

CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DO TUBO GOTEJADOR HIDRODRIP II

Allison Magno de Sousa Oliveira¹, Francisco de Queiroz Porto Filho²,
José Francimar de Medeiros³ & Maristélio da Cruz Costa⁴

RESUMO

O objetivo, com este trabalho realizado em laboratório, foi estudar as características hidráulicas do tubo gotejador Hidrodrrip II, 2,3 L h⁻¹, cujos emissores, inseridos nos tubos durante o processo de fabricação e espaçados a 0,3 m, apresentam formato tipo labirinto. Submeteram-se os tubos a diferentes pressões, para determinação das características hidráulicas: relação vazão-pressão dos emissores e coeficiente de variação de fabricação; também, avaliou-se o efeito da temperatura na vazão dos gotejadores. Os emissores apresentaram regime de fluxo turbulento ($x = 0,51$) e valor médio de 1,49% para o coeficiente de variação de fabricação, enquanto a variação de temperatura, de 30 a 60 °C, reduziu a vazão dos gotejadores, em aproximadamente 1,75%.

Palavras-chave: gotejamento, hidráulica, temperatura

HYDRAULIC CHARACTERIZATION OF THE INTEGRAL DRIPLINE HIDRODRIP II

ABSTRACT

This study was carried out in laboratory with the objective of analyzing the hydraulic characterization of the integral drip tape Hidrodrrip II, 2.3 L h⁻¹, whose emitters are spaced at 0.3 m and inserted in the tubes during the manufacture process. The tubes were submitted to several pressures to determine the hydraulic characteristics: discharge-pressure relation of emitters and the manufacturing variation coefficient. The temperature effect in the emitter discharge was also evaluated. The discharge exponent calculated indicates that the emitter has a turbulent flow and the mean manufacturing variation coefficient of 1.49%. The emitter discharge decreased only 1.75% as the temperature increased from 30 to 60 °C.

Key words: drip irrigation, hydraulic, temperature

Recebido em 22/11/1999, Protocolo 130/99

¹ Eng. Agr. Rua Monsenhor Gurgel, 63, Abolição I. CEP 59600 – 000, Mossoró, RN. Fone: (0xx84) 321 1519

² Doutorando na UFPB. Prof., M.Sc. Depto. Engenharia Agrícola, ESAM. CEP 59625 – 900, Mossoró, RN. Fone: (0xx84) 312 1850.
Fax: (0xx84) 312 2499. E-mail: porto@esam.br

³ Eng. Agr., D.S. Depto. Engenharia Agrícola, ESAM. Fone: (0xx84) 312 3832. Fax: (0xx84) 312 2599. E-mail: jfmedeir@esam.br

⁴ Eng. Agr., D.S. em Irrigação e Drenagem – Depto. Engenharia Agrícola, ESAM. Fone: (0xx84) 218 5254. Fax: (0xx84) 312 2599.
E-mail: maristelio@esam.br

INTRODUÇÃO

$$CVf = s/qm$$

(2)

A irrigação localizada é a que possibilita o melhor controle da lâmina, por operar a baixas pressões e alta eficiência. Por outro lado, têm-se restrições quanto ao entupimento e, principalmente, ao aumento da vazão, devido ao desgaste dos emissores quando os mesmos são utilizados por um período excessivo (Boman & Parsons, 1993).

Para Maia (1994) e Keller & Karmeli (1974) os gotejadores são os elementos de maior importância nas instalações de sistema de irrigação localizada e também os que possibilitam a distribuição de um fluxo de água com vazão e frequência constantes.

Vermeiren & Jobling (1997) relatam que os emissores se caracterizam, do ponto de vista hidráulico, pela pressão de serviço, pela variação desta pressão e pela vazão nominal. Para Schmidt (1995) a classificação dos emissores, em relação ao princípio de funcionamento, é dada por: gotejadores de longo percurso de saída (microtubo, labirinto, etc.); gotejadores do tipo de sistema de irrigação por “xique-xique” e tubos perfurados e gotejadores com câmara de vórtice (microaspersores).

Mayers & Bucks (1972) citam que os sistemas de irrigação por gotejamento que trabalham com pressões mais elevadas, em cujo gotejador ocorre alta perda de carga, têm oferecido a melhor uniformidade de vazão dos gotejadores.

De acordo com Keller & Karmeli (1974) para se obter uma vazão menor, o emissor deve apresentar alta perda de carga, o que requer uma secção de fluxo relativamente pequena. Na prática, as vazões dos gotejadores utilizados variam de 2 a 50 L h⁻¹. As características dos emissores geralmente são fixas e a variação de vazão é determinada apenas pela variação de pressão; ainda segundo os mesmos autores, a vazão dos gotejadores é dada pela seguinte fórmula:

$$q = Kd \cdot H^x \quad (1)$$

em que:

- q - vazão do emissor, L h⁻¹
- Kd - coeficiente de descarga (adimensional)
- H - pressão de entrada do emissor, kPa
- x - expoente de descarga.

