

## DESEMPENHO DE GOTEJADORES AUTOCOMPENSANTES UTILIZANDO EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO PARA IRRIGAÇÃO

**João Alberto Fischer Filho<sup>1</sup>, Alexandre Barcellos Dalri<sup>2</sup>, Vinícius Mendes Rodrigues de Oliveira<sup>3</sup>, José Renato Zanini<sup>4</sup>, Luís Fabiano Palaretti<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia/Ciência do Solo, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal – SP, Fone: (19)98292-8964, joaofischer16@gmail.com

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Prof. Assistente Doutor, Depto. Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP

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

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, 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

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

**RESUMO:** O uso de efluente de baixa qualidade na irrigação por gotejamento pode ocasionar variação de vazão dos emissores e a eficiência da irrigação. Objetivou-se avaliar a variação de vazão de gotejadores autocompensantes de um sistema de irrigação utilizando efluente de esgoto tratado. Um sistema de irrigação por gotejamento com quatro modelos de gotejadores autocompensantes foi instalado na FCAV/UNESP, com efluente originado da estação de tratamento de esgoto de Jaboticabal - SP, sendo filtrado por um filtro de disco (120 mesh). Foram realizadas sete avaliações da vazão dos gotejadores (0, 100, 200, 300, 400, 500 e 600 horas de funcionamento), operando a 100 kPa. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 4x7 (4 modelos e 7 tempos) e teste de Tukey para comparação das médias, com quatro repetições. Foram determinados a vazão relativa (Qr), o coeficiente de variação de vazão (CVQ) e o grau de entupimento (GE). Verificou-se que, com o funcionamento do sistema, os modelos de gotejadores foram pouco suscetíveis ao entupimento. Porém, o modelo G4 destacou-se perante os demais, pois apresentou Qr = 99,92%, CVQ = 2,69% e GE = 1,19%. Os resultados obtidos permitem afirmar que o tempo de uso do EET afeta a vazão dos gotejadores autocompensantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** água residuária, gotejadores autocompensantes, entupimento

## SELF COMPENSATING EMITTERS PERFORMANCE USING TREATED SEWAGE EFFLUENT FOR IRRIGATION

**ABSTRACT:** The use of low-quality effluent in drip irrigation can cause flow variation of the emitters and the efficiency of irrigation. This study aimed to evaluate the flow variation of self compensating emitters in irrigation system using treated sewage effluent (TSE). A drip irrigation system with four types of self compensating emitters (G1, G2, G3 and G4) was installed at FCAV/UNESP, with the TSE came from the sewage treatment plant of Jaboticabal-SP, being filtered through a disc filter (120 mesh). Seven evaluations of flow rate drippers were performed (0, 100, 200, 300, 400, 500 and 600 hours of operation) operating at 100 kPa. The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement 4x7 (4 models and 7 times) and Tukey's test to compare means, with four replications. Were determined the relative flow rate (Qr), the flow rate coefficient of variation (CVQ) and degree of blockage (GE). It has been found that the functioning of the system, the model emitters were less susceptible to clogging. However, the G4 model stood out among of the other, it

showed  $Q_r = 99.92\%$   $CVQ = 2.69\%$  and  $GE = 1.19\%$ . The results have revealed that the TSE usage time affects the flow rate of self compensating emitters.

**KEYWORDS:** wastewater, self-compensating, clogging

## INTRODUÇÃO

A escassez da água do planeta vem provocando debates e pesquisas na busca de alternativas para o enfrentamento ou mitigação do problema (SOUZA et al., 2015). Sendo assim, a utilização de efluente de esgoto tratado para irrigação se torna uma alternativa viável, por fornecer água e nutrientes às plantas, além de despertar consciência mundial no melhor uso deste bem finito. Outro ponto a considerar é que a utilização de esgotos tratados constitui uma medida efetiva de controle da poluição da água, pois evita ou reduz o lançamento de esgotos em corpos d'água (LIMA et al., 2005).

