

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DO TUBO COM GOTEJADORES INTEGRADOS MARCA NETAFIM, MODELO STREAMLINE 80

José Aluísio de Araújo Paula

*Paulicéia Empreendimentos Ltda. Fone/Fax: (084)316-1021
Av. Alberto Maranhão, 2345. CEP:59.610-000 - Mossoró - RN*

Neyton de Oliveira Miranda

*Departamento de Engenharia Agrícola - ESAM - Fone: (084)312-2100
59.625-900 - Mossoró - RN e-mail: neyton@esam.br*

Maristélio da Cruz Costa

*Fundação Instituto de Desenvolvimento do Rio Grande do Norte – IDEC – Natal-RN.
Fone (084)218-5254. e-mail: maristelio@esam.br*

Francisco de Queiroz Porto Filho

*Departamento de Engenharia Agrícola - ESAM. Fone: (084)312-2100
59.625-900 - Mossoró - RN e-mail: engeagro@esam.br*

José Francismar de Medeiros

*Departamento de Engenharia Agrícola - ESAM - Fone: (084)312-2100
59.625-900 - Mossoró - RN e-mail: jfmedeir@esam.br*

1 RESUMO

Com o objetivo de determinar as características hidráulicas do tubo com gotejadores integrados, modelo Streamline 80, da marca Netafim, foram conduzidos testes no Laboratório de Hidráulica da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM). O tubo é construído em polietileno flexível, com gotejadores integrados do tipo labirinto, espaçados de 0,30 m. Seis segmentos de tubo, com 10 gotejadores, foram submetidos a diferentes pressões de entrada, em uma bancada de testes. Para cada pressão estimou-se a vazão média, o desvio padrão e o coeficiente de variação de fabricação. Além disto determinou-se a influência da variação da temperatura da água sobre a vazão. A uniformidade de vazão é classificada como excelente (2,43%); a relação vazão x pressão é expressa pela equação $q = 0,158H^{0,489}$; o expoente $x = 0,489$ indica que o emissor tem escoamento turbulento; a temperatura de 48° C alterou significativamente a vazão média dos emissores e o coeficiente de variação de fabricação.

UNITERMOS: irrigação localizada, equação vazão-pressão, efeito da temperatura

**PAULA, J. A. A., MIRANDA, N. de O., COSTA, M. da C., PORTO F^o, F. de Q.,
MEDEIROS, J. F. de. HYDRAULIC CHARACTERIZATION OF THE STREAMLINE 80
DRIP TAPE**

2 ABSTRACT

In order to assess the hydraulic characteristics of the drip irrigation tape Streamline 80 (Netafim), tests were carried out in the Hydraulics Laboratory, Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM). The drip tape is made of flexible polyethylene, with emitters spaced at 0,30 m. The drip tape was tested with different inlet pressures. Estimations were made for mean discharge rate, standard deviation, manufacturer's coefficient of variation, and the variation in discharge rate caused by water temperature. The emitter manufacturing uniformity is classified as good (2,43%) and its characteristic equation is $q = 0,158H^{0,489}$. The discharge exponent 0.489 indicates that the emitter has

turbulent flow. The mean emitter discharge rate and the mean manufacturer's coefficient of variation were significantly affected at 48 °C.

KEYWORDS: trickle irrigation, drip tube, temperature effect

3 INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Norte possui mais de 8.000 ha com horti-fruticultura irrigada, predominando a cultura do melão, e existem projetos que duplicarão a curto prazo a área cultivada (Associação dos Produtores e Exportadores de Frutas Tropicais do Nordeste - PROFRUTAS, 1995). Isto pode viabilizar a economia da região e o bem-estar de seus habitantes, gerando mais empregos, já que a agricultura de sequeiro não tem obtido sucesso, devido ao regime hídrico e ao sistema de produção não adaptado, e a industrialização, forçada com incentivos fiscais, não logrou êxito.

