

IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO. I — CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DO MICROGOTEJADOR IRTEC^{1/}

Manoel Alves de Faria ^{2/}

Salassier Bernardo ^{3/}

Paulo Afonso Ferreira ^{3/}

Blamor Torres Loureiro ^{3/}

1. INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejamento é método relativamente novo; com ele, aplica-se a água no solo, em pequena intensidade, diretamente sobre a região radicular, porém, com alta frequência, para que se possa ter alto teor de umidade no solo. Sua aplicação é feita por meio de dispositivos especiais, chamados gotejadores, que são peças conectadas às linhas laterais, com capacidade para dissipar a pressão disponível na linha lateral e aplicar vazões pequenas e constantes.

Quanto à vazão e pressão na entrada, os gotejadores podem ser classificados em três tipos: vazão variável sob pressão constante, vazão constante sob pressão constante e vazão constante sob pressão variável. Os gotejadores do último grupo apresentam características desejáveis, porque permitem vazão constante ao longo da linha lateral, independentemente da variação de pressão que venha a ocorrer na sua extensão. Como o dimensionamento da linha lateral depende da variação de vazão entre o primeiro e o último gotejador na linha lateral, variação que, segundo BERNARDO (1), não deve exceder 10% da vazão média dos gotejadores ao longo da lateral, os gotejadores de vazão constante sob diferentes pressões permitem di-

^{1/} Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como parte das exigências para obtenção do grau de «Magister Scientiae» em Engenharia Agrícola.

Recebido para publicação em 4-12-1981.

^{2/} Departamento de Engenharia Rural da ESAL 37200 Lavras, MG.

^{3/} Departamento de Engenharia Agrícola da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

mentonar sistemas com linhas laterais mais longas, o que concorreria para baratear seu custo.

Segundo GILAAD *et alii* (2), a relação entre vazão e pressão na entrada do gotejador, a perda de carga localizada com sua inserção no tubo, o tamanho e a forma da passagem de água nele existente constituem as características hidráulicas dos gotejadores. Esses autores afirmam que tais características são influenciadas pelo material de constituição, pelo processo de fabricação e pelo método de instalação do gotejador na linha lateral. SOLOMON (7) afirma também que a variação na fabricação do dispositivo de emissão é importante fator que influencia a uniformidade de emissão de um sistema de irrigação por gotejamento.

OLIVEIRA (4), estudando as características hidráulicas e a variação na vazão causada pelas diferenças decorrentes do processo de fabricação em três tipos de gotejadores encontrados no comércio brasileiro com os nomes de Dangotas, Irriga e Microtubo, estabeleceu equações características de descarga-pressão para esses gotejadores.

PEÑA *et alii* (6), estudando o funcionamento hidráulico de gotejadores, com o objetivo de determinar as fontes de variação de suas vazões e estabelecer equações que permitissem determinar a vazão do gotejador, de acordo com os fatores de variação, concluíram que a vazão depende da pressão e da temperatura da água nos gotejadores com escoamento em regime laminar e apenas da pressão nos gotejadores de escoamento em regime turbulento. PARCHOMCHUCK (5) mostrou também que variações na temperatura da água podem reduzir drasticamente a uniformidade de irrigação, efeito que é mais pronunciado para microtubos e gotejadores com saída em espiral.

ZUR e TAL (8), estudando a sensibilidade da pressão e da temperatura, para gotejadores com três mecanismos diferentes de dissipação de pressão, que foram longo percurso helicoidal, labirinto e vórtex, concluíram que a vazão aumentou de acordo com a temperatura do gotejador com longo percurso de saída, não alterou a do labirinto, mas reduziu a do gotejador tipo vórtex.

HOWELL e HILER (3) citam que vários tipos de gotejadores são disponíveis e que, geralmente, as características hidráulicas de operação de cada tipo são diferentes. Daí o surgimento de dúvidas relativas à escolha do tipo de gotejador e à elaboração do projeto hidráulico de um sistema de gotejamento.

