

Amilton M. Almeida¹
Silvio C. Sampaio²
Morgana Suszek³

COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DE GOTEJADORES EM LINHA LATERAL DE IRRIGAÇÃO

RESUMO: O desenvolvimento e a incorporação de novos produtos na área da irrigação é cada dia mais rápido, devido principalmente ao processo de globalização. Essa incorporação é feita, no entanto, na maioria das vezes, de forma indiscriminada, principalmente no Brasil, em que não existe nenhum órgão fiscalizador da qualidade do produto. Assim, os objetivos do presente trabalho foram caracterizar hidráulicamente o gotejador modelo HPC e verificar a sua uniformidade de aplicação de água em uma linha lateral. Nessa análise trabalhou-se com uma amostra de 20 gotejadores obtidos aleatoriamente de um lote de 50 gotejadores. A uniformidade de distribuição foi avaliada a partir dos dados de vazão coletados em uma linha lateral de 20 m, com um diâmetro nominal de 20 mm. Na referida linha, 20 gotejadores foram instalados de modo equidistante, espaçados entre si de 0,5 m, operando em uma faixa de pressão de 50 a 500 kPa. Os resultados mostraram que os valores de 50 kPa e 500 kPa não apresentaram resultados satisfatórios com índices de 80% a 90% de uniformidade de vazão. Já as análises com a pressão variando entre 100 e 350 kPa mostraram um alto índice de uniformidade, na média 96%.

PALAVRAS-CHAVE: Hidráulica; Irrigação; Gotejador.

SUMMARY: The development and incorporation of new products in the irrigation is increasingly faster, mainly due to the globalization process. This incorporation, however, often happens in an indiscriminate way, especially in Brazil, where there is not any quality control of these products. The objectives of the present work were to characterize hydraulically the dripper HPC and to verify the uniformity of water application in a lateral line. The analysis was done over a sample of 20 drippers, obtained from a lot of 50

Data de recebimento: 12/07/06. Data de aceite para publicação: 04/10/06.

¹ Engenheiro Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Endereço eletrônico: amalmeida@unioeste.br.

² Engenheiro Agrícola. Professor Adjunto do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Unioeste. Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Endereço eletrônico: ssampaio@unioeste.br.

³ Engenheira Química. Discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Unioeste. Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Endereço eletrônico:morgana_eq@hotmail.com.

randomly selected drippers. The distribution uniformity was evaluated from the data of water flow collected in a lateral line of 20 m, with a nominal diameter of 20 mm. In this line, 20 drippers were equidistantly installed, with a space of 0,5 m from each other, and with pressures varying between 50 and 500 kPa. The results showed that the values of 50 kPa and 500 kPa presented unsatisfactory results, with rates of 80 to 90% of flow uniformity. However, the analyses in which the pressure varied between 100 and 350 kPa showed a high uniformity rate: 96% on average.

KEYWORDS: Hydraulics; Irrigation; Dripper.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura atual requer diferentes técnicas para permitir maiores produções, garantindo um bom rendimento por área. A irrigação contribui decisivamente no sentido de se obter melhor rendimento agrícola, quer por permitir a implantação de uma agricultura racional em zonas de clima árido ou semi-árido, quer por proporcionar melhor desenvolvimento das culturas em outras regiões.

Segundo Manfrinato (1985), o sistema de gotejamento é mais um sistema de fornecimento de água à planta, e originou-se em Israel, na década de 1950, com o objetivo de contornar os problemas gerados pela escassez de recursos hídricos. É um sistema em que a água é aplicada diretamente sobre a região radicular da planta em pequenas doses, porém com alta frequência, de modo que a umidade do solo permaneça sempre próxima à capacidade de campo (BERNARDO, 1987).

A sua potencialidade na condução de cultura foi comprovada por Goldberg & Shmueli (1970), em experimentos realizados com pepino, tomate, melão e uva, quando se trabalhou em clima semi-árido, com solo salino e/ou com água salina. Foram obtidos resultados satisfatórios, pois, por manter o solo sempre na capacidade de campo, reduziu o efeito da salinidade na planta. Outra grande vantagem do método de irrigação por gotejamento, conforme Howell & Hiler (1974), é a sua versatilidade, pois pode ser usado em pomares, casas de vegetação, culturas em linha e jardins.