O uso de água residuária na irrigação proporciona economia de água em função da elevada quantidade que é utilizada na irrigação, que constitui aproximadamente 70% do consumo hídrico mundial e brasileiro, além de ser uma alternativa como fertilizante, tendo em vista que muitas águas residuárias possuem altas concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio. Entre estes resíduos líquidos podemos destacar os esgotos domésticos que são ricos em material orgânico, sendo considerado adequado para a aplicação na agricultura, principalmente os esgotos tratados, devido à sua composição e valores nutricionais (OLIVEIRA, 2012).

O método de irrigação localizada pode ser usado para a aplicação de águas residuárias em razão da elevada eficiência de aplicação do efluente e do baixo risco de contaminação, tanto do produto agrícola quanto de operadores no campo (BATISTA et al., 2013). Um sistema de gotejamento deve prezar sempre por uma boa uniformidade de distribuição de água. A manutenção da elevada uniformidade de aplicação e distribuição de água nos sistemas de irrigação por gotejamento torna-se fundamental para uma eficiente irrigação e, conseqüentemente, melhor aproveitamento dos recursos hídricos e redução dos custos (RIBEIRO et al., 2012). Porém, pela presença de agentes físicos, químicos e biológicos no efluente de esgoto tratado, os gotejadores estão suscetíveis ao entupimento, o qual pode reduzir a uniformidade de aplicação, ou ainda, interromper por completo a vazão.

Alterações no coeficiente de variação de vazão (CVQ) dos gotejadores estão relacionados ao processo de obstrução, cujo principal responsável é a qualidade da água usada na irrigação, uma vez que o problema não afeta igualmente todos os gotejadores ao longo da linha lateral, sendo dependente também do coeficiente de variação de fabricação (RIBEIRO et al., 2010). Sendo assim, partindo da hipótese de que o uso de água de baixa qualidade prejudica o desempenho dos emissores, se faz necessário o estudo do tempo de uso contínuo de água residuária, sobre diferentes modelos de gotejadores instalados em condições de campo, possibilitando assim, determinar possíveis alterações que possam ocorrer nos gotejadores, auxiliando posteriormente, o seu projeto de fabricação.

Dessa maneira, objetivou-se avaliar o efeito do tempo de uso do efluente de esgoto tratado (EET) como água de irrigação no desempenho de gotejadores autocompensantes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/UNESP) de Jaboticabal - SP (coordenadas geográficas 21° 14' 41,9" S e 48° 16' 25,2" W). A Estação de Tratamento de Esgoto "Dr. Adelson Taroco", de onde foi coletado o efluente de esgoto tratado (EET) para utilização no experimento, localiza-se a cerca de 1,5 km da área experimental.

Em condições apropriadas e semelhantes a uma unidade operacional de irrigação localizada, foi instalado um experimento de campo com quatro modelos de gotejadores

autocompensantes. Foi utilizando efluente de esgoto tratado (EET) para irrigação, análise química na Tabela 1, e para remoção dos sólidos presentes na água residuária, foi utilizado um filtro de disco de 130 micra (120 mesh) da marca Azud®.

TABELA 1. Resultados da análise química do EET utilizado no experimento, realizado em 2014 e 2015

Parâmetro	Unidade	Concentração
pH	----	7,1
CE	µS	455,0
N-total	mg L <sup>-1</sup>	53,0
Ferro total	mg L <sup>-1</sup>	0,52
Potássio	mg L <sup>-1</sup>	19,9
DQO	mg L <sup>-1</sup>	225,0
Cálcio	mg L <sup>-1</sup>	15,3
Magnésio	mg L <sup>-1</sup>	6,0
Resíduos	mg L <sup>-1</sup>	0,2
Óleos e Graxas	mg L <sup>-1</sup>	93,0
Sulfato	mg L <sup>-1</sup>	23,6
Manganês	mg L <sup>-1</sup>	0,1
Zinco	mg L <sup>-1</sup>	0,3
Sódio	mg L <sup>-1</sup>	58,3
Coliformes totais	NMP 100	47.433

O experimento foi composto por 4 linhas laterais (LL), espaçadas em 0,5 m (Figura 1). Cada LL representando um modelo de gotejadores distribuídos aleatoriamente.