Este trabalho visou a estudar as características hidráulicas do microgotejador IRTEC, estabelecendo equações da vazão, relacionadas com a pressão e com a temperatura da água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

Foi estudado o gotejador de vazão constante sob pressão variável, com inserção no tubo tipo «sobrelinha», que é encontrado no comércio com o nome de microgotejador.

Foram efetuados três tipos de teste, em laboratório, com o microgotejador, a saber: teste de uniformidade de vazão, teste para determinação da equação característica de vazão-pressão e teste para estabelecimento dos efeitos da temperatura da água sobre a vazão do microgotejador.

No suprimento de água, em todos os testes, utilizou-se água proveniente da estação de tratamento de água da Universidade Federal de Viçosa.

Durante a realização dos testes, com pressões de 5 e 10 metros de coluna

d'água (m.c.a.), foi abastecido um reservatório de nível constante, com altura regulável, em relação ao local dos testes, e, durante a realização dos testes, com pressão acima de 10 m.c.a.; a água foi tomada diretamente da rede de distribuição proveniente da estação de tratamento e controlada por meio de registro de gaveta, instalado anteriormente ao manômetro.

O controle da temperatura da água, durante a realização dos testes, foi conseguido com a sua passagem por aquecedor tipo caseiro, marca JMS, com capacidade de 40 litros, provido de termostato, com escala graduada de 5 em 5°C.

2.1. *Determinação da Uniformidade de Vazão do Microgotejador*

Este teste foi feito com o objetivo de observar a variação de vazão entre os microgotejadores, em razão das diferenças decorrentes do processo de fabricação.

A amostra foi constituída de 60 microgotejadores, obtidos, aleatoriamente, numa população de 200. Esses microgotejadores foram instalados e, 15 segmentos, de 1,0 metro de comprimento, de tubo de polietileno preto, marca CIPLA (tipo popular), com bitola nominal de 1/2" x 1,5 mm.

Em cada segmento foram instalados 4 microgotejadores, com espaçamento de 0,20 m um do outro.

Numeraram-se, previamente, no tubo, as posições em que seriam instalados os microgotejadores, que foram sorteados para ocupar determinada posição. Com isso, cada segmento passou a constituir um conjunto operacional, sendo testados ao mesmo tempo, portanto, 4 microgotejadores.

A temperatura da água e a pressão de serviço do microgotejador foram mantidas constantes, 25°C 10 m.c.a., respectivamente.

A pressão foi medida com um manômetro em U, usando o mercúrio como líquido manométrico.

Os valores da vazão de cada microgotejador foram obtidos com o cálculo da média aritmética de três repetições. Em cada repetição foi coletado, em balão volumétrico, um volume de 500 mililitros. O intervalo de tempo necessário para obter esse volume foi cronometrado com precisão de décimos de segundos.

Com os dados obtidos determinaram-se a vazão média dos microgotejadores (\bar{q}), o desvio-padrão (s) e o coeficiente de variação (C.V.).

2.2. *Determinação da Equação Característica de Vazão-Pressão dos Microgotejadores*

Foram sorteados para a realização deste teste 3 conjuntos operacionais dentre os 15 utilizados para estudar a uniformidade de vazão. Portanto, foram testados 12 microgotejadores. Cada conjunto operacional foi submetido à pressão de 5, 10, 15, 20 e 25 m.c.a., à temperatura média da água de 23°C ($\pm 0,5^\circ\text{C}$).

Para cada microgotejador, foram feitas 3 repetições de vazão, tomando a média aritmética como valor representativo dessa grandeza para a pressão estudada. Foi utilizada, para a vazão, a unidade litros por hora (l/h), com precisão centesimal.

Com os dados das pressões aplicadas e das vazões médias estabeleceu-se uma função de vazão, usando análise de regressão polinomial tipo

$$q = a_0 + a_1H + a_2H^2 + a_3H^3 + a_4H^4 + a_5H^5 \quad \text{eq. (1)}$$

em que

q = vazão do microgotejador, l/h;

H = pressão na entrada do microgotejador, m.c.a.;

a_0 = constante de regressão e

a_i = coeficiente de regressão, com $i = 1, 2, 3, 4, 5$.