Em Israel, foram comparados os métodos de gotejamento e aspersão em melão: na irrigação por gotejamento foi obtida produção de 43,0 Mg/ha e observado crescimento vegetativo mais rápido, contra 24,2 Mg/ha para a aspersão (Halevy et al. 1973). No vale do São Francisco, se obteve para melão, maior tamanho de frutos, maior número de frutos por unidade de área, maior produção e maior economia de água no método de irrigação por gotejamento comparado com a irrigação por sulcos (Abreu et al. 1978).

Os gotejadores podem apresentar diferentes formas de inserção no tubo, e o princípio de funcionamento distingue-se nos baseados em perda de carga ao longo de conduto de pequeno diâmetro; os constituídos essencialmente por um pequeno orifício e os que dissipam a pressão pela ação de um vórtice (Keller & Karmeli, 1975; Bernardo, 1989). Schmidt (1995) os classifica em gotejadores de longo percurso de saída, como o tipo labirinto; gotejadores com orifício de saída e gotejadores com câmara de vórtice.

Os gotejadores, parte mais sensível do sistema, devem assegurar o suprimento de pequenas vazões às plantas, com uniformidade aceitável em toda a parcela. É essencial para o projeto conhecer as características hidráulicas do gotejador selecionado, como o coeficiente de variação do fabricante e curva vazão x pressão, que devem ser fornecidos pelo fabricante e, quando possível, por instituição autorizada (Gomes, 1997). Soares (1981) propõe que estas características sejam determinadas em laboratório, e estejam sempre disponíveis a projetistas e usuários.

Segundo Keller & Karmeli (1975) e Pizarro (1990), a curva vazão-pressão de um gotejador seria representada por uma equação do tipo:

$$Q = K.H^x, \quad (01)$$

Onde: Q é a vazão do emissor, L/h ; K é o coeficiente de proporcionalidade (adimensional); H é a pressão de entrada do emissor, kPa e x é o expoente de descarga.

Segundo Pizarro (1990), um gotejador perfeito teria $x = 0$ (autocompensante), os de regime laminar $x = 1$ e nos de regime turbulento $x < 1$. Por outro lado, Keller & Karmeli (1975) consideram de regime laminar os de expoente $x = 1$, e de regime turbulento os com $x = 0,5$ e comentam ainda que, em geral, a vazão através de um gotejador é controlada pela carga hidráulica na sua entrada e pelo caminho percorrido pela água no seu interior.

Para Schmidt (1995) a aplicação de água por todo o sistema de gotejamento deveria ser absolutamente uniforme. Para gotejadores espaçados uniformemente isso exigiria que cada um tivesse a mesma vazão, embora diferenças de pressão sejam inevitáveis ao longo da linha lateral. Porém, por mais precisos que sejam os processos, ocorrem diferenças na fabricação dos emissores. As dimensões reduzidas dificultam a construção precisa. O formato do gotejador, os materiais usados em sua construção e o cuidado com que é fabricado determinam a variação esperada, que se reflete nos valores dos coeficientes K e x da equação de fluxo (Abreu et al. 1987; Solomon, 1979). A variação de vazão devida à variação na fabricação tem influência significativa na uniformidade de emissão e na eficiência de aplicação de água pelo sistema de irrigação por gotejamento.

Torna-se fundamental, quando se seleciona um emissor, conhecer o coeficiente de variação de fabricação (CVf), medida numérica apropriada da consistência entre gotejadores, que deve ser fornecido pelo fabricante. O coeficiente de variação de fabricação é expresso pela equação:

$$CVf = s/qm \quad (02)$$

Onde: CVf é o coeficiente da variação de fabricação, %; s é o desvio padrão da vazão; qm é a vazão média da amostra de emissores.

Existem classificações de emissores, quanto à uniformidade de vazão, como a proposta por Solomon (1979), que considera excelentes os com CVf de até 3%, enquanto Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1986) e Abreu et al. (1987) classificam como bons aqueles com CVf de até 10%.

