

## CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE QUATRO MODELOS DE GOTEJADORES AUTOCOMPENSANTES SOB DIFERENTES PRESSÕES

JOÃO A. FISCHER FILHO<sup>1</sup>, IZABELA P. MARTINS<sup>2</sup>, ALEXIA M. DA SILVA CASCALDI<sup>3</sup>,  
ALEXANDRE B. DALRI<sup>4</sup>, JOSÉ R. ZANINI<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Mestre e Doutorando em Agronomia, Professor Assistente, Instituto Municipal de Ensino Superior de Bebedouro - IMESB, Fone: (19) 98292-8964, [joaofischer16@gmail.com](mailto:joaofischer16@gmail.com)

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP

<sup>3</sup> Eng. Agrônoma, Doutoranda em Agronomia/Ciência do Solo, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP

<sup>4</sup> Eng. Agrícola, Prof. Assistente Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Assistente Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP

Apresentado no  
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018  
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

**RESUMO:** Um sistema de irrigação por gotejamento ideal é aquele que todos os emissores apliquem o mesmo volume de água em um determinado tempo, entretanto, isso não ocorre na prática, pois a vazão dos emissores é afetada pelo processo de fabricação e as variações de pressões. Com o objetivo de analisar o desempenho hidráulico de diferentes modelos de gotejadores autocompensantes, foram avaliados quatro modelos de gotejadores (TopDrip, NaanPC, Vardit e NaanAmnon) em uma bancada de ensaios. Utilizaram-se 25 emissores de cada modelo que foram submetidos a pressões de 60, 80, 100, 120 e 140 kPa para determinação das características: vazão média em L.h<sup>-1</sup>; coeficiente de variação de fabricação (CVf) em %; e equação característica vazão x pressão. Os modelos TopDrip, NaanPC, Vardit e NaanAmnon apresentaram, respectivamente, vazões médias iguais a 1,65; 2,55; 2,14 e 1,54 L.h<sup>-1</sup>, porém, apenas o modelo NaanPC não apresentou diferenças estatísticas entre as vazões nas diferentes pressões. Apresentaram CVf médios iguais a 2,57; 4,14; 4,59 e 1,98%, sendo caracterizados como de boa uniformidade. Os emissores foram classificados como autocompensates, por apresentarem expoente x da equação próximo a zero. Conclui-se que os gotejadores avaliados são considerados de ótima qualidade do ponto de vista do processo de fabricação.

**PALAVRAS-CHAVE:** avaliação, emissores, irrigação

## HYDRAULIC CHARACTERIZATION OF FOUR MODELS OF SELF-COMPENSATING DRIPPERS UNDER DIFFERENT PRESSURES

**ABSTRACT:** An ideal drip irrigation system is one that all issuers should apply the same volume of water at a certain time, however, this does not happen in practice as the flow of issuers is affected by the manufacturing process and changes in pressures. In order to analyze the hydraulic performance of different models of self-compensating emitters were evaluated four models of drippers (TopDrip, NaanPC, Vardit and NaanAmnon) on a test bench. Emitters 25 were used for each model that were submitted to pressures of 60, 80, 100, 120 and 140 kPa to determine the characteristics: average flow L.h<sup>-1</sup>; coefficient of manufacturing variation (CVf) in %; and the characteristic equation flow x pressure. TopDrip, NaanPC, Vardit and NaanAmnon models presented, respectively, average flow rates equal to 1.65; 2.55; 2.14 and 1.54 L.h<sup>-1</sup>, however, only the NaanPC model did not present statistical differences between the flows at different pressures. They had mean CVf of 2.57; 4.14; 4.59 and 1.98%, being characterized as good uniformity. Issuers were classified as self-compensating, because they present exponent x of the equation close to zero. It was concluded that the evaluated drippers are considered of excellent quality from the point of view of the manufacturing process.

**KEYWORDS:** evaluation, emitters, irrigation

## INTRODUÇÃO:

O uso consuntivo de água do setor agrícola é, no Brasil, de aproximadamente 70% do total (AUGUSTO et al., 2012). Essa demanda significativa, associada a escassez de recursos hídricos e a necessidade de fontes alternativas de nutrientes às plantas, leva a ponderar que as atividades agrícolas devem ser consideradas prioritárias em termos de uso racional da água.

Segundo Bernardo et al. (2008) a introdução do método de irrigação por gotejamento não deve ser considerada somente como uma técnica para suprir água às culturas, mas sim, como uma filosofia em termos de aplicação de água, fazendo parte integrante de um conjunto de técnicas agrícolas nos cultivos, sob condições controladas de umidade do solo, adubação, salinidade, fitossanidade e variedades selecionadas, de modo a obter efeitos significativos na produção por área e por água consumida e qualidade do produto. Para Souza et al. (2005), a grande vantagem do sistema de irrigação localizada deve-se a forma de aplicação, próxima ao sistema radicular das plantas e favorecendo a economia de água e o aumento na produção.

