

UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA PELOS EMISSORES COM USO DE EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO

GUILHERME TRIMER MORATA¹, ALEXANDRE BARCELLOS DALRI², GILMAR OLIVEIRA SANTOS³, LUIZ FABIANO PALARETTI⁴, ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA⁵

¹ Graduando em Agronomia, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. E-mail: guilherme_morata@hotmail.com

² Prof. Dr., Depto de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP (16) 3209-3975, dalri@fcav.unesp.br

³ Doutorando em Agronomia. FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. E-mail: gilmar_engambiental@yahoo.com.br

⁴ Prof. Dr., Depto de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, lfpalaretti@fcav.unesp.br

⁵ Prof. Dr., Depto de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP, rogeriofaria@fcav.unesp.br

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação por gotejamento em que a água utilizada para irrigação era esgoto tratado municipal. Foi instalado na FCAV, Jaboticabal, um sistema de irrigação por gotejamento composto por três modelos de gotejador (TE1, TE2 e TE3). A água de irrigação provinha da estação de tratamento de esgoto da cidade, sendo que foi utilizado o esgoto puro e diluído 1:1. A água de reúso utilizada na irrigação era filtrada por dois tipos de filtros, sendo: filtro 1 (disco – 130 micra) filtro 2 (tela – 130 micra). As avaliações nos gotejadores foram realizadas no início e a cada 80 horas de funcionamento do sistema, totalizando 5 avaliações (0, 80, 160, 240 e 320 h). A uniformidade de aplicação de água foi expressa pelo coeficiente de uniformidade estatística (U_s) e pelo coeficiente uniformidade de distribuição (UD). Os resultados obtidos permitem concluir que no $t=0h$ a uniformidade de distribuição dos emissores variaram de 98,8% a 94,9%, para o tubo emissor TE2 e TE1, respectivamente. Em 320 h de uso, o TE3 irrigando com água: esgoto (1:1) foi o que apresentou menor valor de UD, sendo obtidos 73,8% (disco) e 65,4% (tela).

PALAVRAS-CHAVE: água residuária, entupimento, filtro

UNIFORMITY OF WATER APPLICATION BY EMITTERS WITH THE USE OF TREATED SEWAGE EFFLUENT

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the uniformity of water application on system drip irrigation where the water used for irrigation it was treated sewage municipal. The drip system irrigation composed of three models dripper (TE1, TE2 and TE3) was installed in FCAV, Jaboticabal. The irrigation water came from a city sewage treatment station, where the raw sewage it was diluted 1:1 and used. The water reuse used for irrigation it was filtered using two types of filters, with: filter 1 (disc - 130 micron) filter 2 (screen - 130 microns). Evaluations the emitters were performed at baseline and every 80 hours of operation of the system, totaling 5 ratings (0, 80, 160, 240 and 320 h). The uniformity of water application was expressed by the statistical coefficient of uniformity (U_s) and the coefficient distribution uniformity (DU). The results allowed to conclude that on $t = 0h$ uniform distribution of emitters ranged from 98.8% to 94.9% for the TE1 and TE2 emitting tube, respectively. In 320 h of use, application in TE3 with sewage water (1:1) was the one with lowest value of UD, obtaining 73.8% (disc) and 65.4% (screen).

KEYWORDS: wastewater, clogging, filter

INTRODUÇÃO

A irrigação localizada iniciou-se como o desenvolvimento de gotejadores do tipo laminar inseridos na tubulação com a finalidade de aplicação de água a alta frequência e baixa vazão, de modo a manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo. Com a necessidade de baixar os custos e melhorar a uniformidade de aplicação da água surgiram os tubos emissores, ao quais possuem, geralmente, parede fina e emissores inseridos na parede do tubo durante o processo de extrusão do polietileno.

Com a elevação dos custos dos fertilizantes minerais e a crescente competição entre os diversos setores usuários de água, aliado a uma grande preocupação ambiental, levou a uma crescente demanda para medidas que resultem no aproveitamento de água de baixa qualidade na agricultura por meio do reúso da água de efluente domésticos e industriais na irrigação, já que, a aplicação dos efluentes enriquecem o solo com nutrientes essenciais às plantas.

O reúso de efluente de esgoto doméstico tratado na agricultura apresenta diversas vantagens tanto econômicas como ambientais. Em alguns países como Austrália, Arábia Saudita e Israel essa prática é comum e faz parte do planejamento e gestão dos recursos hídricos (PESCOD, 1992).

