

## VAZÃO E UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE TUBO GOTEJADOR EM SUPERFÍCIE E SUBSUPERFÍCIE\*

KAROLINE MASO DOS REIS<sup>1</sup>; ANTÔNIO CARLOS BARRETO<sup>1</sup> E JOSÉ RENATO ZANINI<sup>2</sup>

*\*Artigo extraído da dissertação da primeira autora*

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Rua João Batista Ribeiro, 4000 Distrito Industrial II 38064-790, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. E-mails: karoline@iftm.edu.br; barreto@iftm.edu.br.

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: jrzanini@fcav.unesp.br.

### 1 RESUMO

A avaliação do sistema de irrigação em subsuperfície permite conhecer as condições de seu desempenho a fim de evitar impactos ambientais e, também, perdas econômicas na irrigação localizada. O objetivo constituiu em avaliar a uniformidade de distribuição e vazão do tubo gotejador em condição de irrigação superficial e subsuperficial. Utilizou-se delineamento experimental em parcelas subdivididas no esquema fatorial 5 x 5, e quatro repetições. Os tratamentos constituíram de 5 profundidades de submersão do tubo gotejador (0; 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 m) combinadas com 5 pressões de entrada da água no tubo gotejador (49, 98, 147, 196 e 245 kPa). O menor coeficiente de uniformidade de distribuição obtido foi de 95,55%, e o menor coeficiente de uniformidade de Christiansen, 96,37%, classificados, respectivamente, de acordo com Merriam e Keller (1978) e Mantovani (2002), como excelentes. O coeficiente de variação de fabricação ficou dentro da regulamentação: ABNT NBR ISO 9261, sendo menor que 7%. As equações características desenvolvidas neste trabalho apresentaram coeficiente de determinação de 0,99 e podem, portanto, ser utilizadas para calcular a vazão real.

**Palavras-chave:** irrigação localizada, contrapressão, manejo de irrigação

**REIS, K. M.; BARRETO, A. C.; ZANINI, J. R.  
FLOW AND DISTRIBUTION UNIFORMITY OF A DRIPLINE USED IN  
SURFACE AND SUBSURFACE IRRIGATION**

### 2 ABSTRACT

The evaluation of irrigation system in subsurface allows to know the conditions of its performance in order to avoid environmental impacts and, also, economic losses in the localized irrigation. The objective was to evaluate the uniformity of distribution and flow rate of the dripping tube under surface and subsurface irrigation conditions. An experimental design was used in subdivided plots in the 5 x 5 factorial scheme, and four replications. The treatments consisted of 5 submersion depths of the dripper tube (0, 0.1, 0.2, 0.3 and 0.4 m) combined with 5 water inlet pressures in the dripper tube (49, 98, 147, 196 and 245 kPa). According to Merriam and Keller (1978) and Mantovani (2002), the lowest coefficient of uniformity of distribution

Recebido em 20/01/2017 e aprovado para publicação em 30/09/2017

DOI: <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2017v22n4p690-700>

was 95.55%, and the lowest coefficient of uniformity of Christiansen, 96.37%. The coefficient of variation of manufacturing was compliant with regulation ABNT NBR ISO 9261, being less than 7%. The characteristic equations developed in this work presented coefficient of determination of 0.99 and can therefore be used to calculate the actual flow.

**Keywords:** localized irrigation, backpressure, irrigation management

### 3 INTRODUÇÃO

A produção agrícola depende das chuvas e da irrigação para fornecer a demanda de água nas culturas. No Brasil, segundo a FEALQ (2014), a agricultura está contemplada com 6.039.839ha irrigados e potencial irrigável de 81.224.233ha. Nesse sentido, vê-se que existe grande possibilidade de expansão da área irrigada. Entretanto, para que este crescimento ocorra com sustentabilidade, é necessário sistemas para irrigação eficiente no uso da água, relacionando-se a quantidade de água aproveitada pela planta e a retirada do manancial.

A irrigação por gotejamento subsuperficial pode ser usada para melhorar a uniformidade de irrigação e eficiência do uso da água numa série de sistemas de cultivo, aplicando baixo volume de água diretamente na zona radicular das culturas (YAO et al., 2011). Destaca-se que, além da água ser depositada na região onde a planta consegue absorver os nutrientes dissolvidos na solução do solo, diminui também a evaporação que ocorre se a água estiver na superfície do solo.