Apesar de a irrigação localizada apresentar várias vantagens sobre outros métodos, o certo é que não existe um método ideal para todas as situações. A escolha adequada do método de irrigação e o projeto correto são importantes para o sucesso de um empreendimento com agricultura irrigada, afirma Olitta (1986).

De acordo com a ABNT (1987), o gotejador é classificado como um emissor pontual, podendo apresentar várias saídas, fornecendo assim água a um ou mais pontos de emissão.

É essencial para o dimensionamento e manejo de um sistema de irrigação localizada que haja informações referentes à vazão dos emissores e ao seu regime de fluxo (NAKAYAMA & BUCKS, 1986). Estas informações são obtidas através do coeficiente de variação de fabricação (CVF) e da equação característica do emissor (relação pressão-vazão) (PIZARRO, 1987).

A relação pressão-vazão é definida conforme a Equação 1:

$$Q = k \cdot H^x \quad (1)$$

em que:

Q – Vazão do emissor, $L h^{-1}$;

K – Constante empírica, adimensional;

H – Pressão de entrada do emissor, kPa;

x - Expoente de descarga (depende da variação do fluxo de água).

O expoente “ x ” da Equação 1 caracteriza o emissor quanto ao seu regime de fluxo e também quanto à existência ou não de mecanismo regulador de pressão.

O CVF, conforme a ABNT (1987), é obtido através da relação entre o desvio-padrão e a média das vazões dos emissores amostrados (Equação 2).

$$CFV = \frac{\delta}{X} \times 100 = \sqrt{\delta} \times 100 \quad (2)$$

em que:

CVF – Coeficiente de variação de fabricação, %;

δ - Desvio-padrão das amostras;

X - Média das vazões dos emissores, $L h^{-1}$.

As principais causas de variação de fabricação, segundo Nakayama & Bucks (1981), são a heterogeneidade do material utilizado e o projeto (concepção) do próprio emissor.

A classificação do coeficiente de variação de fabricação, de acordo com as normas brasileiras, se encontra no Tabela 1.

TABELA 1 - Classificação dos emissores pontual, linear e microaspersores segundo o coeficiente de variação de fabricação de acordo com a ABNT (1987)

Tipo de emissão	CVF	Interpretação
Pontual	< 0,05	Bom
	0,05 a 0,10	Médio
	0,10 a 0,15	Marginal ou regular
	> 0,15	Inaceitável
Linear e Microaspersão	< 0,10	Bom
	0,10 a 0,20	Médio
	0,20 a 0,30	Marginal ou regular
	> 0,30	Inaceitável

Bucks & Myers (1972) citam que a uniformidade na distribuição de água é um fator básico para avaliar a qualidade da irrigação, influenciando diretamente na produção da cultura e nos gastos de água. Esta é afetada principalmente pelas imperfeições dos emissores e mudanças de pressão que ocorrem ao longo da linha devido à variação espacial do fluxo na mesma. Os autores citados tentaram compensar esta mudança na pressão variando os bocais dos emissores, como também usando comprimentos diferentes de microtubos. Ambos os métodos apresentaram, entretanto, diversas desvantagens. Atualmente este problema está sendo resolvido, com bastante sucesso, com o emprego de emissores autocompensantes.

Pinto et al. (1988), realizaram um estudo comparativo entre vários métodos propostos para determinar a uniformidade de distribuição de água na irrigação por gotejamento. O método que obteve melhores resultados foi o de Christiansen (Equação 3).

$$CUC = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n q_m} \right] \cdot 100 \tag{3}$$

em que:

CUC – Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %;

q_i - Vazão do emissor, L h⁻¹;

q_m - Vazão média dos gotejadores, L h⁻¹;

n - Número de amostras na linha lateral.