A irrigação por gotejamento apresenta como vantagens a economia de água e energia e ainda possibilidade de automação e fertirrigação (SOUSA et al., 2011). A irrigação por gotejamento é o mais indicado para aplicação de efluente de esgoto tratado devido ao baixo risco de contaminação do operador e do produto agrícola, elevada eficiência de aplicação, minimização dos riscos de escoamento superficial.

Para Montes et al. (2006), a atividade é atraente, pois preserva os recursos hídricos, e ainda age como uma fonte de nutrientes as culturas. Blum (2002) cita que para que se tenha qualidade, o reúso deve seguir alguns critérios como: não acarretar prejuízos ambientais, não causar riscos sanitários a população, a água deve atender as exigências relativas ao uso a que ela se destina. De acordo com Hespanhol (2002), o uso de efluentes na agricultura teve um aumento devido aos seguintes fatores: dificuldade de encontrar outras fontes alternativas de água para agricultura; elevado custo no tratamento das águas residuárias e o não reaproveitamento, sendo completamente descartado aos recursos hídricos; aceitação sociocultural do reúso agrícola.

Os sistemas de filtragem são muito empregados visando diminuir a ocorrência de entupimentos dos emissores, sendo considerada uma barreira física. Os filtros mais empregados são os de tela, devido ao fato de uso simples, fácil manejo e econômico (CAPRA & SCICOLONE, 2004). A filtração é basicamente a passagem da água por um meio poroso o qual remove os sólidos suspensos (OLIVEIRA, 2010). Segundo Nakayama & Bucks (1991), para microaspersão é necessário nível de filtragem entre 80 a 120 mesh e para gotejamento entre 120 a 200 mesh. Oliveira (2010) cita que os filtros de tela são menos eficientes, pois permitem uma única possibilidade de reter a sujeira, já os filtros de disco apresentam mais eficiência por possuírem certa profundidade do elemento filtrante.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação por gotejamento em que a água utilizada para irrigação era esgoto tratado municipal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV/UNESP), localizado no município de Jaboticabal, SP (coordenadas geográficas 21° 14' 41,9" S e 48° 16' 25,2" W), a área pertence

ao Departamento de Engenharia Rural, setor de irrigação. 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. Na Figura 1 está apresentado o croqui da disposição dos filtros e tubos emissores.

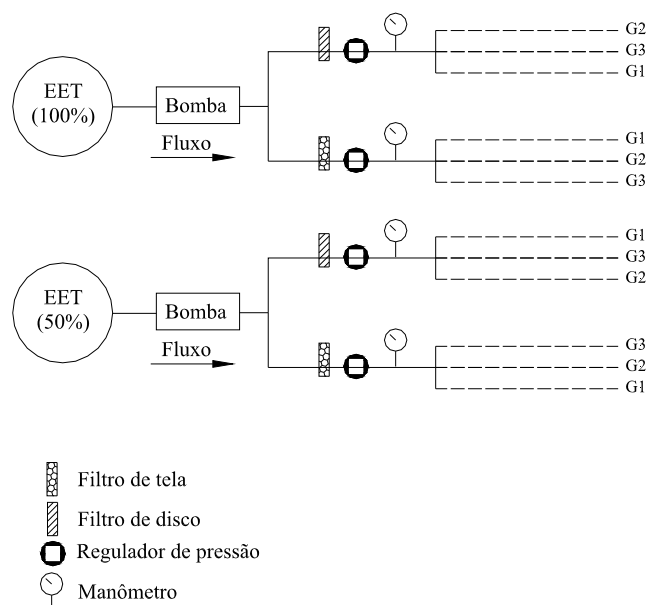


Figura 1. Croqui do experimento. As letras com os índices indicam os modelos dos gotejadores.

Para o armazenamento do efluente de esgoto foram utilizadas caixas de fibra de 15.000 e 3.000 L para o efluente puro e diluído 50%, respectivamente. A caixa de 15.000 L, de onde chegava o efluente bombeado da estação, alimentava a outra caixa feita a diluição na proporção de 50% de efluente e 50% água do poço artesiano, localizado próximo às caixas.