Para Keller & Karmeli (1975) os valores do expoente “x” variam de 0,5 para emissores com fluxo turbulento, a 1 para fluxo de regime laminar.

No dimensionamento de sistemas de irrigação localizada, deve-se considerar a variabilidade existente entre gotejadores, decorrente do processo de fabricação. Considerando-se que as secções transversais de fluxo são normalmente de diâmetros reduzidos, a fabricação deverá ser precisa e bastante uniforme, pois pequenas variações poderão causar grandes diferenças na vazão.

Keller & Karmeli (1974) introduziram o coeficiente de variação de fabricação (CVf) como medida estatística do processo de fabricação dos emissores. O CVf é um valor adimensional estimado pela relação entre o desvio-padrão da vazão de uma amostra pela respectiva média, conforme a equação:

em que:

- CVf - coeficiente de variação do fabricante, %
- s - desvio-padrão
- qm - vazão média da amostra dos emissores.

Existem diferentes classificações de emissores quanto à uniformidade de vazão, das quais podem ser citadas as de Solomon (1979) que considera excelente o CVf de até 3%, e a da ABNT (1986) que classifica, como bons, aqueles com CVf até 10%.

A variação de temperatura também pode contribuir para que se tenha variações na vazão dos gotejadores. Para Bernuth & Solomon (1986) a melhor equação que representa o efeito da temperatura da água na vazão dos gotejadores de fluxo turbulento, é a do tipo linear.

Parchomchuk (1976) afirma que mudanças na viscosidade provocadas pela variação da temperatura da água, podem causar variações na vazão dos emissores, maiores que o limite máximo de + 10%, caso o regime de escoamento no emissor seja laminar. Quando o regime de escoamento no emissor for turbulento, a vazão não será afetada significativamente pela mudança de viscosidade.

O objetivo deste trabalho foi determinar as características hidráulicas do tubo gotejador Hidro drip II, analisando-se a uniformidade de vazão, a equação característica do emissor e o efeito da temperatura na vazão dos gotejadores.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola da Escola Superior de Agricultura de Mossoró, utilizando o tubo gotejador Hidro drip II, fabricado pela Hytromatic do Grupo Plastro, cuja vazão nominal é de 2,3 L h⁻¹

O gotejador testado é do tipo labirinto, integrado em tubo de polietileno, com diâmetro interno (DI) de 15,2 mm e externo (DE) de 16,5 mm, com espaçamento variando de 15 a 250 cm e apresenta fluxo turbulento.

De acordo com o fabricante, a pressão de operação pode variar de 50 a 250 kPa (0,5 a 2,5 bar) e a sua equação vazão-pressão tem a forma:

$$q = 0,7646 H^{0,4704} \quad (3)$$

em que:

- q - vazão do gotejador (L h⁻¹)
- H - pressão de operação (m.c.a.)

Determinação da equação característica vazão-pressão

Para a determinação da relação vazão-pressão e equação característica do emissor, foram utilizados seis segmentos de tubo, cada um com 3 m de comprimento e dez gotejadores, perfazendo uma amostra de sessenta gotejadores.

Os ensaios foram realizados em uma bancada de testes, com a linha de gotejadores conectada em conexões e registros, para ajuste das pressões de operação.

As pressões foram monitoradas por um manômetro digital de precisão + 0,5% FE, e faixa de 0 a 7 kgf cm⁻². Foram realizados os testes com pressões crescentes de 20, 40, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250 e 300 kPa, com três repetições para cada pressão, totalizando 180 valores de vazão.

As vazões dos emissores foram determinadas através da coleta de volumes de água, em um período de tempo que variou de 3 a 16 min, para cada pressão de operação. Cada coletor com água foi pesado; descontando-se sua tara, ele foi dividido pela densidade da água, para obtenção em volume. A densidade da água era determinada antes de cada teste, pela determinação do peso da água em uma proveta de 500 mL.

A vazão média de cada emissor foi obtida com os dados de três repetições e, com os pares de valores de vazão e pressão, realizou-se a análise de regressão, para determinação da equação vazão-pressão.

Uniformidade de vazão

Para determinação da uniformidade utilizaram-se os dados de vazão obtidos na determinação da equação vazão-pressão, a partir dos quais foram calculados a vazão média e o desvio-padrão. Calculou-se, então, o coeficiente de variação de fabricação, adotando-se a metodologia recomendada pelo Projeto de Normas Técnicas da ABNT (1986).