Outra causa de variação na vazão dos gotejadores é a variação de temperatura da água (Schmidt, 1995; Silva, 1984). Segundo Keller & Karmeli (1974), para regimes de fluxo turbulento, a influência da temperatura seria pequena, porém, para regimes de escoamento de transição ou laminar, a vazão varia diretamente com a viscosidade. Neste caso, quando a temperatura da água passa de 10 °C para 40 °C, mantendo a pressão constante, a vazão duplica.

Zur & Tal (1981), estudando a sensibilidade à pressão e temperatura de três tipos de gotejadores, concluíram que a vazão aumentou com a temperatura para o gotejador com longo percurso de saída, não alterou para o labirinto e decresceu para o tipo vórtex.

O objetivo desse trabalho foi determinar as características hidráulicas do tubo de gotejadores integrados modelo Streamline 80, marca NETAFIM, analisando-se a uniformidade de vazão, a equação característica do emissor e a influência da variação da temperatura da água.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola, Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), utilizando-se o tubo com gotejadores integrados modelo Streamline 80, marca Netafim, cujos gotejadores, do tipo labirinto espaçados de 0,30 m, são integrados a tubos flexíveis de polietileno, de parede com 0,20 mm espessura.

Para a determinação do CVf e da relação vazão versus pressão foi seguido o projeto de norma da Associação brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1986). Foram escolhidos aleatoriamente segmentos de seis rolos inteiros intactos, cada um com 3,2 m de comprimento e 10 gotejadores. Os 60 gotejadores úteis foram testados ao mesmo tempo e submetidos a pressões de entrada crescentes (20, 40, 80, 100, 120 e 140 kPa), em uma bancada de testes. As pressões foram medidas através de manômetro digital conectado à entrada da linha-teste, marca Hytronic, com resolução de 0,01 kgf/cm², precisão de 0,5 % FE e leitura de até 7 kgf/cm².

As coletas de vazão de cada emissor em recipientes de plástico tiveram três repetições para cada pressão ensaiada. Ao mesmo tempo era determinada a temperatura da água, através de um termômetro de mercúrio com resolução de 0,5 °C e leitura até 60 °C. A vazão foi calculada através dos dados obtidos de peso de cada recipiente com água, densidade e tempo de coleta. Foi utilizada uma balança de precisão Marte AS 1000 C, com resolução de 0,01 g. Com os valores médios de cada emissor, calculou-se a vazão média (qm) e desvio padrão (s), a partir destes determinou-se o CVf para cada pressão.

Utilizou-se todos os dados de vazão a cada pressão no software Table Curve (Jandel Scientific, 1994) para determinar a equação potencial, por ser a recomendada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1986).

Em duas repetições dos testes nas pressões de 40 e 80 kPa, foi determinado, no início, meio e fim de cada segmento, o perímetro do tubo gotejador, utilizando fita métrica com precisão de 0,5 mm, visando detectar variação no diâmetro dos tubos devida à pressão.

Após os testes de vazão, foi medido o efeito da variação de vazão com o aumento da temperatura da água e comparados os dados através de análise de variância. Para isto foram realizados testes na pressão de 100 kPa, que é a recomendada pelo fabricante para este tipo de gotejador, e nas temperaturas médias da água de 35°, 42° e 48° C. Estas temperaturas foram obtidas colocando um

aquecedor do tipo resistência elétrica dentro do reservatório de água, um tambor de plástico com capacidade para 200 litros.