O procedimento utilizado para medir as vazões foi idêntico ao do teste anterior. As pressões de 5 e 10 m.c.a. foram medidas com manômetro em U e as demais com manômetro tipo Bourdon, com escala de 0 a 10 kg/cm², provido de adaptação especial para tubo de polietileno.

2.3. Determinação da Função de Vazão dos Microgotejadores em Relação à Temperatura da Água

Com amostra de 3 conjuntos operacionais (12 microgotejadores) sorteados aleatoriamente dentre 12 (48 microgotejadores), foram realizados testes, usando pressão constante e igual a 10 m.c.a., à temperatura da água de 20, 25, 30, 35, 40 e 45°C.

Para cada ponto correspondente a determinada temperatura fizeram-se 3 repetições de vazão, procedendo-se da mesma maneira descrita anteriormente. Tomou-se a média aritmética como valor representativo dessa grandeza naquele ponto.

Com os dados das temperaturas da água e das vazões médias dos microgotejadores estudados, estabeleceu-se uma função de vazão do microgotejador, em relação à temperatura da água, por meio de análise de regressão polinomial tipo

$$q = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + a_3 T^3 + a_4 T^4 + a_5 T^5 \quad \text{eq. (2)}$$

sendo

q = vazão do microgotejador, l/h;

T = temperatura da água, °C;

a_0 = constante de regressão e

a_i = coeficiente de regressão, com $i = 1, 2, 3, 4, 5$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Uniformidade de Vazão do Microgotejador

Os dados de vazão, a vazão média e o coeficiente de variação encontrado vêm no Quadro 1.

A vazão média verificada foi de 4,72 l/h, com um coeficiente de variação (C.V.) de 9,76%. O valor do coeficiente de variação encontrado para o microgotejador situa-se dentro da faixa descrita por SOLOMON (7). De acordo com a interpretação desse autor, o valor de C.V. verificado classifica o microgotejador como de uniformidade aceitável.

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

3.2. Equação Característica da Vazão-Pressão do Microgotejador

Submetidos os microgotejadores a diferentes pressões, à mesma temperatura

QUADRO 1 - Vazões do microgotejador com pressão constante de 10 m.c.a. e temperatura de 25°C

Número do microgotejador	Vazão (l/h)	Número do microgotejador	Vazão (l/h)
1	5,24	31	3,82
2	4,50	32	4,96
3	4,83	33	4,52
4	5,16	34	4,29
5	4,31	35	5,45
6	3,70	36	4,29
7	4,82	37	4,67
8	4,71	38	4,45
9	4,83	39	4,90
10	4,96	40	4,53
11	4,59	41	4,18
12	4,76	42	5,12
13	5,06	43	4,99
14	4,18	44	4,90
15	5,48	45	4,24
16	4,76	46	4,15
17	5,07	47	4,50
18	4,58	48	4,43
19	4,08	49	4,29
20	4,82	50	4,40
21	5,21	51	4,67
22	4,25	52	4,88
23	4,94	53	5,49
24	5,65	54	4,54
25	4,84	55	5,39
26	5,02	56	4,73
27	4,49	57	4,79
28	3,32	58	5,20
29	4,90	59	5,44
30	4,92	60	5,21

Vazão média = 4,72 l/h.

Desvio-padrão = $\pm 0,46$.

Coeficiente de variação = 9,76%.

da água (23°C), obtiveram-se valores correspondentes de vazão e pressão. Com esses dados ajustou-se a seguinte equação:

$$q = - 0,05306 + 1,32523H = 0,13562H^2 + 0,00583H^3 - 0,00009H^4 \quad \text{eq. (3)}$$

em que

q = vazão do microgotejador, l/h, e

H = pressão na entrada do microgotejador, m.c.a.