Os gotejadores autocompensantes utilizados no experimento foram: Vardit, TopDrip, NaanAmnon e NaanPC. As principais características técnicas dos gotejadores encontram-se na Tabela 2. Com o objetivo de evitar possíveis especulações comerciais, positivas ou negativas, os gotejadores utilizados foram codificados, uma vez que os ensaios conduzidos não são normatizados.

TABELA 2. Principais características técnicas dos tubos gotejadores autocompensantes avaliados

Fabricante	Modelo	Espaçamento (m)	Diâmetro do tubo (mm)	Faixa de pressão (kPa)	Vazão (L h <sup>-1</sup> )
NaanDanJain	TopDrip	0,30	16	40 - 250	1,70
NaanDanJain	NaanPC	0,75	16	100 - 350	2,50
NaanDanJain	NaanAmnon	0,50	17	50 - 350	1,60
Drip-Plan	Vardit	0,50	18	100 - 300	2,10

A primeira avaliação foi realizada com água limpa e ocorreu após a montagem do experimento, com tempo igual à zero. Foram realizados mais seis testes de vazão nos mesmos gotejadores, previamente identificados, a cada 100 horas. Foram avaliados 16 emissores por linha lateral (LL), sendo que quatro emissores caracterizavam as repetições, no caso quatro

repetições por LL. Durante o teste a pressão no início da LL foi mantida a 100 kPa com o auxílio de regulador de pressão, dois manômetros de Bourdon e um manômetro de mercúrio para aferição. O sistema foi acionado 6 horas por dia de segunda a sexta-feira, totalizando, no final do experimento, um tempo de uso dos gotejadores de 600 horas e 140 dias de uso dos emissores.

Nas avaliações foram utilizados coletores dispostos abaixo dos gotejadores que coletavam o EET dos emissores. Cada gotejador era isolado por barbantes para que fosse coletada corretamente a vazão do único emissor avaliado. O tempo de coleta era de quatro minutos, sendo realizadas duas coletas por gotejador. Em seguida o volume coletado foi pesado na balança eletrônica e, posteriormente, transformado em litros por hora, adotando a massa específica do EET igual a  $1 \text{ g cm}^{-3}$ .

Para avaliação do desempenho dos gotejadores, foram utilizadas as seguintes equações: vazão relativa ( $Q_r$ ) Eq. 1, coeficiente de variação de vazão (CVQ) Eq. 2 e grau de entupimento (GE) Eq. 3, descritos a seguir.

$$Q_r = \frac{Q_a}{Q_i} 100 \quad (1)$$

em que,

$Q_r$  – vazão relativa, %;

$Q_a$  – vazão atual,  $\text{L h}^{-1}$ ;

$Q_i$  – vazão no início do experimento,  $\text{L h}^{-1}$ .

$$\text{CVQ} = \frac{S}{q_m} 100 \quad (2)$$

em que,

CVQ – coeficiente de variação de vazão, %;

$S$  – desvio-padrão da amostra,  $\text{L h}^{-1}$ ;

$q_m$  – vazão média da amostra,  $\text{L h}^{-1}$ .

$$\text{GE} = \left( 1 - \frac{Q_a}{Q_i} \right) 100 \quad (3)$$

em que,

GE – grau de entupimento, %.

Como não há norma para caracterizar a susceptibilidade ao entupimento do gotejador, foi adotado o critério sugerido por Barros et al. (2009) (Tabela 3) como análise principal da sensibilidade de emissores ao entupimento utilizando EET ao término do experimento.