Os gotejadores autocompensantes, são construídos para fornecer vazão constante em uma ampla faixa de pressão de serviço. Sendo ideais para aplicações de água em áreas não planas e com linhas laterais longas. Por conseguirem operar em baixas pressões, podem reduzir o custo com bombeamento e energia elétrica.

No gotejamento, vários fatores podem comprometer a uniformidade de distribuição de água, tais como, o entupimento dos emissores, temperatura da água, bem como os processos de fabricação.

Partindo da hipótese que na fabricação podem ocorrer problemas que afetam o desempenho de gotejadores, são necessários estudos das características hidráulicas de gotejadores para se determinar possíveis alterações que possam ocorrer nos emissores que interfiram na quantidade de água aplicada.

Portanto, objetivou-se avaliar o desempenho hidráulico de quatro modelos de gotejadores autocompensantes em laboratório e em campo

## MATERIAL E MÉTODOS:

O experimento foi realizado no laboratório em uma bancada de ensaios para tubos gotejadores. Para realização destes testes, seguindo as recomendações específicas na Norma ISO 9261 da ABNT (2006), foram utilizados 25 emissores de quatro modelos de gotejadores (Tabela 1), obtidos aleatoriamente.

TABELA 1. Especificações técnicas dos tubos gotejadores avaliados, segundo catálogo de seus respectivos fabricantes.

Fabricante	Gotejador	Espaçamento (m)	Diâmetro do tubo (mm)	Pressão nominal (kPa)	Vazão (L h <sup>-1</sup> )
NaanDanJain	Top Drip	0,30	16	100	1,70
NaanDanJain	NaanPC	0,75	16	100	2,50
	Drip-Plan Vardit	0,50	18	100	2,10
NaanDanJain	NaanAmnon	0,50	17	100	1,60

Os emissores tiveram suas vazões determinadas nas pressões de 60, 80, 100, 120 e 140 kPa. Para a pressurização da bancada de testes foi instalada uma bomba com potência de 1 cv, monofásica, 220 volts, com vazão máxima de 3 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> e pressão máxima de 500 kPa, suprida por um reservatório de nível constante de água com capacidade de 250 L.

A água foi filtrada em um filtro de discos (120 mesh) localizado na entrada da tubulação de PVC que continha os gotejadores. Para a leitura das pressões foi utilizado um manômetro tipo Bourdon e um manômetro de coluna de mercúrio para aferição das pressões, localizados próximos a entrada da tubulação de PVC. O controle da pressão na entrada dos gotejadores foi realizado utilizando uma válvula reguladora de pressão manual (registro de agulha).

O tempo de coleta da água foi de quatro minutos e a vazão foi transformada em L h<sup>-1</sup>. A equação característica, de cada gotejador, foi determinada a partir da Equação 1 e o coeficiente de variação de fabricação, que é a relação entre o desvio padrão e a média das vazões dos emissores amostrados, pela Equação 2.

$$q = k \times p^x \quad (1)$$

em que,  
 q - vazão do gotejador, L h<sup>-1</sup>; k - constante de proporcionalidade, específica para cada emissor; p - pressão em que opera o emissor, kPa; x - expoente que caracteriza o regime de fluxo.

$$CVf = \frac{S}{q_m} \times 100 \quad (2)$$

em que,  
 CVf – coeficiente de variação de fabricação, %; S – desvio-padrão da amostra, L h<sup>-1</sup>; q<sub>m</sub> – vazão média da amostra, L h<sup>-1</sup>.

Utilizou-se a classificação de Solomon (1979), para classificar o comportamento dos emissores com base no CVf.

Para o experimento em laboratório, foi adotado delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 25 repetições, análise de variância e quando o efeito dos tratamentos foi significativo, as médias das vazões para cada pressão foram comparadas pelo teste de Tukey (5%).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO: modelo de tabela:

A análise de variância e as variações da vazão nos quatro gotejadores com diferentes pressões, são apresentadas na Tabela 2. Observa-se que apenas o modelo NaanPC não apresentou diferenças significativas entre as vazões obtidas nas diferentes pressões, caracterizando-o como gotejador autocompensante.

TABELA 2. Análise de variância e teste de comparação de médias (Tukey) para valores de vazão média dos emissores (q) medida em função de pressões de serviço (kPa).