No entanto, ao colocar um tubo de irrigação em subsuperfície, surgem outros fatores que podem interferir no bom desempenho da irrigação. O gotejamento subsuperficial pode ser dificultado pelo fenômeno de contrapressão, levando à redução da vazão do gotejador (THEBALDI et al., 2016). Na elaboração de projetos de sistema de irrigação, bem como para realizar o manejo, é fundamental que se conheça exatamente qual é a vazão do tubo gotejador e a uniformidade de distribuição da água a fim de garantir boa eficiência. Por consequência, ao conhecer o sistema, torna-se possível dimensionar adequadamente e calcular o tempo de irrigação necessário para atender a demanda da cultura. Com a hipótese de que o gotejamento em subsuperfície altera o desempenho dos gotejadores, o objetivo deu-se em avaliar a uniformidade de distribuição e vazão de um tubo gotejador em condição superficial e subsuperficial.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho esteve em desenvolvimento no Laboratório de Irrigação do Instituto Federal do Triângulo Mineiro – IFTM/*Campus* Uberaba – MG, em localização geográfica nas coordenadas 19°39'19'' de latitude sul, 47°57'27'' de longitude oeste e 780 m de altitude, entre junho e setembro de 2016. Foi utilizado o tubo gotejador, com gotejadores *in line*, Drip Net PC™ AS 16150, tendo este, espaçamento de emissores 0,6 m e vazão nominal de 1 L h<sup>-1</sup>.

As avaliações foram realizadas de acordo com a NBR ISO 9261 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006), desenvolvendo-se ensaios em superfície e subsuperfície para determinar: vazão (Eq.1), equação característica (Eq. 2), coeficiente de variação de fabricação (CVf) (Eq. 3), coeficiente de uniformidade de Christiansen (1942) (CUC) (Eq. 4), e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) (Eq. 5), utilizando-se as equações:

$$q = \frac{V_c}{T} \cdot 60 \quad (1)$$

Sendo:

q - vazão (L h<sup>-1</sup>)

V<sub>c</sub> - Volume coletado (L)

T - tempo de coleta (min)

$$q \cong k p^m \quad (2)$$

Sendo:

q - vazão característica do emissor (L h<sup>-1</sup>)

k - constante

p - pressão de funcionamento (kPa)

m - expoente do emissor

$$CV_f = \frac{S_q}{\bar{q}} \cdot 100 \quad (3)$$

Sendo:

CV<sub>f</sub> - coeficiente de variação de fabricação (%)

S<sub>q</sub> - desvio padrão da amostra (L h<sup>-1</sup>)

$\bar{q}$  - vazão média da amostra (L h<sup>-1</sup>)

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum |q_i - \bar{q}|}{n \cdot \bar{q}} \right) \quad (4)$$

Sendo:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen (%)

q<sub>i</sub> - vazão de cada gotejador (L h<sup>-1</sup>)

$\bar{q}$  - vazão média dos gotejadores (L h<sup>-1</sup>)

n - número de gotejadores

$$CUD = 100 \left( \frac{\bar{q}_{25}}{\bar{q}} \right) \quad (5)$$

Sendo:

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição (%)

$\bar{q}_{25}$  - vazão média das 25% menores vazões (L h<sup>-1</sup>)

$\bar{q}$  - vazão média dos gotejadores (L h<sup>-1</sup>)

Na avaliação em subsuperfície, foram usados tubos com 100 mm de diâmetro em PVC. O tubo gotejador foi inserido perpendicularmente ao tubo de PVC permitindo que cada emissor fosse submerso na água nas profundidades: 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 m.

Nos testes em subsuperfície, a tensão superficial da água não permitia que se mantivesse fluxo constante de saída de água de dentro do tubo de PVC (acumulando água dentro do tubo). Isso foi solucionado, adicionando-se um espalhante, que tem a função de quebrar a tensão superficial da água, com princípio ativo: polioxietileno alquil fenol éter em concentração 0,2 kg L<sup>-1</sup>, colocando 0,001 L desse aditivo dentro de cada tubo de PVC.

Utilizando delineamento experimental em parcelas subdivididas com esquema fatorial 5 x 5, e quatro repetições. Os tratamentos constituíram de 5 profundidades de submersão do tubo (0; 0,1; 0,2; 0,3 e 0,4 m) combinadas com 5 pressões de entrada da água (49, 98, 147, 196 e 245 kPa). As parcelas experimentais foram constituídas por 25 emissores e a vazão foi calculada pelo volume de água coletado, em cada emissor, durante 5 minutos.