TABELA 3. Critério da análise de sensibilidade dos emissores à redução de vazão pelo uso de EET. Adaptado de Barros et al. (2009)

Não Sensíveis	Sensíveis	Muito Sensíveis
$\Delta Q_r < 10\%$ e $\text{CVQ} < 5,5\%$	$\Delta Q_r$ 10 a 20% e $\text{CVQ}$ 5,5 a 15%	$\Delta Q_r > 20\%$ e $\text{CVQ} > 15\%$

$\Delta Q_r$  – variação de vazão relativa (%); CVQ – coeficiente de variação vazão (%). Nos casos em que a  $\Delta Q_r$  e o CVQ não se enquadrarem no mesmo grupo, escolher o grupo baseado nos valores mais altos de CVQ ou de  $\Delta Q_r$ .

Como, não consta em bibliografia especializada um índice que expresse a severidade do grau de entupimento de um gotejador, foi adotado o índice sugerido por Morata et al. (2014) como análise do grau de entupimento, apresentado na Tabela 4.

TABELA 4. Severidade do grau de entupimento nos gotejadores. Morata et al. (2014)

GE (%)	Classificação
< 0	Sem entupimento
0 – 10	Baixo
10 – 40	Médio
40 – 90	Alto
90 – 100	Muito Alto

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 4x7 (quatro modelos de gotejadores e sete tempos) e teste de Tukey para comparação das médias, com quatro repetições para comparação de médias das vazões relativas dos gotejadores. As análises estatísticas foram feitas por meio do programa computacional Assistat versão 7.7.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Vazão relativa (Qr)

A Figura 1 apresenta a variação da vazão relativa (Qr) dos quatro modelos de gotejadores autocompensantes em função do tempo. É possível observar que a Qr variou de maneira diferente para os gotejadores estudados, sendo que em maior parte de funcionamento foi superior a 100%, ou seja, ocorreu um aumento da vazão.

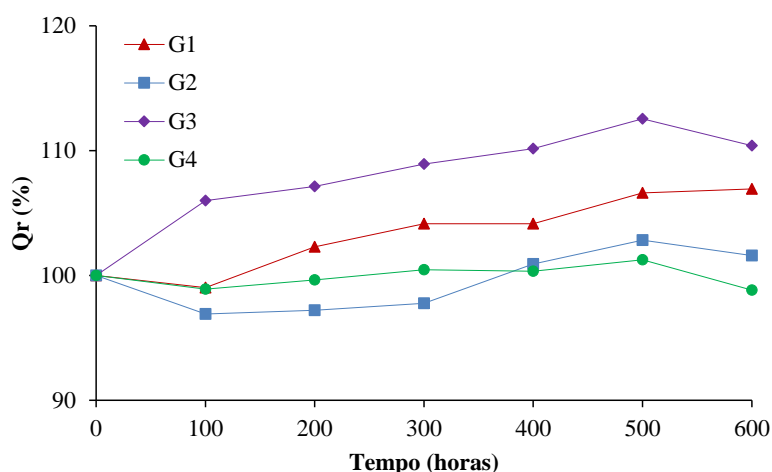


FIGURA 1. Vazão relativa (Qr) de quatro modelos de gotejadores autocompensantes utilizando EET como água de irrigação em função do tempo de uso

Vale ressaltar que o gotejador G4 manteve sua vazão praticamente constante durante as 600 horas de funcionamento, e o seu valor final foi o único que apresentou ligeira redução na vazão (98,81%), já o gotejador G2 apresentou-se como intermediário com vazão relativa estando sempre próximo a 100% durante o período estudado, entretanto ao final do teste apresentou aumento na Qr, passando para 101,60%. Os gotejadores G1 e G3 caracterizaram-se com maior variação de vazão no decorrer do funcionamento entre os gotejadores estudados, ocasionando, maior incremento em suas Qr, sendo respectivamente, 105,93 e 110,40%.