A representação gráfica dessa equação encontra-se na Figura 1.

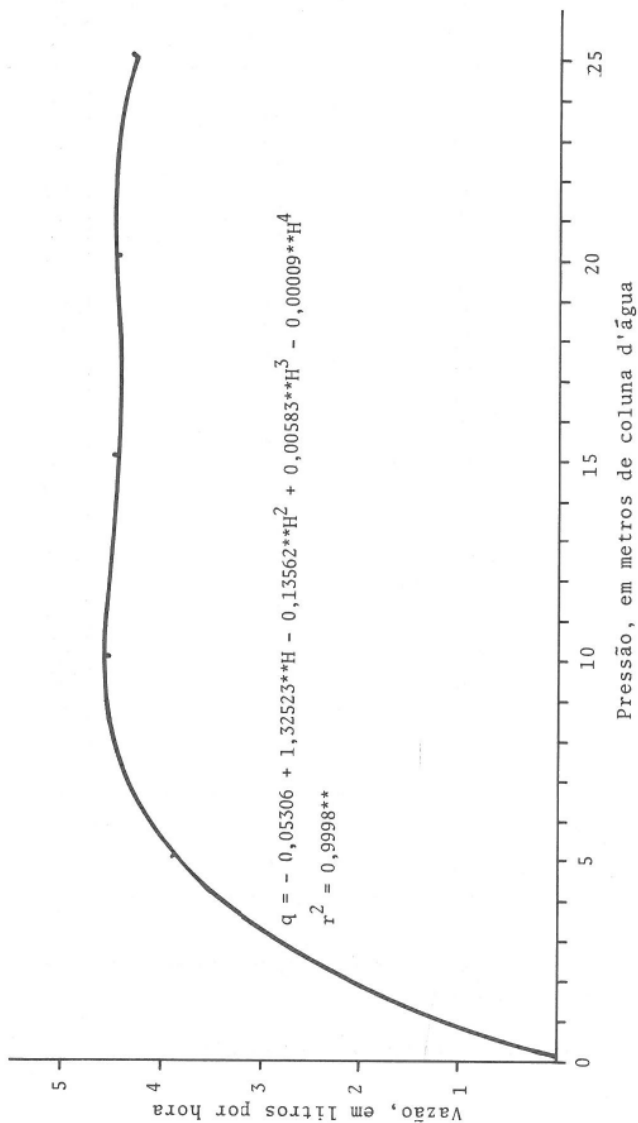


FIGURA 1 - Equação característica de vazão-pressão do microgotejador.

** Significativo, ao nível de 1% de probabilidade.

O coeficiente de determinação (r^2) da equação 3 foi 0,9998 e o teste F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Analisando a Figura 1, verifica-se que a vazão aumenta rapidamente até a pressão de serviço de 5 m.c.a. De 5 a 10 m.c.a., a vazão continua aumentando, porém em menores proporções. De 10 a 25 m.c.a., a vazão permanece quase constante, verificando-se ligeiro declínio. Isso ocorre porque há uma redução na área de escoamento, provocada pelo achatamento do diagrama do gotejador (tubete de silicone) sobre o orifício de passagem da água, aumentando, desse modo, a perda de carga ocorrida na seção achatada e permanecendo constante a vazão. Assim, a vazão média estimada do microgotejador é maior quando ele está submetido a uma pressão de 10. m.c.a. que quando está submetido a uma pressão de 25 m.c.a. Para as respectivas pressões as vazões são de 4,57 e 4,25 l/h. Com isso, verifica-se que, enquanto a pressão aumentou 150% (de 10 para 25 m.c.a.), a vazão diminuiu 7%, havendo, portanto, uma auto-regulação de vazão por meio do microgotejador.

3.3. Efeito da Temperatura na Vazão do Microgotejador

A fim de verificar um possível efeito da temperatura da água sobre a vazão do microgotejador, usaram-se diferentes temperaturas da água e a mesma pressão. Com os valores de vazão e temperatura obteve-se a seguinte equação:

$$q = 4,77434 + 0,00261 T \quad \text{eq. (4)}$$

em que

q = vazão do microgotejador, l/h, e

T = temperatura média da água, °C.