Ao final do experimento submeteu-se os dados à análise de variância através do teste F a 1 e 5% de probabilidade. Em se constatando diferenças significativas para vazão, realizaram-se a análise de regressão, a obtenção da curva característica por meio da equação da vazão e o cálculo do coeficiente de correlação. E, o teste de Scott-Knott, para comparação de médias do CUC, CUD e CVf.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Vazão

As vazões do experimento foram submetidas ao teste de médias e de regressão, conforme Tabela 1.

A vazão do tubo gotejador foi maior na pressão 49 kPa, o que pode ter ocorrido em função de que esta é próxima ao limite inferior da pressão recomendada pelo fabricante (40 kPa). As pressões que proporcionaram vazões mais próximas à indicada pelo fabricante ( $1 \text{ L h}^{-1}$ ) foram de 98 e 147 kPa (Tabela 1).

**Tabela 1.** Teste de médias das variáveis em função da pressão de entrada, da contrapressão e da interação entre pressão e contrapressão.

<b>Pressão (kPa)</b>	<b>Vazão (<math>\text{L h}^{-1}</math>)</b>	<b>CVf (%)</b>	<b>CUC (%)</b>	<b>CUD (%)</b>
49	1,0176a3	3,07a1	97,60a1	96,44a2
98	1,000a1	3,48a2	96,90a1	95,91a1
147	1,002a1	3,56a2	97,09a1	95,67a1
196	1,009a2	3,25a1	97,45a1	96,08a1
245	1,007a2	3,55a2	96,91a1	95,82a1
Teste F	17,389*	4,53*	0,13 <sup>ns</sup>	5,27*
<b>Contrapressão (kPa)</b>				
0	1,029a3	3,25a1	97,58a2	96,46a2
0,98	1,003a2	3,46a1	97,25a2	95,74a1
1,96	0,998a1	3,46a1	97,23a2	95,88a1
2,94	1,000a1	3,24a1	97,53a2	96,30a2
3,92	1,006a2	3,50a1	96,37a1	95,55a1
Teste F	65,882*	1,59 <sup>ns</sup>	4,20*	8,79*
<b>Interação</b>				
Teste F	3,441*	4,60*	1,58 <sup>ns</sup>	6,62*
CV (%)	3,48	13,16	1,09	0,6

Médias seguidas pela mesma letra e número na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade; \* significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

A maior vazão encontrada utilizando pressão de 49 kPa evidencia os dados encontrados por Ribeiro et al. (2014), que ao avaliar o tubo autocompensado Hydro PC (HY 2,0), também

observaram esse efeito. Ainda, estes autores afirmaram que o fato ocorreu por não ativar a compensação da pressão pela membrana do emissor.

Ao aplicar a contrapressão foi verificado diminuição na vazão, sendo que, em subsuperfície, a vazão ficou mais próxima a  $1 \text{ L h}^{-1}$ , demonstrando bom desempenho do tubo para irrigação em subsuperfície. O conhecimento da real vazão do tubo é imprescindível, pois considerando 6 horas de irrigação, espaçamento entre linhas de 1 metro, sem contrapressão com vazão real média  $1,029 \text{ L h}^{-1}$ , haveria percolação de aproximadamente  $2.928 \text{ L ha}^{-1}$ , no caso de que os cálculos para esta irrigação utilizassem a vazão nominal do tubo ( $1 \text{ L h}^{-1}$ ), certamente ocasionaria perda de água, nutrientes e gasto de energia desnecessário.

Cunha et al. (2013) também observaram reduções na vazão de gotejadores em condições subsuperficiais e comprometimento do funcionamento para adequado manejo da irrigação. Thebaldi et al. (2016), avaliando a contrapressão na relação vazão-pressão dos tubos gotejadores, obtiveram menores vazões ocasionadas pela contrapressão em todas as pressões testadas.

Sendo significativa a interação entre a pressão e contrapressão, realizou-se o desdobramento da interação (Tabela 2).

Quando o tubo gotejador foi avaliado sem contrapressão, ou seja, em superfície, as pressões de 49 a 245 kPa não provocaram alterações na vazão (Tabela 2). Já em subsuperfície sempre ocorreram variações, pois a contrapressão provavelmente influenciou o funcionamento da membrana reguladora de vazão.

