui na obtenção de boa uniformidade de aplicação.

Dentre as vantagens desta prática em relação às aplicações tradicionais, cita-se a maior eficiência dos produtos aplicados, menor custo com mão-de-obra e, conseqüentemente, uma maximização técnica e econômica da adubação ou tratamento fitossanitário adotado.

Os métodos de injeção de produtos químicos via água de irrigação podem ser classificados em diversos grupos, conforme o enfoque desejado (PIZARRO, 1996; HAMAN et al., 1990). De acordo com Li & Schmidt (1985), existem dois métodos principais: um utiliza energia hidráulica e o outro utiliza uma fonte de energia externa ao sistema de irrigação. Já Testezlaf e Matsura (2001) e Costa et al. (1994) os classificam em quatro grupos, sendo eles: bombas centrífugas, bombas de deslocamento positivo, diferencial de pressão e aqueles que utilizam pressão efetiva negativa, a exemplo do injetor tipo Venturi e da injeção pela própria sucção da bomba de irrigação. Estes quatro grupos estão subdivididos em algumas categorias, de acordo com o princípio de funcionamento.

Apesar da diversidade de sistemas de injeção de agroquímicos é importante frisar que eles não são de uso universal, ou seja, cada um se adequa a uma situação específica, a depender do sistema de irrigação, do produto a ser aplicado e, principalmente, da habilidade da pessoa responsável pelo manuseio do equipamento injetor.

Dentre os métodos existentes, o que tem se destacado nos últimos anos é o injetor do tipo Venturi. Essa preferência tem sido motivada pela sua simplicidade, por não possuir peças móveis e ser de baixo custo. De acordo com Deniculli et al (1992), quando o injetor Venturi é operado em condições definidas de pressão e vazão, obtém-se uma proporção de diluição constante, característica essa objetivada em qualquer injetor.

Embora a utilização do injetor Venturi só tenha sido aplicada na agricultura recentemente, a sua utilização tem sido amplamente empregada desde que o físico italiano, Giovanni Venturi, no ano de 1797, observou os efeitos da constrição em tubulações sobre o fluxo de fluidos. Desde então, esse conhecimento vem sendo aplicado na aeração de tanques com água para criação de peixes, tratamento de águas residuárias, na injeção de combustível em motores que operam com carburadores, nas medições de ar na combustão de caldeiras e gases de baixa pressão onde se requer perda de carga permanentemente reduzida e, pelo mesmo motivo, para medição de água em grandes dutos, (DELMÉE, 1982; FEITOSA FILHO, 1997; BRINGER, 2012). No tocante a utilização do equipamento como medidor de

vazão, Spink (1967), relata que o medidor Venturi é um dos melhores na medição da vazão de fluídos com alta concentração de sólidos, não possuindo obstáculos para à passagem do fluido, ou seja, não causando retenção de partículas. O autor ainda relata que o medidor Venturi tem sido frequentemente utilizado em laboratório para calibrar outros equipamentos.

No que diz respeito à utilização do tubo Venturi apenas como injetor, Galli e Onofre (2003) citado por Ibars (2004), classificaram-no como sendo uma peça que combina em uma unidade simples, uma curta garganta cilíndrica entre duas seções cônicas de maior diâmetro, sendo a primeira convergente e a segunda divergente. O que provoca o acionamento do injetor é o movimento da água na tubulação, que após passar pela seção estrangulada, tem a sua velocidade aumentada. Esse aumento considerável causa acentuada redução da pressão, criando-se inclusive, uma pressão menor que a atmosférica, sendo esta a responsável pela aspiração da solução do agroquímico (existente em um depósito à pressão atmosférica) e sua injeção na rede (ALMEIDA, 2002).