Efeito da temperatura da água na vazão dos gotejadores

Com os mesmos seis segmentos de tubos usados nos parâmetros anteriores, variou-se a temperatura da água de 10 em 10 °C, a partir de 30 até 60 °C, sob pressão constante de 100 kPa. A coleta da água foi iniciada após o sistema funcionar 5 min para o aquecimento da tubulação. A temperatura média da água foi obtida com as medidas feitas antes e depois de cada repetição.

Estabeleceu-se o delineamento em blocos casualizados, em que cada linha de gotejadores foi considerada bloco representativo. Os tratamentos foram as temperaturas de 30, 40, 50 e 60 °C, adotando-se dez gotejadores por bloco e o valor da vazão de cada gotejador foi obtido através da média aritmética das três medições, para determinada temperatura, feita em cada mangueira; portanto, o valor da vazão para cada bloco foi considerado como sendo a média da vazão dos dez gotejadores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Equação característica vazão-pressão

Com os dados de vazão e pressão e através de uma análise de regressão, determinou-se a equação característica, de acordo com Keller & Karmeli (1974), ou seja:

$$q = 0,210.H^{0,515} \tag{4}$$

sendo:

- q - Vazão do emissor (L h⁻¹)
- H - Pressão na entrada do emissor (kPa).

O coeficiente de determinação r² obtido foi de 0,9992. Os valores de vazão média dos gotejadores, obtidos para cada pressão aplicada, foram comparados aos valores da equação do fabricante (Figura 1).

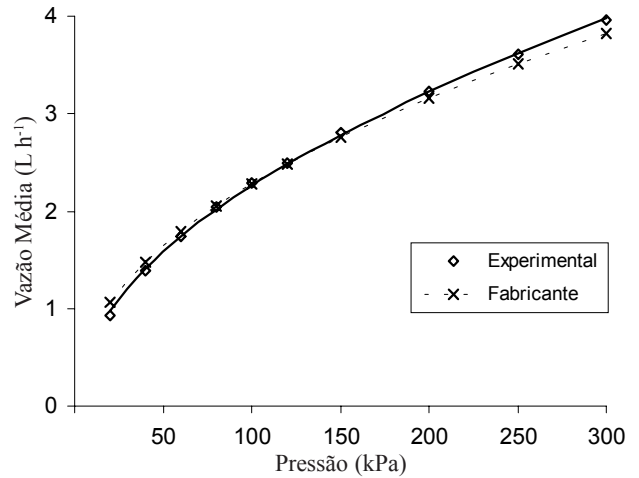


Figura 1. Curva característica de vazão do emissor pelas equações estabelecidas no experimento e a preconizada pelo fabricante

O valor do expoente da equação de 0,515 indica que o regime de escoamento dos emissores é turbulento, conforme Keller & Karmeli (1974) e Keller & Bliesner (1990). Este coeficiente apresentou-se diferente do fornecido pelo fabricante (0,4704) embora se tenha observado que na faixa de pressão de 80 a 150 kPa (faixa freqüentemente recomendada para projetos) os valores de vazão encontrados pela equação experimental são praticamente iguais aos preconizados pelo fabricante (Figura 1).

Uniformidade de vazão

A Tabela 1 apresenta os dados de vazão média, a referida pressão, desvio-padrão e os coeficientes de variação.

O efeito dos fatores inerentes à fabricação para o tubo de linha integral de gotejadores Hidrodrrip II, expresso pelo

Tabela 1. Vazão média, desvio-padrão, coeficiente de variação de fabricação e classificação dos emissores segundo Solomon (1979) e ABNT (1986)

Pressão (kPa)	Vazão Média (L h ⁻¹)	Desvio-Padrão (L h ⁻¹)	CVF (%)	Classificação	
				Solomon (1979)	ABNT (1986)
20	0,93	0,018	1,95	Excelente	Boa
40	1,39	0,021	1,51	Excelente	Boa
60	1,74	0,025	1,40	Excelente	Boa
80	2,04	0,030	1,45	Excelente	Boa
100	2,29	0,034	1,46	Excelente	Boa
120	2,49	0,037	1,48	Excelente	Boa
150	2,81	0,041	1,45	Excelente	Boa
200	3,23	0,043	1,32	Excelente	Boa
250	3,61	0,048	1,34	Excelente	Boa
300	3,96	0,062	1,56	Excelente	Boa

coeficiente de variação de fabricação (CVf) variou de 1,326 a 1,957%, apresentando um valor médio de 1,4972 para todas as pressões. Apenas para pressões de 20, 40 e 300 kPa, os valores do CVf ficaram acima de 1,5%, pressões estas não recomendadas pelo fabricante.