Pressão (kPa)	Vazão média (L h <sup>-1</sup> )			
	TopDrip	NaanPC	Vardit	NaanAmnon
Teste F	5,38**	1,85 <sup>ns</sup>	25,06**	9,91**
60	1,72 a	2,66 a	2,33 a	1,61 a
80	1,72 a	2,71 a	2,22 b	1,58 b
100	1,70 ab	2,72 a	2,13 c	1,57 b
120	1,67 b	2,71 a	2,11 c	1,56 b
140	1,68 b	2,69 a	2,08 c	1,57 b
C.V. (%)	2,58	3,62	4,58	2,02

<sup>NS</sup>: não significativo (P>0,05); <sup>\*\*</sup>: significativo (P<0,01); C.V.: coeficiente de variação.

De acordo com a Tabela 3, para o expoente x quanto mais próximo de 0, menor a sensibilidade à variação de pressão (AZEVEDO, 1986), caracterizando um comportamento compensantes, contudo o emissor Vardit, apesar de ser autocompensante, apresentou o maior expoente x comparado com os demais emissores, sendo próximo a 0,13, o que se explica pelo fato do comportamento compensador do emissor atuar sobre pressão de serviço acima de entre 100 kPa.

TABELA 3. Equações características vazão *versus* pressão e coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) obtidas para os modelos de gotejadores.

Modelo	Equação (q = k × p <sup>x</sup> )	R <sup>2</sup>
TopDrip	q = 1,9733 × p <sup>-0,033</sup>	0,85
NaanPC	q = 2,8940 × p <sup>-0,014</sup>	0,53
Vardit	q = 3,9816 × p <sup>-0,1330</sup>	0,96
NaanAmnon	q = 1,8399 × p <sup>-0,0340</sup>	0,79

O coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) serve para ajustar a equação, no caso a da vazão *versus* a pressão, valores próximos de 1 indicam bom ajuste, como ocorreu para a equação do modelo Vardit,

que apresentou 96% da variação da vazão, devido a relação que existe com a pressão. Porém, o modelo da NaanPC, apresentou apenas 53% de satisfação entre as relações de pressão e vazão.

Os modelos de gotejadores TopDrip e NaanAmnon apresentaram excelente uniformidade destacando-se com valores de CVf inferiores a 3%, considerados de ótima qualidade do ponto de vista do processo de fabricação. Os outros dois gotejadores oscilaram entre 1,5 e 5%, caracterizando como de uniformidade média, de acordo com SOLOMON (1979); porém, destaca-se que os quatro gotejadores avaliados apresentam CVf inferiores a 7%, o que é recomendado pela norma ISO 9261 (2006).

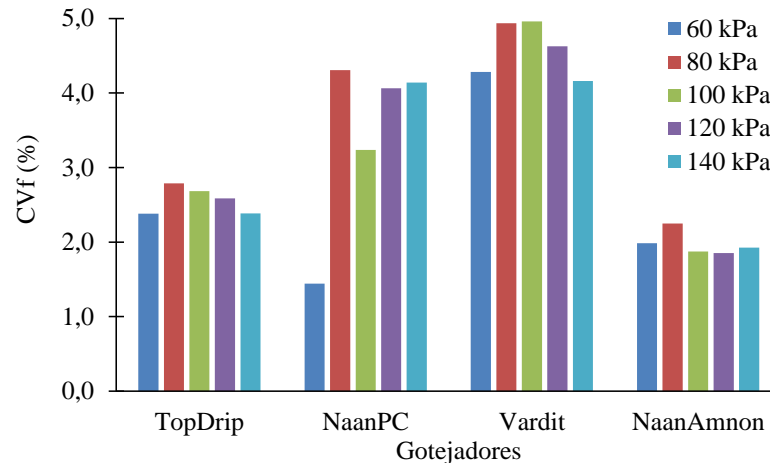


FIGURA 1. Coeficiente de variação de fabricação (CVf) em função das pressões obtidas para os gotejadores autocompensantes.

#### CONCLUSÕES:

Os quatro gotejadores avaliados apresentaram boa uniformidade em função do coeficiente de variação de fabricação, os quais foram inferiores a 7%.

Destacou-se positivamente o modelo NaanPC, que não apresentou diferenças estatísticas significativas de suas vazões com diferentes pressões de trabalho.

#### REFERÊNCIAS:

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 9261**: equipamentos de irrigação agrícola. Emissores e tubos emissores. Especificação e métodos de ensaio. São Paulo, 2006. 17p.

AUGUSTO, L. G. S.; GURGEL, I. G. D.; CÂMARA NETO, H. F.; MELO, C. H.; COSTA, A. M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1511-1522, 2012.

AZEVEDO, H. M. **Irrigação localizada**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, n.139, p. 40-53, 1986.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. p. 483-548.

SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, v. 22, n. 5, p. 1034-1038, 1979.

SOUZA, J. A. R.; DENÍCULI, W.; BATISTA, R. O.; VAL, J. C. C.; MATOS, A. T. Caracterização hidráulica de microaspersor aplicando água limpa, água residuária de avicultura e de bovinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.3, p. 161-172, 2005.