Conforme Bernardo (1987), existem vários outros coeficientes propostos para avaliar a uniformidade de distribuição de água em uma linha lateral, dentre eles os mais utilizados, além do Coeficiente de

Christiansen, são o Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e o Coeficiente de Uniformidade de Aplicação (CUA), representados pelas equações 4 e 5 respectivamente.

$$CUE = \left\{ 1 - \frac{S}{q_m} \right\} \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

- CUE – Coeficiente de uniformidade estatístico, %;
- S – Desvio-padrão da amostra;
- q_m – Quantidade média de água coletada, $L h^{-1}$.

$$CUA = \left\{ \frac{q_{25}}{q_m} \right\} \cdot 100 \quad (5)$$

em que:

- CUA – Coeficiente de uniformidade de aplicação, %;
- q_{25} – Quantidade média de água do primeiro quartil dos dados, após ordenados crescentemente, $L h^{-1}$;
- q_m – Quantidade média de água ($L h^{-1}$).

Segundo Deniculi (1979) e Ratlage (1988), os fatores que podem afetar a uniformidade de aplicação de água são as diferenças de pressão na linha lateral devido a perdas localizadas e à fricção da água junto à parede do tubo, a variação na fabricação dos emissores, ao espaçamento inadequado entre os emissores, à variação na taxa de aplicação com o tempo de operação, ao sistema de irrigação operando com pressão diferente da pressão estabelecida e ao entupimento de emissores.

Bralts et al. (1981) afirmam, entretanto, que a uniformidade de aplicação é, em geral, somente função das variações próprias do emissor e da variação de pressão ao longo da linha, sendo estas causas independentes. Esta independência, conforme Clemmens (1987), somente é aceita quando o emissor possui descarga constante, diminuindo assim o efeito provocado pela variação de pressão ao longo da linha lateral.

Vale lembrar que a uniformidade de distribuição possui uma importância maior, quando o sistema de irrigação é também utilizado para se fazer a fertirrigação, pois o seu bom desempenho está intimamente ligado ao bom entendimento das características

hidráulicas e uniformidade de aplicação de água do método de irrigação usado. Segundo Souza & Souza (1993) e Sampaio et al. (1997a), a uniformidade de distribuição de fertilizante na água de irrigação depende da própria uniformidade de distribuição de água pelo sistema de irrigação. Deste modo, a quantidade aplicada de fertilizante é função do volume de água aplicado pelos emissores.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as características hidráulicas do gotejador modelo HPC, determinando o coeficiente de variação de fabricação, a equação característica do gotejador e a uniformidade de distribuição ao longo de uma linha lateral.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento realizou-se no Laboratório de Hidráulica, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), localizado em Cascavel, PR. Todos os ensaios realizaram-se dentro do laboratório para identificar o comportamento do sistema de irrigação por gotejamento sem a interferência de agentes externos.

O sistema utilizado foi composto por um conjunto motobomba, uma chave de controle, manômetros, tubos de polietileno e gotejadores.

Utilizou-se um reservatório com capacidade de 0,25 m³, juntamente com uma bomba centrífuga de marca SCHNEIDER, modelo ME.BR 1420, 2 CV, Trif., 60 Hz, altura manométrica de 74 mca e vazão de 6,30 m³ h⁻¹, para fornecimento de água e pressão ao sistema. Um tubo de polietileno de marca POLIBOL de 20 mm de baixa densidade foi utilizado para conduzir a água utilizada nos testes até a linha de irrigação. Trabalhou-se com a pressão de serviço variando entre 50 e 500 kPa. Na linha de 20 m foram inseridos os gotejadores espaçados entre si de 0,5 m. Em todos os ensaios foram utilizados 2 manômetros do tipo Bourdon, um na saída e outro no final da linha de irrigação, para controle da pressão durante os ensaios.

O gotejador utilizado foi o modelo HPC de 3,8 L h⁻¹ fabricado pela Bowsmith e é apresentado na Figura 1.

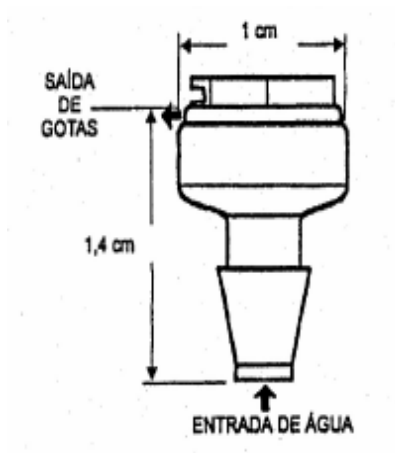


FIGURA 1 - Esquema do gotejador utilizado.