Em relação às dimensões do aparelho Venturi, Urquhart (1950), citado por Mendonça (1999), afirmou que o ângulo do bocal convergente deve ser 21°, o diâmetro da seção estrangulada deve ser entre ½ e ¼ do diâmetro da tubulação de entrada e o ângulo do bocal divergente deve ser entre 5 e 7° para minimizar a perda de carga.

Embora o injetor Venturi apresente muitas vantagens, suas limitações também devem ser destacadas: apresenta elevada perda de carga provocada pelo estrangulamento da tubulação, em torno de 30 a 50% da pressão de operação; limitada margem de operação, ou seja, uma pequena variação na pressão ou na vazão da rede de irrigação provoca uma variação significativa na quantidade de solução injetada e também apresenta baixo rendimento, geralmente em torno de 10 a 15% (OLIVEIRA et al., 1996).

Conforme Carlier (1968) e Troskolanski (1977), citados por Ferreira et al (1996), o rendimento global de um ejetor de água é calculado pela seguinte equação, supondo-se que os fluidos motores e de elevação são os mesmos:

$$\eta = \frac{q \cdot (p_{saída} - p_{sucção})}{Q \cdot (p_{entrada} - p_{saída})} \quad (1)$$

Em que:

$\eta$  - rendimento (adimensional);

$Q$  - vazão motriz ( $m^3 h^{-1}$ );

$q$  - vazão de sucção ( $m^3 h^{-1}$ );

$p_{entrada}$  – pressão na entrada do injetor (Pa);

$p_{saída}$  – pressão na saída do injetor (Pa);

$p_{sucção}$  – pressão na sucção do injetor (Pa);

Muitos trabalhos, quando citam as perdas de carga como uma das principais desvantagens do injetor tipo Venturi, normalmente deixam de caracterizar se as perdas de carga correspondem realmente àquelas localizadas devido à presença do injetor instalado na tubulação, ou as perdas de carga total do sistema. Se isso não for devidamente esclarecido, pode-se entender como perdas de carga do injetor, quando na realidade se trata de perdas devido à presença de registros, de medidores de vazão e de controladores de pressão instalados às vezes em número desnecessário (FEITOSA FILHO et al 1997).

Dentre os acessórios do sistema, deve-se considerar também o uso de válvulas de retenção, sendo estas de uso frequente nos injetores Venturi encontrados atualmente no mercado. Essas válvulas de segurança normalmente possuem molas e requerem pressão para que a água flua através dela. Essa pressão é representada pela força que a pressão atmosférica exerce sobre o líquido empurrando-o para a seção constrita do injetor e, posteriormente, injetando-o no sistema de irrigação. Quando a queda da pressão na garganta do “Venturi” não for suficiente para tracionar o fluido do tanque de abastecimento, ela funcionará de modo a eliminar a ocorrência de refluxo, evitando que a água derivada do sistema de irrigação retorne para o tanque de abastecimento, se misture ao produto químico e transborde, podendo vir a infiltrar-se no solo e alcançar um lençol freático.

Apesar da importância da válvula de retenção como componente dos injetores tipo Venturi, principalmente no que diz respeito à questão ambiental, não se tem informações a respeito da influência deste componente como possível responsável pelo aumento da perda de carga neste tipo de injetor. Informações como essas podem ser extremamente relevantes quando o injetor tipo Venturi for utilizado na quimigação em equipamentos móveis como é o pivô central. Nesses sistemas a taxa de injeção deve ser constante, assim como é o seu deslocamento, de modo a proporcionar boa uniformidade da aplicação do produto químico desejado.

Diante do exposto acima, objetivou-se com este trabalho analisar a influência da válvula de retenção no comportamento da taxa de injeção de água a partir de injetor do tipo Venturi instalado em um sistema do tipo pivô central bem como seu rendimento.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Fazenda Busato II, localizada no município de Serra do Ramalho, região oeste do estado da Bahia. As coordenadas geográficas do local são 13° 17' Latitude Sul, 43° 43' Longitude Oeste e altitude de 458 metros.