De acordo com a Tabela 1, a uniformidade de vazão do tubo gotejador Hidrodrip II é classificada como excelente, segundo Solomon (1979) e boa, segundo a ABNT (1986). O fabricante classifica a uniformidade de vazão do material como excelente.

Uma vez que as condições de teste foram iguais para todos os gotejadores, as diferenças verificadas na sua vazão devem ser atribuídas ao processo de fabricação.

Efeito da temperatura na vazão dos gotejadores

Os valores de vazão versus temperatura, encontram-se na Tabela 2. Com os dados estimou-se a seguinte equação:

$$q = -4,477 - 3,183t^{1/2} - 0,4933t + 0,02511t^{3/2} \quad (5)$$

em que:

- q - vazão estimada do gotejador (L h⁻¹)
- t - temperatura média da água, °C.

Tabela 2. Valores de vazão média, sob diferentes temperaturas

Temperatura °C	Vazão (L h ⁻¹)*
30	2,29 A
40	2,27 A
50	2,25 B
60	2,25 B

* Médias seguidas por mesma letra não diferem significativamente a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O coeficiente de determinação (r²) desta equação foi de 0,5538, e o ajustado de 0,487. O teste F mostrou efeito significativo a nível de 5% de probabilidade da temperatura sobre a vazão.

Verifica-se que não houve relação linear entre a vazão e a temperatura da água (Eq. 5) fato este que não está de acordo com o citado por Bernuth & Solomon (1986) que afirmam ser a relação linear a que melhor representa o efeito da temperatura na vazão dos gotejadores.

Pela comparação de médias realizadas pelo teste de Tukey, verifica-se que não houve diferença estatística entre as temperaturas 30 e 40 °C; no entanto, foram diferentes as médias obtidas com temperaturas 50 e 60 °C.

Verifica-se, ainda na Tabela 2 que, para a variação de 30 °C (30 para 60 °C) a vazão diminuiu apenas 0,04 L h⁻¹ (2,29 para 2,25 L h⁻¹) representando decréscimo de aproximadamente, 1,75%, fato este que se contrapõe do citado por Bernuth & Solomon (1986) e Abreu et al. (1987).

CONCLUSÕES

1. O emissor do tubo gotejador Hidrodrip II 2,3 L h⁻¹ apresenta equação característica tipo potencial, dada pela

equação $q = 0,210 H^{0,515}$, com regime de escoamento turbulento.

2. Os emissores, segundo a classificação do Projeto de Normas 12 : 02 - 08 - 02 da ABNT (1986) se enquadram como bons, enquanto na classificação de Solomon (1979), apresentam uniformidade de vazão classificada como excelente.

3. A equação que melhor estimou o efeito da temperatura sobre a vazão, foi $q = -4,477 - 3,183 t^{1/2} - 0,4933 t + 0,02511 t^{3/2}$. Para a variação ocorrida na temperatura de 30 a 60 °C, notou-se que a vazão foi reduzida em apenas 1,75%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Emissores para sistemas de irrigação localizada - avaliação das características operacionais. PNBR 12: 02 - 08 - 021. São Paulo, 1986. 7p.
- ABREU, J.M.H.; LOPES, J.R.; REGALADO, A.P.; HERNANDEZ, J.F. El riego localizado. Madrid, Espanha: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1987. 317p.
- BERNUTH, R.D.V.; SOLOMON, K.D. Design principles. In: Nakayama, F.S.; BUCKS, D. Trickle irrigation for crop production. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1986. cap 2. p.27-52.
- BOMAN, B.J.; PARSONS, M.L. Changes in microsprinkler discharges resulting from long - turn use. Transaction of ASAE. St. Joseph, v.9, n.3, p.281-284, 1993.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.A. Sprinkler and trickle irrigation. Types and components of trickle systems. New York: von Nostarand Reinhold, 1990. 152 p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. Transactions of the ASAE. St. Joseph, v.17, p.678-684,1974.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Glendora, Rain bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.
- MAIA, L.A.F. Desenvolvimento de um software para auxiliar no dimensionamento e manejo da irrigação localizada. Piracicaba: ESALQ/USP 1994. 158p. Dissertação Mestrado
- MAYERS, L.E.; BUCKS, D.A. Uniform irrigation with lowpressure trickle system. Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE, New York, v.100, n.3, p.341-347, 1972.
- PARCHOMCHUK, P. Temperature effects on emitter discharge rates. Transactions of the ASAE. St. Joseph, v.19, n.2, p.690, 1976.
- SCHMIDT, M.V.V. Características hidráulicas do tubo gotejador "Queen Gil". Viçosa, 1995. 43p. Dissertação Mestrado
- SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. Transactions of the ASAE. St Joseph, v.22, n.5, p.1034-1038, 1979.
- VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. Irrigação localizada. Campina Grande: UFPB, CCT, 1997. 184 p. Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 36