O gotejador é construído em três peças: a parte de baixo (que é inserida na mangueira), o diafragma e a parte superior onde sai a gota da água. A constituição deste gotejador permite sua desmontagem total para facilitar sua limpeza. Segundo o fabricante, o gotejador possui uma aplicação de água uniforme a qualquer pressão operacional, na faixa de 50 a 542 kPa, conforme mostra a Figura 2. Possui ainda válvula antigotas que tem a função de obstruir o orifício de saída do gotejador quando a pressão de serviço atingir valores abaixo de 3 mca. Já outra válvula, denominada de anti-sifão, que também acompanha o emissor, tem a função de evitar a sucção de impurezas para dentro do gotejador e, conseqüentemente, da tubulação.

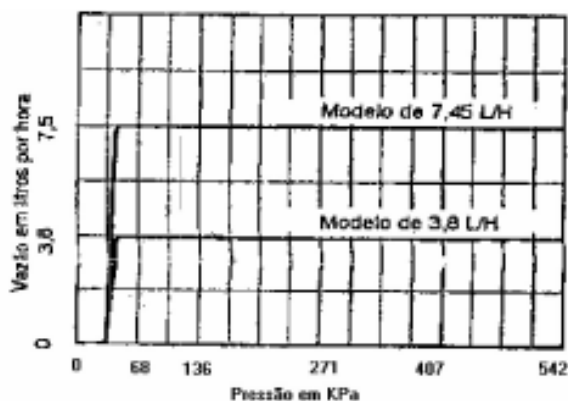


FIGURA 2 - Gráfico de pressão-vazão, retirado do catálogo do fabricante.

A coleta de dados para caracterização do gotejador se fez em reservatórios com capacidade de 1 litro, coletando-se sempre volumes superiores a 500 mL, com a finalidade de diminuir o erro amostral, como sugere o trabalho de Sampaio et al. (1994). A coleta das amostras se processou num tempo de 10 minutos. Após a coleta do material na saída dos gotejadores, estes frascos foram pesados para determinação do volume emitido por cada gotejador, permitindo o cálculo da vazão.

Os dados obtidos proporcionaram os cálculos de Coeficiente de Variação do Fabricante, Coeficientes de Uniformidade (CUC, CUE e CUA) e estimativas de parâmetros da equação característica do gotejador.

Os pares de valores obtidos para equação característica foram ajustados através de análises estatísticas utilizando-se regressões lineares para uma melhor caracterização do comportamento vazão *versus* pressão conforme modelo da Equação 1, de acordo com o projeto de norma da ABNT (1987).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A representação gráfica das vazões pode ser observada na Figura 3 e comparadas, com a vazão mostrada pelo fabricante.

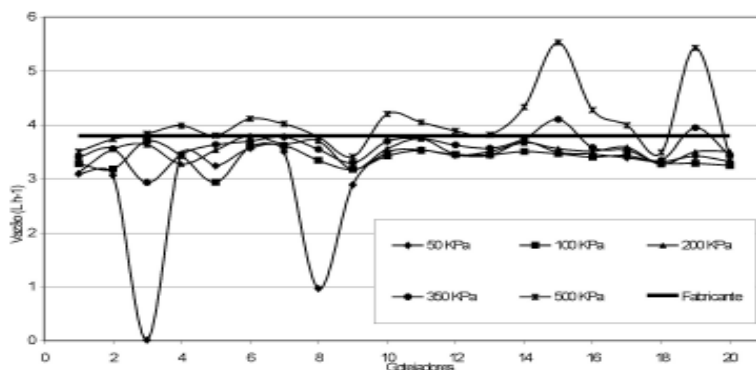


FIGURA 3 - Vazões obtidas ao longo da linha lateral de irrigação de um gotejador em função da pressão.

Os dados que expressam as características do gotejador podem ser observados na Tabela 2, assim como os dados de Coeficiente de Variação do Fabricante.