**Tabela 2.** Vazão ( $\text{L h}^{-1}$ ) em função da interação entre pressão e contrapressão.

Pressão (kPa)	Contrapressão (kPa)					Teste F
	0,00	0,98	1,96	2,94	3,92	
49	1,034a1A2	1,014a2A1	1,011a2A1	1,010a2A1	1,017a2A1	7,825*
98	1,029a1A2	0,996a1A1	0,986a1A1	0,999a1A1	0,994a1A1	21,298*
147	1,035a1A3	0,999a1A2	0,981a1A1	0,994a1A2	1,003a1A2	32,049*
196	1,024a1A2	1,006a2A1	1,003a2A1	1,006a2A1	1,006a2A1	5,926*
245	1,025a1A3	1,000a1A1	1,007a2A2	0,992a1A1	1,009a2A2	12,546*
Teste F	1,928 <sup>ns</sup>	4,44*	14,248*	4,63*	5,904*	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e número na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e número na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade; \*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

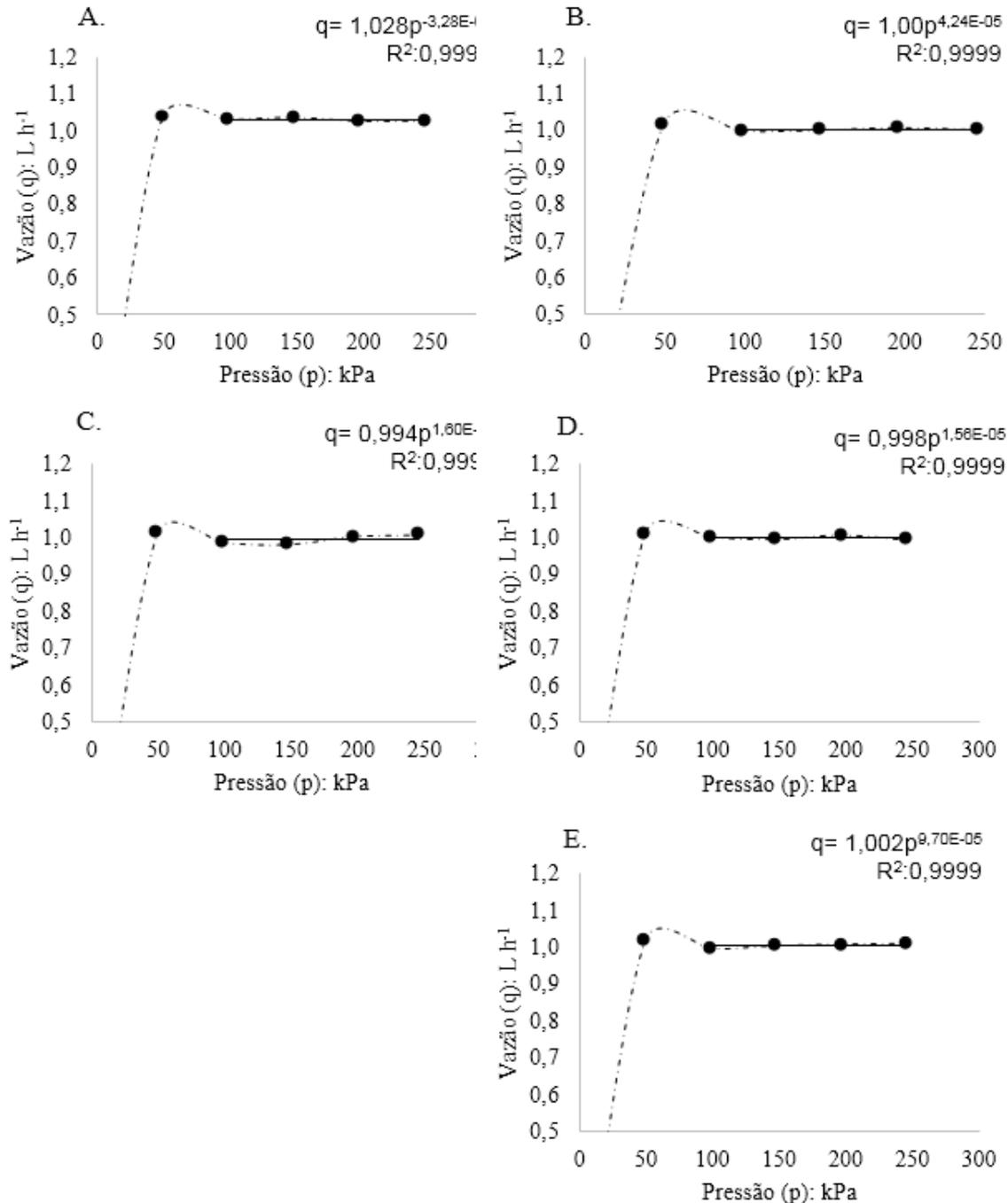
A submersão do tubo, independentemente da pressão, a vazão diminuiu e teve influência da pressão de entrada e da contrapressão, que pode ser explicada pela pressão contra a saída de água, em função da contrapressão. Embora a vazão em contrapressão seja menor que em superfície, houve bom comportamento do tubo gotejador, pois a vazão foi mais próxima à nominal ( $1 \text{ L h}^{-1}$ ).