Por apresentarem diferentes vazões relativas, foi aplicada análise de variância e teste de comparação de médias (Tukey) visando quantificar o efeito do tempo de funcionamento nos gotejadores autocompensantes estudados (Tabela 5).

TABELA 5. Análise de variância dos valores médios da vazão relativa (Qr) para os quatro gotejadores autocompensantes estudados utilizando EET

Fator	Vazão relativa – Qr (%)
Gotejador (G)	
G1	103,30 b
G2	99,60 c
G3	107,88 a
G4	99,92 c
Tempo (T)	
0	100,00 e
100	100,20 de
200	101,57 cde
300	102,83 bcd
400	103,89 abc
500	105,81 a
600	104,44 ab
G	67,66**
T	12,57**
G x T	2,82**
CV (%)	2,41

\*: significativo (P<0,05); \*\*: significativo (P<0,01); C.V.: coeficiente de variação.

Verifica-se na Tabela 5 que ocorreram diferenças estatisticamente significativas entre os modelos de gotejadores autocompensantes avaliados em 600 horas de funcionamento, apresentando melhores desempenho os modelos G2 e G4, que não se diferiram e obtiveram vazões relativas próximas a 100%. A Qr do G3 diferiu estatisticamente dos demais gotejadores. Esse modelo apresentou maior Qr entre os quatros modelos estudados, aumentando, em média, 7,88% sua vazão, caracterizando assim, inferioridade na distribuição do efluente de esgoto tratado. Intermediariamente, o gotejador G1 obteve variação média de 3,30% de sua vazão, sendo a Qr desse modelo também diferindo estatisticamente dos demais.

Em relação ao efeito do tempo de uso de efluente nos gotejadores, observa-se que ocorreu aumento significativo na vazão dos gotejadores após 300 h de uso do EET, ou seja, até esse tempo, a vazão dos emissores manteve-se estatisticamente semelhante. A vazão dos emissores se assemelharam entre 400 e 600 h, ressaltando-se que o pico de maior vazão ocorreu a 500 h e redução em 600 h de funcionamento, assemelhando-se a 300 h.

Corroborando com os resultados, Carvalho et al. (2014) ao avaliarem a susceptibilidade de diferentes tubos gotejadores ao entupimento por aplicação de ferro solúvel, carga orgânica (fitoplâncton/algas) e sólidos em suspensão, verificaram que dois modelos de gotejadores apresentaram aumento de suas vazões relativas devido a um desequilíbrio na membrana de compensação. Trabalhos realizados na África do Sul por Koegelenberg e Reinders (2002) com sistemas de irrigação por gotejamento que utilizavam emissores autocompensantes mostraram uma tendência geral de vazão aumentada, possivelmente devido a sedimentos que aderiram entre a membrana de compensação e o labirinto, resultado em um regulamento ineficaz da vazão.

Por apresentar significância, foi realizado o desdobramento da interação modelo de gotejador x tempo (Tabela 6).

TABELA 6. Desdobramento da interação gotejador x tempo para vazão relativa dos quatro modelos de gotejadores submetidos a uso de EET como água de irrigação

Got.	Tempo						
	0	100	200	300	400	500	600
G1	100 aB	99,02 bB	102,30 bAB	104,14 bAB	104,14 bAB	106,62 bA	105,93 aA
G2	100 aAB	96,90 bB	97,20 cB	97,77 cAB	100,92 bAB	102,83 bcA	101,60 bAB
G3	100 aC	105,99 aB	107,14 aB	108,93 aAB	110,16 aAB	112,55 aA	110,40 aAB
G4	100 aA	98,90 bA	99,64 bcA	100,46 bcA	100,35 bA	101,26 cA	98,82 bA

Letras minúsculas iguais, na coluna, e letras maiúsculas iguais, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 1% de probabilidade.