TABELA 2 - Valores das vazões médias e do Coeficiente de Variação de Fabricação determinados em função das pressões testadas

Pressão (kPa)	50	100	200	350	500	Média Geral
Vazões (L h ⁻¹)	3,09	3,39	3,52	3,58	4,03	3,52
CVF (%)	29,80	5,21	5,17	6,93	13,94	12,21

Observa-se, na Tabela 2, que o Coeficiente de Variação de Fabricação (CVF) apresentou, no teste de pressão igual a 50 kPa, um valor elevado de 29,80%, sendo o agente causador desse resultado (Figura 3) o entupimento parcial ocorrido no 3º e 8º emissor. Entretanto, uma vez descartados esses dados, o CVF foi de 18,00%, não alterando sua classificação de “inaceitável”.

No teste de 500 kPa, verificou-se também um valor elevado de 13,94% do CVF, classificando o referido emissor como “regular”.

Os outros resultados de CVF nas demais pressões trabalhadas permitiram classificar o emissor como “médio”. Importante salientar é que esta classificação foi realizada seguindo a recomendação da ABNT (1987), como demonstra a Tabela 1.

A partir dos dados obtidos entre as vazões e as pressões estimou-se a curva característica do gotejador, apresentada na Figura 4. Ressalta-se que, neste caso, foram desprezados os efeitos do entupimento nos emissores 3º e 8º, quando do teste à pressão de 50 kPa. Testes estatísticos indicaram que a equação encontrada representa bem os dados amostrais, ao nível de 5%.

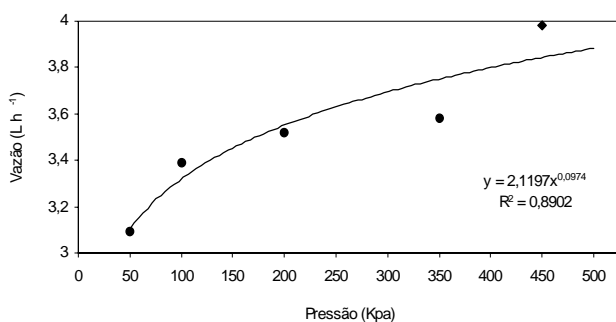


FIGURA 4 - Comportamento da curva característica do gotejador Modelo HPC.

Segundo Pizarro (1987), um emissor autocompensante deve apresentar o expoente da Equação Característica variando entre 0 a 0,4. Observa-se, na Figura 4, que a equação potencial apresentou um valor muito próximo de zero (0,0974), mostrando que o gotejador varia

muito pouco a sua vazão com a variação da pressão. Significa que este emissor pode ser perfeitamente utilizado em linhas laterais extensas, como demonstra o trabalho de Sampaio et al. (1997b).

Os valores que expressam os Coeficiente de Uniformidade de Aplicação, Coeficiente de Uniformidade Estatístico e Coeficiente de Uniformidade de Christiansen se encontram na Tabela 3, para cada pressão trabalhada.

TABELA 3 - Valores do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE) e Coeficiente de Uniformidade Aplicação (CUA), determinados para pressões de 50, 100, 200, 350, e 500 kPa

Pressão (kPa)	50	100	200	350	500	Média Geral
<i>CUC (%)</i>	82,47	96,00	96,26	95,12	90,79	92,13
<i>CUE (%)</i>	70,20	94,79	94,83	93,07	86,06	87,79
<i>CUA (%)</i>	83,86	93,69	95,04	90,47	79,93	88,60

De modo geral, verifica-se que os coeficientes de uniformidades ficaram acima de 80%, o que pode ser considerado muito bom, e excetuando-se na pressão de 50 kPa, por ter apresentado problemas de entupimento durante os testes. Eliminando os dados que sofreram esta interferência, os novos coeficientes obtidos foram de 96,03%; 94,16% e 83,79%, para CUC, CUE e CUA, respectivamente.

Nota-se, ainda, na Tabela 3, que o CUA é mais rigoroso que os demais Coeficientes de Uniformidades, pois, em geral, apresenta valores mais baixos que os outros, corroborando os trabalhos de Pinto et al. (1988) e Bernardo (1987).

Como o bom desempenho da fertirrigação está intimamente ligado à uniformidade de aplicação de água do método de irrigação usado segundo Braga (1992), Souza & Souza (1993), e Sampaio et al. (1997a), é extremamente relevante a sua determinação quando se tem a preocupação de utilizar um sistema produtivo, viável economicamente, como também ecologicamente correto.