Ao ser submetido à contrapressão com pressão de 98 e 147 kPa, as vazões apresentaram valores inferiores. Tendo-se em 196 kPa, vazão significativamente maior que em 98 e 147 kPa e igual à vazão de 49 kPa; enquanto que, em 245 kPa, não houve constância na variação, provavelmente, pela intervenção do compensador de pressão. Usando-se pressões de 98 e 196 kPa, as contrapressões de 0,98 a 3,92 kPa não provocaram alterações na vazão.

Thebaldi et al. (2016), ao avaliarem tubos gotejadores com autocompensação, observaram maior variabilidade quando os tubos foram submergidos, corroborando com os dados obtidos neste trabalho.

Com a vazão em função da pressão de entrada foi desenvolvida a curva característica do tubo gotejador e respectivas equações características, determinação do expoente (m) e do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) (Figura 1).

**Figura 1.** Curvas características, equações e coeficientes de determinação da vazão em função da pressão: Superficial (A), Contrapressão 0,98 kPa (B), Contrapressão 1,96 kPa (C), Contrapressão 2,94kPa (D), Contrapressão 3,92 kPa (E).



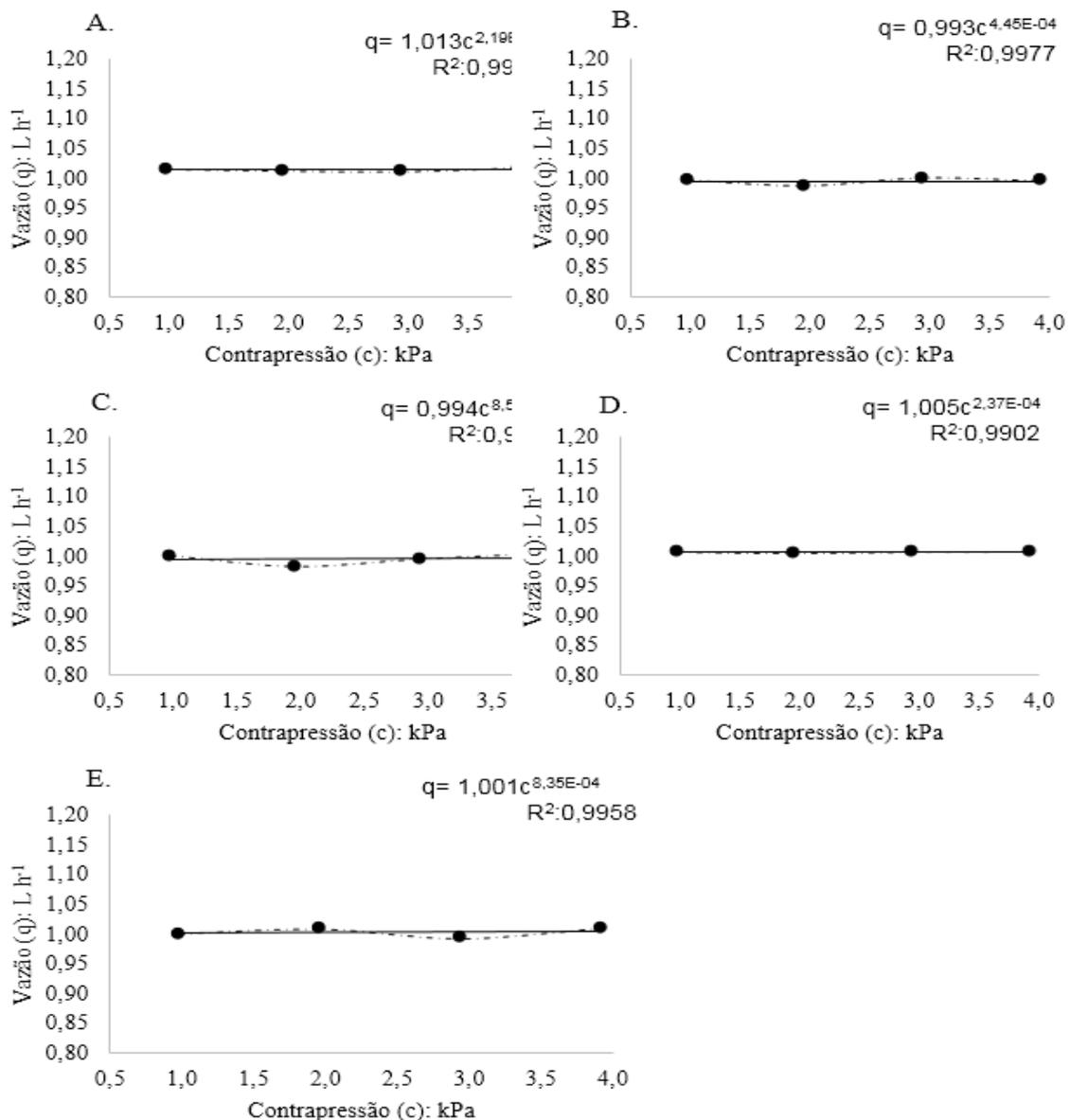
As equações foram propostas de 98 a 245 kPa, pois com pressão de 49 kPa o tubo não apresentou boa regulagem tendendo a apresentar vazões maiores. O maior expoente da equação foi 0,00016, sendo excelente para tubo gotejador regulado, demonstrando estabilidade da vazão