O EET passou pelo tratamento físico, o qual foi a filtragem por meio do filtro disco ou de tela, dependendo do tratamento. O experimento foi composto por 12 linhas laterais (LL) de 7,5 m de comprimento, com espaçamento entre as linhas laterais de 0,5 m e o espaçamento entre gotejadores de 0,3 m. No final das linhas laterais foram instaladas válvulas de final de linha para promover a limpeza da tubulação quando o sistema era despressurizado. Foram instalados três modelos de gotejadores para o filtro de disco e os mesmos três gotejadores para o filtro de tela, ambos com efluente 100% e 50%. A pressão de serviço nas linhas laterais foram mantidas em 100 kPa, e os modelos dos gotejadores foram distribuídos aleatoriamente.

Os gotejadores utilizados no experimento foram Durazio, Queen Gil e Chapin. As principais características técnicas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Principais características técnicas dos tubos emissores avaliados.

Gotejador	Dispositivo de compensação	Espaçamento (m)	Diâmetro do tubo (mm)	Vazão ($L h^{-1} m^{-1}$)
Chapin	NC*	0,3	16,0	3,7
Durázio	NC	0,3	16,0	5,0
Queen Gil	NC	0,3	16,5	6,0

*NC = não compensante

Com o objetivo de evitar possíveis especulações comerciais, positivas ou negativas, os gotejadores utilizados neste experimento foram codificados, uma vez que os ensaios

conduzidos não são normatizados. Nos resultados apresentados, os códigos dos modelos dos gotejadores não possuem nenhuma relação com a sequência dos emissores citados.

A uniformidade de distribuição, UD, definida por Karmeli & Keller (1975), citados por NAKAYAMA & BUCKS (1981), foi calculada pela Equação (1).

$$UD = \frac{q_{25}}{\bar{q}} 100 \quad (1)$$

em que:

\bar{q} – uniformidade de emissão, %;

q – vazão média dos emissores, L³ T⁻¹;

q_{25} – média da vazão dos emissores que constituem os 25% menores valores, L³ T⁻¹;

A uniformidade estatística das vazões dos emissores coletados, foram analisados e interpretados pelo coeficiente de uniformidade estatística, como sugerido por BRALTS, et al. (1987). O coeficiente de uniformidade estatística, US, está apresentado na Equação (2).

$$US = 100 \left(1 - \frac{Sq}{q} \right) \quad (2)$$

em que;

Sq = desvio padrão das vazões obtidas, L³ T⁻¹;

De acordo com ASAE EP458 (1997), a uniformidade estatística de um sistema de microirrigação é considerada “excelente” quando os valores obtidos são maiores que 95%. Para valores entre 95% e 85% a uniformidade estatística é considerada boa.

O EET contém significativas concentrações de nutrientes em sua composição conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2. Análise química do efluente de esgoto tratado utilizada no experimento e análise química de água mineral.

Características	EET	Água mineral
	Valores	
pH	7,4	5,4
CE(μ S)	463,0	20,2
N-total (mg L ⁻¹)	67,3	-
Ferro total (mg L ⁻¹)	0,36	-
Potássio (mg L ⁻¹)	18,8	1,7
DQO (mg L ⁻¹)	304,0	-
Cálcio (mg L ⁻¹)	15,3	0,7
Magnésio (mg L ⁻¹)	5,7	0,4
Resíduos sedimentáveis (mg L ⁻¹)	0,5	-
Óleos e Graxas (mg L ⁻¹)	45,0	-
Sulfato (mg L ⁻¹)	20,7	0,02
Manganês (mg L ⁻¹)	0,1	-
Zinco (mg L ⁻¹)	1,0	-
Sódio (mg L ⁻¹)	47,0	1,4
Coliformes totais (NMP 100 mL ⁻¹)	49000	-

As vazões foram coletadas no tempo 0h de uso, considerado como emissor novo, nesta avaliação utilizou água de poço artesiano, também foi realizados amostragem das vazões nos tempos 80 h, 160 h, 240 h e 320 h. Para determinação dos coeficientes utilizou-se dados de vazão de 10 emissores amostrados por linha lateral.

As análises foram realizadas com auxílio de planilha eletrônica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão apresentados os comportamentos dos coeficientes UD obtidos ao longo do período de avaliação. Na figura 2A, bem como na Figura 2B, os tubos emissores TE1 e TE2 não apresentaram significativas mudanças em seu comportamento, ou seja, a uniformidade de distribuição da água foi semelhante do início (0 h) e ao final do teste (320 h). Comportamento desejável em todos os sistemas irrigados. Porém o tubo emissor TE3 apresentou comportamento indesejável, pois o coeficiente UD reduziu ao longo do tempo, apresentado UD igual a 73,9% para o filtro de tela e uso de EET diluído e 65,4% para o filtro de disco. Excluindo a diferença de 8,5% entre os filtros de tela e disco observada no TE3 a 320 h de uso, não se pode afirmar qualquer efeito do tipo de filtro na redução deste coeficiente.