Com os dados da Tabela 6, observa-se que o gotejador G4 foi o único modelo que não apresentou diferença significativa de sua vazão relativa no decorrer do tempo, sendo que esta vazão sempre esteve próxima a 100%. Já o gotejador G3 foi aquele que apresentou maior variação de sua Qr em 600 horas de funcionamento. Este aumento na vazão caracterizado pelo gotejador G3, pode ocasionar má distribuição do efluente na linha e ainda a aplicação de taxas superiores das que estão previstas, de água residuária, podendo ocasionar problemas como a contaminação do lençol freático ou ainda superdosagem de nitrogênio e água para cultura que pode vir a ser irrigada com o efluente de esgoto tratado.

### Coefficiente de variação de vazão (CVQ)

De acordo com a Figura 2, observa-se aumento do CVQ em todos modelos de gotejadores estudados. Essa variação ocorreu de forma e intensidade diferentes para cada modelo, destacando-se o modelo G1 como aquele que ocorreu a menor variação do CVQ no final do período de 600 horas. No tempo de 600 h o modelo G1 apresentou CVQ de 2,19% seguido do gotejador G4, com 4,86%, o qual teve como característica dois picos de elevação, a 400 e 600 horas de funcionamento, nos demais tempos sempre esteve próximo ao modelo G1, em torno de 2,00%.

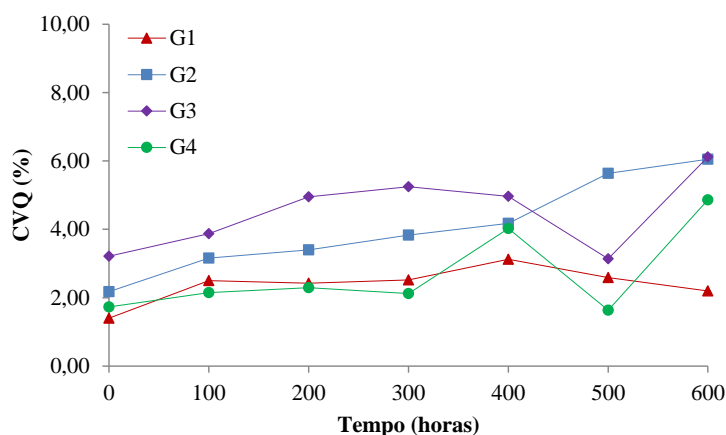


FIGURA 2. Coeficiente de variação de vazão (CVQ) de quatro modelos de gotejadores autocompensantes utilizando EET como água de irrigação em função do tempo de uso

Os gotejadores G2 e G3 apresentaram no final do experimento CVQ de 6,05 e 6,12%, respectivamente. De acordo com a norma NBR ISSO:9261 (ABNT, 2006) pode-se inferir que os quatro modelos de gotejadores avaliados neste trabalho podem ser considerados de ótima qualidade do ponto de vista do processo de fabricação.

Estudando o efeito do efluente de esgoto em seis modelos de gotejadores, Li et al. (2009) observaram que há gotejadores mais suscetíveis ao entupimento, principalmente os que possuem menor área do orifício e maior coeficiente de variação de fabricação.

De acordo com o critério de sensibilidade dos emissores à redução de vazão (Tabela 3), proposto por Barros et al. (2009), o gotejador G2 caracteriza-se como sensível a partir de 500 horas de funcionamento, já o gotejador G3 a partir de 600 horas de funcionamento, ou seja, até 400 horas não apresentaram sensibilidade a redução da vazão. Ainda baseado na Tabela 3, verifica-se que apenas o gotejador G3 apresentou variação da  $Q_r$  superior a 10% e o CVQ superior a 5,50%, caracterizando-se como sensível a redução de vazão. Apesar de não apresentar elevada variação da  $Q_r$ , o gotejador G2 apresentou CVQ de 6,05% no final do experimento, ou seja, também classificado como sensível. De maneira diferente, os gotejadores G1 e G4, não são considerados sensíveis à redução de vazão até o tempo estudado.