com variações na pressão de entrada. Todas as equações características da relação pressão x vazão obtiveram coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,9999, indicando que o modelo sugerido está adequado na descrição do fenômeno (Figura 1).

Os resultados estão de acordo com a NBR ISO 9261 (2006) pela qual o expoente 'm' deve ser no máximo 0,2 para tubos emissores regulados. O expoente da equação característica, que expressa a sensibilidade à variação de pressão variou de 0,0691 para o modelo Twin Plus a 0,0082 para o modelo Ram (DALRI et al., 2015). O referido trabalho condiz com o resultado deste, tanto no que atende à norma para emissores regulados como na variação do expoente, demonstrando baixa sensibilidade na alteração de vazão decorrente da pressão de entrada.

Também desenvolveu-se curvas características do tubo gotejador, respectivas equações características, determinação do expoente (m) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para a vazão em função da contrapressão (Figura 2).

**Figura 2.** Curvas características, equações e coeficientes de determinação da vazão em função da contrapressão: Pressão 49,03 kPa (A), Pressão 98,06 kPa (B), Pressão 147,10 kPa (C), Pressão 196,13 kPa (D), Pressão 245,16 kPa (E).



Para a contrapressão as equações características também tiveram bom ajuste com menor  $R^2$  de 0,9902. Os expoentes dos emissores foram próximos a 0, sendo o maior de 0,000852. Estas equações devem ser usadas sempre quando for necessário saber qual a vazão do emissor quando em contrapressão “x” para a pressão na qual foram desenvolvidas. Este emissor apresentou bom desempenho quando submetido à contrapressão, pois, manteve o expoente próximo a 0. Se um emissor é autocompensado, teoricamente, o valor do expoente seria zero (OLIVER; HEWA; PEZZANITI, 2016).

## 5.2. Coeficiente de variação de fabricação (CVf)

O CVf apresentou diferenças significativas com a variação da pressão de entrada e manteve-se sem variações significativas com a contrapressão. Os menores valores de CVf ocorreram com pressões de 49 e 196 kPa (Tabela 1). Conforme a NBR ISO 9261 (2006), o CVf não deve ser maior que 7%. Portanto, os coeficientes deste emissor estão dentro da regulamentação. Para Solomon (1979), esse coeficiente é de uniformidade média (entre 3 e 7).

Existe no mercado uma variedade de modelos de tubos gotejadores que apresentam diferentes valores de CVf, porém o ideal seria que os tubos saíssem de fábrica sem nenhuma variação, com valor de CVf igual a zero. No entanto, na prática isso não acontece, pois, o processo produtivo teria que ser tão rigoroso que os custos para isso seriam proibitivos (SAAD; JEFERY, 2015).

Prado, Nunes e Tinos (2014) avaliando tubo gotejador autocompensante obtiveram valores médios de CVf de 3,98%, que é um valor bastante próximo ao encontrado neste trabalho. Cunha et al. (2014), avaliando o mesmo tubo gotejador deste trabalho em irrigação subsuperficial em cana-de-açúcar, alcançaram CVf de 10,81% para tratamento sem fertirrigação. Ressalta-se que a avaliação foi realizada em tubo usado, enquanto neste trabalho, os CVf foram menores, porém os tubos utilizados estavam novos.

Para análise detalhada das pressões e contrapressões foi realizado teste de médias da interação (Tabela 3).