Analisando a UD nos tubos emissores que estiveram sob o uso do EET puro (Figuras 2C e 2D) observa-se comportamento semelhante quando comparado com EET diluído, quando é analisado os TE1 e TE2, porém com tendência reduzida do coeficiente UD para o TE3. De uma maneira geral, a adição de água do poço artesiano ao EET provocou uma redução na UD, prejudicando o desempenho dos tubos emissores, principalmente o TE3.

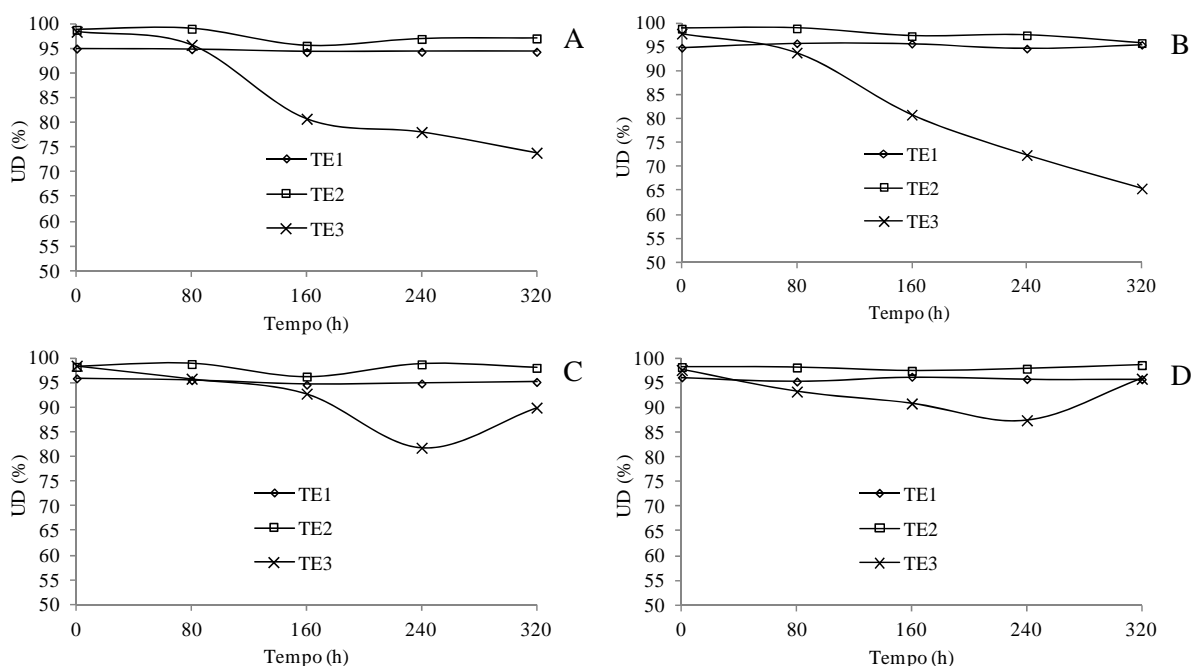


Figura 2. Comportamento da uniformidade de distribuição (UD) dos três modelos de tubo emissor. (A) filtro de tela e EET diluído (1:1); (B) filtro de disco e EET diluído (1:1); (C) filtro de tela e EET puro; (D) filtro de disco e EET puro.

Na Figura 3 estão apresentados os comportamentos dos coeficientes US determinados para os tubos emissores TE1, TE2 e TE3 em função da qualidade da água e do sistema de filtragem. Analisando o coeficiente US, novamente nota-se que o TE3 foi o que apresentou o pior desempenho. Podendo ser classificado como “excelente” apenas no momento 0 h.

Entretanto, os tubos emissores modelo TE1 e TE2 podem ser classificados como “excelentes” quando utilizando EET diluído ou puro e com filtro de tela ou disco.