Os ensaios foram realizados em um equipamento do tipo pivô central, modelo Valmatic, com comprimento da linha lateral de 458,35 metros, vazão de 300 m<sup>3</sup>/h e área irrigada de 66 hectares.

O sistema de injeção foi montado com um injetor do tipo Venturi de 1,5 polegadas da empresa Mac Loren<sup>1</sup>, associado a uma bomba centrífuga, modelo TH AL 16 da Thebe, que era acionada por um motor elétrico de 2,2 kW e rotação de 3500 rpm. A função da motobomba era a de aumentar a pressão proveniente do sistema de irrigação de modo a atender a pressão de operação do injetor Venturi e ainda fazer com que a pressão reinante no ponto a jusante do injetor fosse suficiente para injetar o fluido na rede na vazão desejada.

As dimensões do injetor foram as seguintes: comprimento de 250 mm, 27 mm de diâmetro interno nas seções de entrada e saída e 12,8 mm de diâmetro na seção contraída (garganta do injetor). O material de fabricação foi o polietileno.

Como acessório, o equipamento dispunha de válvula de retenção, presente frequentemente nos injetores Venturi encontrados atualmente no mercado. Esta tem a finalidade de eliminar a ocorrência de refluxo, uma vez que, caso ocorra uma queda de pressão do sistema irrigação, a água não retorne para o tanque de pré-mistura/reservatório de abastecimento, se misture ao produto químico e transborde.

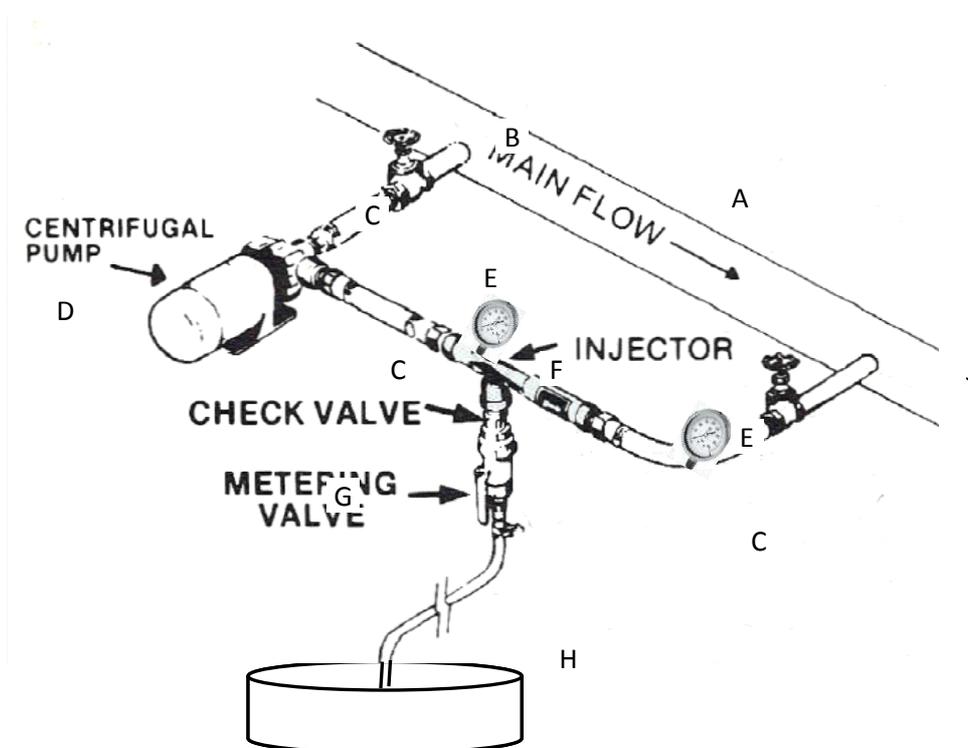
<sup>1</sup> A citação de nome ou marca comercial não implica na recomendação das mesmas por parte dos autores.