Utilizou-se a análise da variância no delineamento inteiramente casualizado. A primeira repetição do teste à pressão de 100 kPa foi considerada como parcela perdida, devido a um vazamento na mangueira que abastecia os coletores de 1 a 10.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Uniformidade de vazão

Os valores médios das vazões e dos coeficientes de variação de fabricação dos gotejadores, determinados em função das pressões, são apresentados no Quadro 01. Através da análise da variância foram observadas diferenças estatísticas entre as vazões obtidas nas pressões testadas, como se esperava. Com relação aos coeficientes de variação de fabricação, a análise da variância mostrou diferença significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre as diferentes pressões. Os coeficientes de variação de fabricação (CVf) para as pressões variando de 40 a 140 kPa (Quadro 01), se agruparam ao redor de 2,40% sem diferir entre si; somente na pressão mais baixa estudada (20 kPa), o CVf foi mais elevado, chegando a quase 2,70%. O valor médio do CVf, de 2,43%, é classificado como excelente segundo Solomon (1979); e como bom segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1986) e Abreu et al. (1987). O fabricante anuncia em seus folhetos que o Streamline 80 possui um CVf inferior a 4%.

Quadro 01 - Vazão média, desvio padrão e coeficiente de variação de fabricação do tubo com gotejadores integrados Streamline 80, submetido a diferentes pressões.

Pressão (kPa)	Vazão Média (l/h)	Desvio padrão (l/h)	C.V.f. (%)*
20	0,66	0,017	2,678 A
40	0,98	0,023	2,423 B
60	1,17	0,020	2,359 B
80	1,37	0,031	2,352 B
100	1,49	0,040	2,399 B
120	1,64	0,039	2,385 B
140	1,77	0,042	2,423 B
Média			2,431

* Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.2 Relação vazão x pressão

Na Figura 01 a relação vazão versus pressão está representada pelo modelo potencial, que é o recomendado pela literatura e que deve ser usado para efeito de cálculos. O coeficiente de determinação ao modelo potencial da curva vazão x pressão (R^2) foi de 0,995. O valor do expoente da equação, de 0,489, indica que o regime de escoamento dos emissores é turbulento (próximo ao valor de 0,5) conforme propõe Keller & Karmeli (1975) e Pizarro (1990).

Durante os testes com as pressões de 40 e 80 kPa, não observou-se diferenças no diâmetro externo dos tubos com a pressão. Os valores se mantiveram constantes e iguais a 16,5 mm.

5.3 Relação temperatura x vazão

O Quadro 02 apresenta os dados da vazão e coeficiente de variação de fabricação dos gotejadores submetidos a diferentes temperaturas da água e funcionando a uma pressão de 100 kPa. A análise da variância para o efeito da temperatura na variação de vazão mostrou-se significativa à 1%

de probabilidade. Verifica-se que entre 35 e 42° C os parâmetros não diferem, mas crescem significativamente para a temperatura de 48 °C. Isto não concorda com Keller & Karmeli (1974), e com Zur & Tal (1981), para quem a temperatura tem mínima ou nenhuma influência sobre a vazão, nesse tipo de gotejador. Porém concorda com Bernuth & Solomon (1986), os quais afirmam que, para emissores de fluxo turbulento, quando há aumento da temperatura e diminuição da viscosidade, a vazão aumenta, como foi observado neste trabalho.

O efeito da temperatura sobre o coeficiente de variação de fabricação também foi significativo a 1% de probabilidade, podendo-se observar no Quadro 02, que ele cresce acentuadamente na temperatura de 48 °C. Provavelmente a temperatura mais elevada causou alguma deformação nos emissores.

Quadro 02 - Dados médios de temperatura, vazão e coeficiente de variação de fabricação do tubo com gotejadores integrados Streamline 80 à pressão de 100 kPa.

Temperatura média (°C)	Vazão média (l/h)	Desvio padrão	CVf (%)
35	1,49 B *	0,036	2,40 B
42	1,48 B	0,037	2,53 B
48	1,67 A	0,106	6,37 A

* Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

6 CONCLUSÕES

A relação vazão x pressão do emissor do tubo com gotejadores integrados Streamline 80 da Netafin é expressa pela equação potencial $q = 0,158H^{0,489}$;

Os emissores apresentam uniformidade de vazão excelente e regime de escoamento turbulento;

A temperatura da água de 48° C alterou significativamente a vazão média dos emissores e o coeficiente de variação de fabricação.