Resultados semelhantes foram obtidos por Batista et al. (2012) que ao avaliarem um sistema de irrigação por gotejamento, com três modelos de emissores, aplicando água residuária de suinocultura tratada, verificaram que não ocorreram diferenças em duas subunidades (modelos) em relação ao CVQ ao longo do tempo. Porém, concluíram, também, que os gotejadores de maior vazão e menor comprimento de labirinto são menos suscetíveis ao entupimento, o que não se assemelhou ao ensaio deste trabalho, em vista que, os gotejadores com menores vazões apresentaram menores CVQ.

### Grau de entupimento

São apresentados na Figura 3 os graus de entupimento (GE) dos gotejadores em função do tempo de funcionamento. Para valores positivos ocorreram reduções na vazão dos emissores, e para valores negativos ocorreram aumento.

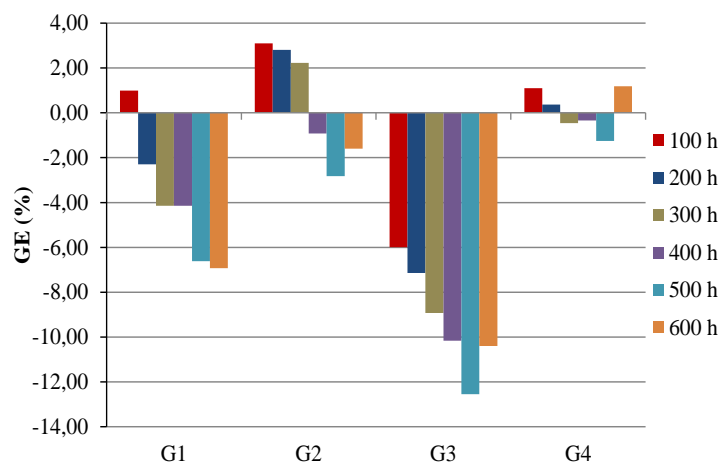


FIGURA 3. Grau de entupimento (GE) de quatro modelos de gotejadores autocompensantes utilizando EET como água de irrigação em função do tempo de uso

A figura 3 permite observar que o efeito do uso do efluente de esgoto tratado afeta a vazão dos emissores, sendo que em três deles (G1, G2 e G3) ocorreram aumento das vazões dos gotejadores e apenas no gotejador G4 ocorreu redução na vazão. Utilizando o índice proposto por Morata et al. (2014) verifica-se que apenas o gotejador G4 apresenta baixa severidade ao entupimento.

Nos reservatórios de águas residuárias desenvolve-se grande variedade de fitoplânctons e zooplânctons, algas e bactérias, que podem se aglomerar com partículas sólidas em suspensão na água e ainda com mucilagens resultantes das atividades microbiológicas de outros organismos (CAPRA e SCICOLONE, 2007), ocasionando problemas na vazão dos tubos gotejadores. Provavelmente a presença de sólidos, substâncias químicas (como ferro e sódio) e microrganismos podem ter interferido na membrana de compensação dos gotejadores

e conseqüentemente ocasionado alteração na sua vazão. Segundo Ravina et al. (1992), todos os gotejadores são vulneráveis a obstrução pelo crescimento biológico, pois, geralmente possuem passagens estreitas e aberturas pequenas, que variam de 0,5 a 1,5 mm.

Ribeiro et al. (2012) ao estudarem o desempenho de gotejadores submetidos a condições críticas de qualidade da água, verificaram que os modelos de gotejadores autocompensantes apresentaram desempenho variável quanto à suscetibilidade ao entupimento, desde modelos com excelente desempenho a modelos de baixo desempenho (redução de vazão inaceitável ou imprópria para sistemas de irrigação). Tal variação operacional dos emissores está correlacionada com a arquitetura de cada gotejador: comprimento, formato e dimensões. Portanto, o efeito das características de cada modelo, a presença de substâncias químicas e o favorecimento da ocorrência de formação do biofilme pode justificar os efeitos do uso do EET nos gotejadores estudados.