O coeficiente de determinação dessa equação foi 0,8556 e o teste F foi significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Pela equação 4, verifica-se que há relação linear entre a vazão e a temperatura da água. Verifica-se, ainda, que para uma variação de 25°C (de 20 para 45°C), a variação na vazão é apenas de 0,06 l/h (de 4,83 para 4,89 l/h), o que representa um aumento de 1,24%, aproximadamente. Portanto, a temperatura da água não influenciou sensivelmente a vazão do microgotejador, fato que está de acordo com o descrito por PARCHOMCHUK (5), para gotejador tipo orifício.

4. RESUMO

No Laboratório da Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa foi conduzido um estudo sobre as características hidráulicas do microgotejador IRTEC. Os microgotejadores foram submetidos a três tipos de teste, um com pressão e temperatura constantes, outro com pressão variável e temperatura constante e outro, finalmente, com pressão constante e temperatura variável.

Para pressão e temperatura constantes, procurou-se verificar a variação de vazão entre microgotejadores ocasionada pelo processo de fabricação; para pressão variável e temperatura constante, determinou-se a equação característica de vazão-pressão do microgotejador e, para pressão constante e temperatura variável, verificou-se o efeito da temperatura da água sobre a vazão do microgotejador, estabelecendo-se, também, uma equação que descreve a relação entre as duas variáveis. Concluiu-se que, no teste realizado com pressão de 10 m.c.a. e temperatura de 25°C, a vazão média do microgotejador foi de 4,72 l/h, com um coeficiente de

variação aceitável e igual a 9,76%; que, para pressões que variaram de 5 a 25 m.c.a., a vazão média do microgotejador foi de 4,32 l/h; e que, para uma mudança na pressão de 10 para 25 m.c.a., a vazão estimada do microgotejador diminuiu 7%. Concluiu-se, também, que a temperatura da água não influenciou sensivelmente a vazão do microgotejador, visto que, para uma mudança na temperatura de 20 para 45°C, a vazão aumentou apenas 1,24%.

5. SUMMARY

At the Hydraulics Laboratory of the Federal University of Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brazil, a study was conducted to determine hydraulic characteristics of the micro-drip IRTEC. The drip was submitted to three types of tests: one with temperature and pressure constant; one with constant temperature and variable pressure; and, one with constant pressure and variable temperature.

It was found that the micro-drip IRTEC was not affected by the variation of temperature from 20 to 45°C nor by the variation of pressure from 5 to 25 m.c.a.

6. LITERATURA CITADA

1. BERNARDO, S. *Irrigação por gotejamento*. Viçosa, 1980. 72 p. (mimeógrafo).
2. GILAAD, Y., KRISTAL, L. & ZANKER, K. Hydraulic and mechanical properties of drippers. IN: PROCEEDINGS OF THE SECOND INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS, Riverside, 1974. p. 311-316.
3. HOWELL, T.A. & HILER, E.A. Trickle irrigation lateral design. *Transactions of the ASAE*, 17(5):902-908. 1974.
4. OLIVEIRA, C.A.S. *Hidráulica de gotejadores e de linhas laterais para irrigação por gotejamento*. Viçosa, U.F.V. Imprensa Universitária, 1978. 72 p. (Tese M.S.).
5. PARCHOMCHUCK, P. Temperature effects on emitter discharge rates. *Transactions of the ASAE*, 19(4):690-692, 1976.
6. PEÑA, E.P., AVILA, M.A.E. & RAMIREZ, C.E. Analisis y evaluación del funcionamiento hidráulico de goteros. *Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego*, México, (4):5-37, 1979.
7. SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. *Transaction of the ASAE*, 22(5):1034-1038.
8. ZUR, B. & TAL, S. Emitter discharge sensitivity to pressure and temperature. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 107(IRI):1-9, 1981.