O equipamento foi instalado na base do pivô central, onde haviam duas tomadas de água: uma para alimentar a motobomba e outra que recebia o fluido a ser injetado (Figura 1).

Para realização dos ensaios o injetor foi instalado horizontalmente na estrutura de sustentação do ponto pivô. A comunicação entre bocal de alimentação, motobomba, injetor Venturi e bocal de injeção foi feita a partir de mangueiras flexíveis, conforme esquema apresentado na Figura 2.



**Figura 1.** Sistema de injeção a partir de injetor Venturi montado em pivô central.



**Figura 2.** Esquema de montagem do ensaio com o sistema injetor tipo Venturi associado à bomba centrífuga. (A) Fluxo da tubulação para o pivô central, (B) ponto de tomada

de água para o sistema de injeção, (C) tubos de polietileno de 1,5 polegadas, (D) bomba hidráulica de potência 2,2 kW, (E) manômetros metálicos, (F) injetor Venturi de 1,5 polegadas, (G) válvula de retenção do injetor, (H) tubo de polietileno de  $\frac{3}{4}$  polegadas para sucção da solução, (I) tanque da solução concentrada, (J) ponto de injeção da solução na tubulação do pivô central.

Entre os bocais de entrada e saída do injetor Venturi foram instalados manômetros com capacidade de leitura máxima de  $10 \text{ kgf cm}^{-2}$  para medição da pressão de alimentação e do diferencial de pressão. A distância do ponto de tomada de pressão à entrada do aparelho foi de 30 vezes o diâmetro do mesmo, procurando-se reduzir o efeito da turbulência da água na medição da pressão.

A vazão derivada da base do pivô era ajustada por meio de válvula do tipo gaveta, sendo que nos ensaios esta foi mantida totalmente aberta, o que proporcionou uma vazão de  $17,7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , a qual apresentava uma pressão de 411,9 kPa, sendo que após passar pela motobomba esta ganhava uma carga adicional de 196,1 kPa. Dessa forma, a pressão de alimentação do injetor Venturi era de 608,0 kPa, que após passagem pela seção estrangulada do injetor caía para 441,3 kPa.

Com estes valores de vazão motriz, ou seja, vazão que passava pelo Venturi e de diferencial de pressão, conseguiu-se uma taxa de injeção de até  $621 \text{ L h}^{-1}$  de água.

O injetor Venturi estava localizado a 0,71 metros em relação ao nível do solo e nele instalada uma mangueira transparente de diâmetro  $\frac{3}{4}$  de polegadas que fazia a comunicação com o reservatório utilizado nos ensaios; o mesmo possuía capacidade para 40 litros, sendo que, para efeito de teste, utilizou-se a porção intermediária do recipiente com um volume útil de 20 litros.

O fluido utilizado no experimento foi água captada em um rio próximo, a qual possuía massa específica de  $1,04 \text{ g cm}^{-3}$ .

Foi utilizado um cronômetro para verificar o tempo de injeção para cada teste e também um vacuômetro analógico para aferição da tensão existente na mangueira de sucção sem a injeção.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo realizadas dez repetições em cada situação avaliada, ou seja, injetor equipado com válvula de retenção e sem a presença da mesma. Aplicou-se a análise de variância, seguida do teste de Tukey.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios obtidos de taxas de injeção com o injetor do tipo Venturi equipado ou não com válvula de retenção estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Comportamento entre taxas de injeção e rendimento a partir de injetor Venturi equipado ou não com válvula de retenção no bocal de sucção.