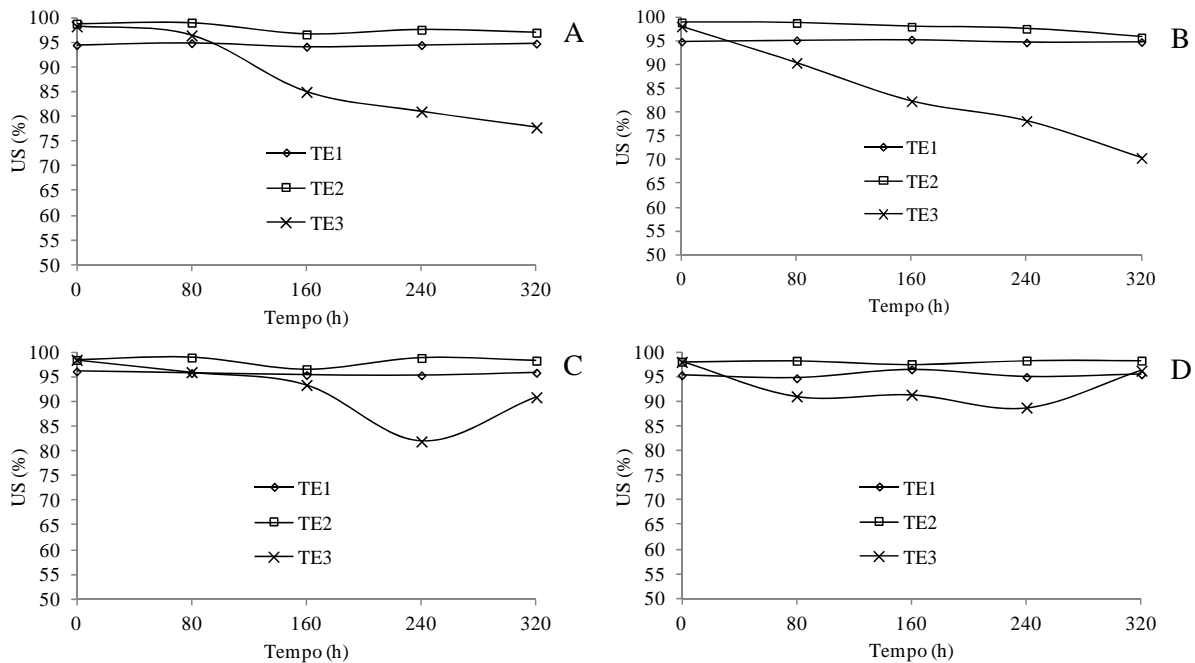


Figura 3. Comportamento da uniformidade estatística (US) dos três modelos de tubo emissor. (A) filtro de tela e EET diluído (1:1); (B) filtro de disco e EET diluído (1:1); (C) filtro de tela e EET puro; (D) filtro de disco e EET puro.

CONCLUSÕES

Em função dos valores de vazão coletados e utilizados na determinação dos coeficientes concluí-se que: (a) a arquitetura do labirinto do emissor influencia na susceptibilidade de redução vazão, conseqüentemente no seu desempenho; (b) o tipo de filtro não altera os coeficientes UD e US; (c) o uso do EET puro não é um indicativo que haverá maior entupimento do emissor.

REFERÊNCIAS

- BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P. S. S.; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de água**; ABES. São Paulo, 2002. Cap. 5.
- BRALTS, V.F., EDWARDS D.M., WU, I.PAI. Drop irrigation design and evaluation based on the statistical uniformity concept. In: **Advances in Irrigation**. Ed. Hillel, D. New York: Academic Press. 1987. p.67-117.
- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 68, n. 2, p. 135- 149, 2004.
- HESPAHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, F.dos. (Ed.). **Reúso de água**. São Paulo: ABES, 2002.
- MONTES, C. R.; KATO, M. T.; SOUZA, M. A. A. de; CORUCCI FILHO, B.; MARQUES JÚNIOR, J. Irrigação com esgotos tratados: impactos no solo e aquíferos. In: SANTOS, M. L. F. dos (Coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 427 p. 2006.

OLIVEIRA, C. F. de. **Filtração de água com diferentes concentrações de argila e silte em filtros de discos para irrigação localizada.** 2010. 147 p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. **Irrigation Science**, New York, v. 12, n. 41, p. 187-192, 1991.

PESCOD, M. B. Wastewater treatment and use in agriculture. Rome: FAO, 1992. p. 125, (Irrigation and Drainage Paper, 47).

SOUSA, V. F. de; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças.** Brasília: Embrapa. Informação Tecnológica, 2011, 771 p.