**Tabela 3.** Coeficiente de variação de fabricação (%) da interação entre pressão e contrapressão.

Pressão (kPa)	Contrapressão (kPa)					Teste F
	0,00	0,98	1,96	2,94	3,92	
49	2,76a1A1	3,29a1A2	3,58a1A2	2,95a1A1	2,80a1A1	2,49**
98	3,02a1A1	3,35a1A1	3,88a1A2	3,14a1A1	4,01a2A2	3,97*
147	3,01a1A1	3,66a1A1	3,48a1A1	4,35a2A2	3,29a1A1	5,10*
196	3,69a2A1	3,35a1A1	3,14a1A1	3,01a1A1	3,07a1A1	1,52ns
245	3,75a2A2	3,66a1A2	3,21a1A1	2,78a1A1	4,33a2A2	6,92*
Teste F	4,04*	0,70ns	1,79ns	8,00*	8,44*	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e número na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 1% de probabilidade; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e número na linha não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 1% de probabilidade \*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade. \*\* significativo pelo Teste F a de 5% de probabilidade <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F. **Fonte:** Autores

O CVf manteve-se estável nas contrapressões de 0,98 e 1,96 kPa para todas as pressões, indicando que estas contrapressões não são limitantes ao uso deste tubo quanto às variações que ocorrem no processo de fabricação. Na pressão de 196 kPa, para todas as contrapressões, não houve variações significativas no CVf e esteve entre os menores valores.

### 5.3. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

O CUC não apresentou variações significativas com a variação de pressão. Quando submetido à contrapressão, apresentou diferença negativa à pressão 3,92 kPa. A interação entre pressão e contrapressão não foi significativa para o CUC (Tabela 1).

De acordo com Mantovani (2002), o CUC foi excelente em todos tratamentos. O mesmo foi relatado por Cunha et al. (2013) onde um modelo de gotejador apresentou CUC excelente em condições superficiais e subsuperficiais. Para Mantovani, Bernardo e Palaretti (2009), o CUC representa a proporção de área que irá receber no mínimo a lâmina média de aplicação. Portanto, ao usar este tubo gotejador, espera-se que no mínimo 96,91% da área receba a lâmina média ou mais (Tabela 1).

### 5.4. Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

O CUD foi maior para pressão de 49 kPa. Por ser um tubo autorregulado, o menor CUD (em pressões acima de 49 kPa) pode ter decorrido em função da maior necessidade da regulação da vazão.

Quando avaliados os efeitos da contrapressão o CUD apresentou valor maior em superfície, mas à contrapressão de 2,94 kPa não diferiu da uniformidade em superfície indicando que o tubo pode também ter boa uniformidade em subsuperfície, mas que normalmente o coeficiente diminui, conforme observado nas contrapressões de 0,98; 1,96 e 3,92 kPa (Tabela 1).

De acordo com Merriam e Keller (1978), para todos os tratamentos o CUD é considerado excelente. Baixo valor de CUD indica que excessiva perda por percolação ocorreria se toda área recebesse lâmina maior ou igual à real necessária (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009). Em subsuperfície, é de grande importância que não ocorram perdas por percolação, haja vista, que a água já estará em uma profundidade e por consequência mais propensa a se perder em profundidade.

Para análise detalhada do CUD com interação das pressões e contrapressões foi realizada análise estatística (Tabela 4).

O CUD em superfície apresentou os maiores valores para pressões até 147 kPa, observando que se aumentar a pressão, o coeficiente diminui. O que demonstra haver maior quantidade de emissores com vazões menores que a média, podendo ter decorrido em função do funcionamento do regulador de pressão.

**Tabela 4.** Coeficiente de Uniformidade de Distribuição da interação entre pressão e contrapressão.

Pressão (kPa)	Contrapressão (kPa)					Teste F
	0,00	0,98	1,96	2,94	3,92	
49	97,20a2A2	96,04a1A1	95,78a1A1	96,81a2A2	96,39a1A1	3,98*
98	97,01a2A2	95,91a1A1	95,46a1A1	96,40a2A2	94,81a1A1	8,69*
147	96,87a2A3	95,42a1A2	95,64a1A2	94,60a1A1	95,84a1A2	8,09*
196	95,50a1A1	95,91a1A1	96,22a1A1	96,49a2A1	96,29a2A1	1,80 <sup>ns</sup>
245	95,72a1A2	95,42a1A2	96,31a1A3	97,20a2A3	94,45a1A1	12,72*
Teste F	7,52*	1,05 <sup>ns</sup>	1,64 <sup>ns</sup>	12,13*	9,43*	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula e número na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 1% de probabilidade; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e número na linha não diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 1% de probabilidade \*significativo pelo Teste F a 1% de probabilidade. <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F. **Fonte:** Autores

Submetido à contrapressão de 0,98 e 1,96 kPa, o CUD se manteve estável com a variação de pressão de 49 a 245 kPa. A pressão de 196 kPa permitiu estabilidade do CUD em qualquer contrapressão estudada.