Válvula de retenção	Volume Injetado (L)	Tempo de injeção (min)	Taxa de injeção (L/h)	Variação (%)	Rendimento (%)
Presença	20	2,11	569,11 a*	-	10,20 a
Ausência	20	2,09	575,04 a	1,04	10,30 a
CV (%)			1,30		1,29

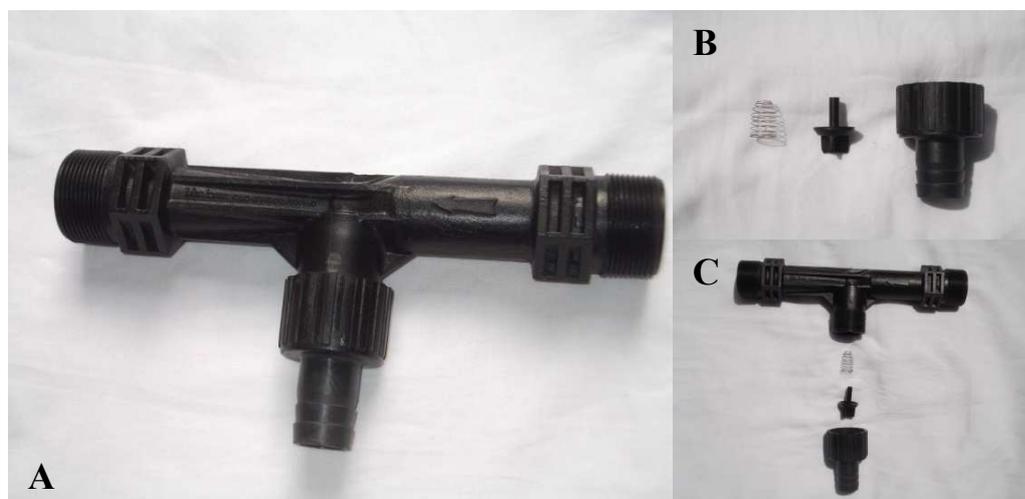
\*Médias seguidas por letras iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com base nos valores de taxas de injeção obtidos no ensaio, pôde-se perceber que a presença da válvula de retenção que equipava o injetor Venturi não teve influência significativa, elevando a taxa para apenas 1,4% na ausência do acessório. O baixo valor do coeficiente de variação ainda reforça a pouca variabilidade e, conseqüentemente, a ausência de significância desta variável quando o injetor é montado com válvula de retenção. Esses resultados podem ser justificados pela grande elasticidade da mola utilizada no anteparo (portinhola) que compõe a válvula de retenção (Figura 3B), sendo ela altamente deformável quando submetida às pressões relativamente baixas.

Outro dado que ajuda a explicar a pouca variação na taxa de injeção é a tensão a qual a válvula de retenção foi submetida, sendo esta de 87,7 kPa (-650 mmHg), considerada como alta.

Segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI (1996), as válvulas de retenção devem ser sempre instaladas de tal maneira que a ação da gravidade tenda a fechá-la. O fechamento é feito por meio de um tampão cuja haste desliza em uma guia interna. O tampão é mantido suspenso, afastado da sede, por efeito da pressão do fluido sobre a sua face inferior; sendo assim, é fácil de entender que caso haja tendência à inversão do sentido de escoamento, a pressão do fluido sobre a face superior do tampão, aperta-o contra a sede, interrompendo o fluxo.

Na Figura 3 pode-se observar o injetor Venturi, bem como as peças que compõe a válvula de retenção.



**Figura 3.** (A) Injetor Venturi, (B) bocal de sucção com válvula de retenção e (C) esquema de montagem.

No que diz respeito ao rendimento, o injetor Venturi apresentou valores da ordem de 10%, não diferindo estatisticamente quando equipado ou não com a válvula de retenção. Esses valores corroboram com os encontrados por Oliveira et al (1996) e Ferreira et al (1996), que encontraram valores máximos de rendimento iguais a 10,34 e 16,28%, quando buscavam estabelecer os parâmetros de desempenho de injetores tipo Venturi. Esses autores consideraram diferentes condições de pressão de alimentação e diferencial de pressão, procurando definir a partir destas variáveis as melhores taxas de injeção e rendimentos. Já no presente trabalho, houve uma adaptação da metodologia, onde mantiveram-se constantes à

vazão motriz, pressão de alimentação, diferencial de pressão e tensão da sucção, podendo desta forma, evidenciar possíveis alterações da taxa de injeção quando da instalação de válvula de retenção.