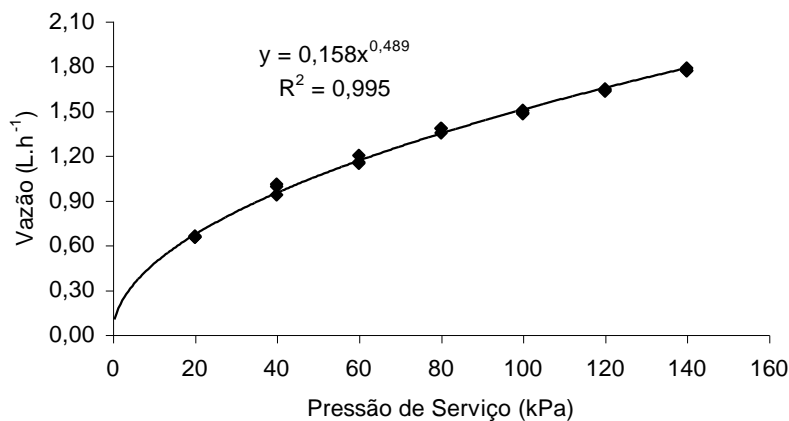


Figura 1- Equação de regressão vazão versus pressão e coeficiente de determinação para os emissores do tubo com gotejadores integrados Streamline 80.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, J.M.H et al. *El riego localizado*. Madrid: Instituto Nacional de Investigações Agrárias, 1987. 317p.

ABREU, T.A., OLITTA, A.F.L., MARCHETTI, D.A.B. Comparação dos métodos de irrigação por sulco e por gotejo na cultura do melão no Vale do São Francisco. *Pesqui. Agropecu. Bras.* Brasília,

- v.13, n.3, p.34-45. 1978.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *Emissores para sistema de Irrigação Localizada / Avaliação de Características Operacionais / Método de Ensaio*: PNBR 12:02.08-021, ABR/1986. São Paulo, 1986. 7p.
- ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES E EXPORTADORES DE FRUTAS TROPICAIS DO NORDESTE – PROFRUTAS. *Manifesto sobre a agricultura irrigada*. Mossoró, 1995. 12p.
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 5 ed. Viçosa: Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa. 1989. 596p.
- BERNUTH, R. D. V., SOLOMON, K. D. Design principles. In: NAKAYAMA, F. S., BUCKS, D. *Trickle irrigation for crop production: design, operation and management*. Amsterdam: Elsevier, 1986. Cap.2, p. 27-52.
- GOMES, H. P. *Engenharia de Irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento*. 2 ed., Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997 . 390p.
- HALEVY, J. et al. *Trickle irrigation*. Roma: FAO, 1973. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 14).
- JANDEL SCIENTIFIC. *User's manual*. Madero: Jandel Scientific, 1991. 208 p.
- KELLER, J., KARMELI, D. Tricle irrigation design parameters. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, v.17, p.678-84, 1974.
- KELLER, J., KARMELI, D. *Tricle irrigation design*. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- PIZARRO, F. C. *Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersion, exudacion*. 2.ed. Madrid: Mundi Prensa, 1990 . 471 p.
- SCHMIDT, M.V.V. *Características hidráulicas do tubogotejador "Queen Gil"*. Viçosa, 1995. 43p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- SILVA, J.G.F. *Características hidráulicas de tubos de polietileno perfurados para irrigação por gotejamento*. Viçosa, 1984. 63p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- SOARES, A.A. *Características hidráulicas de microtubos Cipla e de linhas laterais para irrigação por gotejamento*. Viçosa, 1981. 72p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. *Trans. ASAE (Am. Soc. Agric. Eng.)*, v.22, p. 1034-38, 1979.
- ZUR, B., TAL, S. Emitter discharge sensitivity to pressure and temperature. *Irrig. Drainage Division*, 107 (IR1), n.107, p.1-9, march, 1981.