4. CONCLUSÕES

Por meio da análise dos resultados chegou-se às seguintes conclusões:

- O coeficiente de variação de fabricação apresentou-se de forma irregular dentro das faixas de pressões trabalhadas.

- O emissor foi classificado como “inaceitável”, conforme o CVF, quando submetido à pressão de 50 kPa.
- O emissor foi classificado como “regular”, conforme o CVF, quando submetido à pressão de 500 kPa.
- O emissor foi classificado como “médio”, conforme o CVF, quando submetido à faixa de pressão de 100 a 350 kPa.
- Os coeficientes de uniformidade determinados, de modo geral, apresentaram valores acima de 80%.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Emissores para sistema de irrigação localizada**: avaliação de características operacionais – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987. 6 p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 1987. 488 p.

BRAGA, M. V. N. **Utilização do sistema fonte pontual na aplicação de cinco lâminas de irrigação e de fertirrigação em trigo (*Triticum aestivum*)**. Viçosa, 1992. 72 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Viçosa.

BRALTS, V. F.; WU, I. P.; GITLIN, H. M. Manufacturing variation and drip irrigation uniformity. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 24, n. 1, p. 113-119, 1981.

BUCKS, D. A.; MYERS, L. E. Uniform Irrigation with low-pressure trickle systems. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 98, n. 3, p. 341-346, 1972.

CLEMMENS, A. J. A statical analysis of trickle irrigation uniformity. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 30, n. 1, p. 169-175, 1987.

DENÍCULI, W. et al. **Uniformidade de distribuição de água em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento**. Viçosa, 1979. 42 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.

GOLDBERG, D.; SHMUELI, M. Drip Irrigation a method used under arid and desert conditions of high water and soil salinity. **Transactios of the ASAE**, St. Joseph, v. 13, n. 1, p. 38-41, 1970.

HOWELL, T. A.; HILER, E. A. A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. **Journal of the Irrigation and Drainagem Division**, New York, v. 100, n. 4, p. 443-454, 1974.

MANFRINATO, H. A. A irrigação por gotejamento. **ÍTEM**, Brasília, n. 22; p. 21-25, 1985.

NAKAYMA, F. S.; BUCKS D. A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity, **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, v. 24, n. 1, p. 77-80, 1981.

NAKAYMA, F. S.; BUCKS D. A. **Trickle irrigation for crop production, design, operation and management**. New York: Elsevier, 383 p. 1986.

OLLITA, A. F. L. Projeto de irrigação localizada. In: BRASIL. Programa nacional de irrigação. **Curso de Elaboração de Projetos de Irrigação**. Brasília, 11 p. 1986.

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. Análise de coeficiente de uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, **Anais**. Florianópolis: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem, 1988, v. 1. p. 309-326.

PIZARRO, F. C. **Riegos localizados de alta frequência**. Madrid: Mundi Prensa, 1987. 461 p.

RATLAGE, G. Fertirrigation and chemigation: pumps make it all possible. **Irrigation Journal**, Elm Grove, v. 38, n. 3, p. 32-36, 1988.

SAMPAIO, S. C.; FARIA, M. A.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. J.; SILVA, A. M. Distribuição espacial e temporal do cloreto de potássio aplicado em uma linha de gotejadores por bomba injetora e tanque de derivação de fluxo. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 8, n. 1 p. 31-41, 1997a.

SAMPAIO, S. C.; CORRÊA, M. M.; FARIA, M. A. Adequação dos modelos potencial e polinomial como equação característica de um gotejador autocompensante. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v. 8, n. 2 p. 9-13, 1997b.

SAMPAIO, S. C.; VILELA, L. A. A.; FARIA, M. A. Determinação do erro de medição nas vazões de 20, 40, 60, 80 e 100 l/h, avaliadas a partir do método direto, utilizando vários volumes de coleta. In: VII CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA ESALQ, 7, 1994, Lavras. **Resumos...** Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1994. p. 30.

SOUSA, A. P.; SOUSA, V. F. Fertirrigação: tipos e seleção de produtos, aplicação e manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 12, Ilhéus, 1993. **Anais...** Ilhéus: Fundação banco do Brasil, 1993. p. 2529-2539.

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

REVISTA VARIA SCIENTIA

Versão eletrônica disponível na internet:

www.unioeste.br/saber