## 6 CONCLUSÃO

O menor coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) obtido foi 95,55% e o menor coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), 96,37%.

As equações características, desenvolvidas neste trabalho, podem ser utilizadas para determinar a vazão real, haja vista que a pressão de funcionamento do gotejador e a contrapressão em subsuperfície acarretaram variações da vazão.

As vazões em subsuperfície (com contrapressão) apresentaram-se mais próximas da vazão nominal do que a vazão em superfície.

## 7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9261**: equipamentos de irrigação agrícola: emissores e tubos emissores: especificação e métodos de ensaio. São Paulo, 2006. 17 p.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124 p. Bulletin 670. Disponível em: <<https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=uc2.ark:/13960/t72v3mr4b;view=1up;seq=1>>. Acesso em: 25 set. 2017.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; OLIVEIRA, R. C.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; GOMES FILHO, R. R. Caracterização hidráulica de gotejadores em condição superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza/CE, v. 7, n. 5, p. 317-329, 2013. Disponível em: <<http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/196>>. Acesso em: 25 set. 2017.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; MELO, S. R. P. Uniformidade de aplicação de fertilizantes sob um sistema de gotejamento subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza/CE, v. 8, n. 5, p. 391-402, 2014. Disponível em: <<http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/253>> . Acesso em: 25 set. 2017.

DALRI, A. B.; GARCIA, C. J. B.; ZANINI, J. R.; FARIA, R. T.; PALARETTI, L. F. Caracterização técnica e desempenho hidráulico de quatro gotejadores autocompensantes utilizados no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1439-1444, Ago. 2015. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782015000801439&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000801439&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 13 out. 2016.

FUNDAÇÃO DE ESTUDOS AGRÁRIOS LUIZ DE QUEIROZ. **Análise territorial para Desenvolvimento da Agricultura Irrigada no Brasil**. Piracicaba, 2014. Disponível em:

<<http://www.iicabr.iica.org.br/wp-content/uploads/2016/02/FEALQ-An%C3%A1lise-Territorial-Agricultura-Irrigada.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2016.

MANTOVANI, E. C. **Avalia**: manual do usuário. Viçosa: DEA/UFV, 2002.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação**: princípios e métodos. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation**: a guide for management. Logan: Utah State University, 1978. 271 p. Disponível em: <[http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNAAG745.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAG745.pdf)>. Acesso em: 25 set. 2017.

OLIVER, M. M. H.; HEWA, G. A.; PEZZANITI, D. Thermal variation and pressure compensated emitters. **Agricultural Water Management**, Mawson Lakes, v. 176, n.10, p. 29-39, Oct. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.05.012>> . Acesso em: 25 set. 2017.

PRADO, G.; NUNES, L. H.; TINOS, A. C. Avaliação técnica de dois tipos de emissores empregados na irrigação localizada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 12-25, 2014. Disponível em: <<http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/193>>. Acesso em: 25 set. 2017.

RIBEIRO, P. H. P.; TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; UYEDA, C. A.; DANTAS NETO, J. Caracterização hidráulica e histerese em tubos gotejadores utilizados na irrigação subsuperficial. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 3, p. 430-440, 2014. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/354>>. Acesso em: 25 set. 2017.

SAAD, J. C. C.; JEFERY, A. P. R. S. Efeito da espessura da parede no desempenho hidráulico de mangueiras gotejadoras. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 139-149, 2015. Disponível em: <<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1975>>. Acesso em: 25 set. 2017.

SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters irrigation equipment. **American Society of Agricultural Engineers**, Michigan, v. 22, n.5, p. 1034-1038, 1979. Disponível em: <<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=35150&t=2&redir=&redirType.>>. Acesso em: 25 set. 2017.

THEBALDI, M. S.; LIMA, L. A.; ALMEIDA, W. F. D.; ANDRADE, R. R. Backpressure effects on the flow-pressure relation of driplines. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 55-62, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n1p55-62/2016>>. Acesso em: 25 set. 2017.

YAO, W. W.; MA, X. Y.; LI, J.; PARKES, M. Simulation of point source wetting pattern of subsurface drip irrigation. **Irrigation Science**, Yangling, v. 29, n. 4, p. 331-339, 2011. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00271-010-0236-2>>. Acesso em: 25 set. 2017.