## CONCLUSÕES

1. O tempo de uso do efluente de esgoto tratado (EET) afeta o coeficiente de variação dos gotejadores autocompensantes de modo e intensidade diferentes.

2. A vazão relativa apresentou diferenças significativas entre os modelos de gotejadores estudados, sendo, no entanto, pouco suscetíveis ao entupimento com uso de EET.

3. Comparando-se os quatro modelos de gotejadores estudados, o modelo G4 destacou-se perante os demais, pois apresentou vazão relativa igual a 99,92%, coeficiente de variação de vazão igual a 2,69% e grau de entupimento igual a 1,19%, não sendo sensível a redução da vazão em relação ao tempo e apresentando baixo grau de entupimento.

## 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.
- BARROS, A. C.; COELHO, R. D.; MEDEIROS, P. R. F.; MELO, R. F.; BARBOZA JÚNIOR, R. A.; DIAS, C. T. S. Entupimento de gotejadores em função da aplicação de superfosfato simples e ácido nítrico. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 1, p. 62 - 71, 2009.
- BATISTA, R. O.; SILVA, K. B.; OLIVEIRA, R. A.; FILHO, S. B.; DIAS, N. S. Desempenho hidráulico de sistema de irrigação por gotejamento aplicando água residuária de suinocultura. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 105 - 111, 2012.
- BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; AZEVEDO, C. A. V.; MEDEIROS, S. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n.7, p. 698 – 705, 2013.
- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 16, p. 1529 - 1534, 2007.
- CARVALHO, L. C. C.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B.; CUNHA, F. N.; SILVA, N. F. Comportamento de gotejadores submetidos aplicação de ferro solúvel, sólidos em suspensão e fitoplâncton. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 6, p. 538 - 547, 2014.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.
- KOEGELENBERG, F.; REINDERS, F. **Performance of drip irrigation systems under field conditions**. ARC – Institute for Agricultural Engineering. 2002. 14 p.
- LI, J.; CHEN, L.; LI, Y. Comparison of clogging in drip emitters during application of sewage effluent and ground water. **Transactions of the ASABE**, v. 52, n. 4. p. 1203 - 1211, 2009.

- LIMA, S. M. S.; HENRIQUE, I. N.; CEBALLOS, B. S. O.; SOUSA, J. T.; ARAÚJO, H. W. C. Qualidade sanitária e produção de alface irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, supl., p. 21 - 25, 2005.
- MORATA, G. T.; DANTAS, G. F.; DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; FARIA, R. T.; SANTOS, G. O. Entupimento de gotejadores com uso de efluente de esgoto tratado sob dois sistemas de filtragem. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 2, p. 86 - 97, 2014.
- OLIVEIRA, E. L. (Org.). **Manual de Utilização de Águas Residuárias em Irrigação**. Botucatu: FEPAF, 2012. 192 p.
- RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, v. 13, p. 129 - 139, 1992.
- RIBEIRO, P. A. A.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. Entupimento de tubos gotejadores convencionais com aplicação de cloreto de potássio (branco e vermelho) via duas qualidade de água. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 279 - 287, 2010.
- RIBEIRO, P. A. A.; TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; FRANCO, E. M.; SILVA, N. F.; CARVALHO, L. C. C.; ALVES, M. E. B. Gotejadores submetidos a condições críticas de qualidade da água. **Irriga**, Ed. Especial, p. 368 - 379, 2012.
- SOUZA, A. M. S.; CARVALHO, R. S.; SANTOS, H. B.; MACHADO, C. A.; DANTAS, I. L. A.; FACCIOLI, G. G. Qualidade da água DESO e água residuária proveniente do sistema de lagoas de estabilização. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 1, p. 24 - 31, 2015.