Finalmente, verificou-se que a presença da válvula de retenção não promoveu perda de carga significativa durante a passagem da água succionada pela mesma, podendo ser utilizada nos injetores do tipo Venturi fabricados para uso na fertirrigação como forma de garantir a segurança de operação, evitando o refluxo da solução. Em casos de aplicação de defensivos químicos essa função é fundamental.

## 6 CONCLUSÃO

Nas condições desta pesquisa, a presença da válvula de retenção no injetor do tipo Venturi não influenciou de forma significativa a taxa de injeção em relação ao equipamento sem a presença desse acessório. O rendimento médio do injetor foi de 10,25%.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BRINGER. Elementos Primários de vazão.

Disponível em <<http://www.bringer.com.br/download/brfe's-3.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2012.

COSTA, E. F. da, VIEIRA, R. F. ; VIANA, P. A. **Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada**. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília: Embrapa-SPI; Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS 1994, p. 85-106.

DELMÉE, G.J. **Manual de medição de vazão**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1982. 476 p.

DENÍCULI, W.; FEITOSA FILHO, J.C.; LOUREIRO, B.T.; AMARAL, F.A.L. Desempenho do injetor de fertilizantes Venturi na fertirrigação por microaspersão. **Revista Ceres**, v.34, n.226, p.554-563. 1992.

FEITOSA FILHO, J.C.; BOTREL, T.A.; PINTO, J.M. Influência das formas de instalação no desempenho de injetores tipo Venturi utilizados na quimigação. Murcia, **Actas de Horticultura**, n. 19. v.1 p. 443-449. 1997.

FEITOSA FILHO, J.C.; MEDEIROS, J.F.; BOTREL, T.A.; PINTO, J.M. Avaliação de um injetor Venturi funcionando com água como fluido motriz e o ar como fluido succionado com descarga submersa. **Revista Irriga**, v.2, n.1, p.68-75, 1997.

FERREIRA, J.O.P; FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. Desempenho de um injetor de fertilizantes do tipo Venturi para fins de fertirrigação. **Scientia Agricola** Piracicaba, vol.53, n.1, p. 105-113. 1996.

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

IBARS, R. A. F. **Desenvolvimento e avaliação de tubos Venturi para medição de vazão**. 2004. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

LI, A.; SCHMIDT, T.K. Parallel staged jet pump for fertilizer injection. In: International Drip/Trickle Irrigation Congress, 3., 1985, Fresno, California. **Proceedings...** Fresno: American Society of Agriculture Engineers, 1985. p.615-622.

MENDONÇA, F.C. **Modelo descritivo da operação de conjuntos injetor-bomba centrífuga utilizados em poços**. 1999. 101p. Tese (Doutorado em Agronomia – Área de concentração: Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA, E.F.; BOTREL, T.A.; FRIZZONE, J.A; PAZ, VPS. Análise hidráulica de hidro-ejetores. **Scientia Agricola**. vol. 53 n. 2-3 Piracicaba Mai./Dez. 1996.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión y exudación**. 3. Ed. Ver. Ampl. Madri: Mundi-Prensa. 1996. 513 p.

SENAI. **Mecânica: Acessórios de Tubulação Industrial**. Vitória: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 1996. 54p.

SPINK, L.K. **Principles and practice of flow meter engineering**. 9. Ed. Foxboro: The Foxboro Company, 1967. 575 p.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. Fertirrigação: técnicas e equipamentos para aplicação de fertilizantes. In: SANTOS, C. M. **Irrigação da Cafeicultura no Cerrado**. Uberlândia, 2001, v.1, p.153-172.