

GRAU DE ENTUPIMENTO DE UM SISTEMA DE GOTEJAMENTO OPERANDO COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO

Erialdo de Oliveira Feitosa¹, Victor Beviláqua Guimarães², Nicole Sarah Carvalho Ponte³,
Fernando Bezerra Lopes⁴, Francisco Emanuel Firmino Gomes⁵

RESUMO: O uso do esgoto doméstico tratado na agricultura irrigada é uma importante ação para uma gestão integrada dos recursos hídricos que possibilita a convivência com a escassez hídrica no semiárido brasileiro, além da questão ambiental e nutricional. Contudo, analisar os problemas relacionados com a utilização de águas residuárias no sistema de irrigação é primordial para recomendações técnica e econômica. Desta forma, objetivou-se avaliar o grau de entupimento dos emissores e a uniformidade de aplicação de água de um sistema de irrigação operando com esgoto doméstico tratado. O estudo foi realizado na área experimental da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) pertencente à Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) situada no município de Tianguá – CE. O menor grau de entupimento entorno de 5% foi verificado na primeira linha, enquanto o maior grau 12% foi observado na última linha. O gotejador operando com efluente doméstico tratado apresentou maior grau de entupimento ao longo do tempo de operação. O uso de efluente doméstico tratado favoreceu o entupimento dos emissores do sistema de irrigação por gotejamento. Os coeficientes de uniformidade CUC e CUD apresentaram dentro dos níveis aceitáveis e classificados como excelente e bom.

PALAVRAS-CHAVE: Água residuária, irrigação localizada, coeficientes de uniformidade.

LEVEL OF CLOGGING OF A DRIP SYSTEM OPERATING WITH TREATED DOMESTIC EFFLUENT

ABSTRACT: The use of treated domestic sewage in irrigated agriculture is an important action for integrated water resources management which makes it possible to live with water scarcity

¹ Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, 085998087365, erialdofeitosa5@gmail.com;

² Graduado em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, Brasil, victorproagro@gmail.com;

³ Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, Brasil, nicolle.ncsp@hotmail.com

⁴ Professor adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, Brasil, lopesfb@ufc.br

⁵ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, Brasil, emanofg@hotmail.com.

in the Brazilian semi-arid, beyond question environmental and nutritional. However, to analyze the problems related to the use of wastewater in the irrigation system is essential to economic and technical recommendations. It aimed to evaluate the degree of clogging of the emitters and the uniformity of water application of an irrigation system operating with treated sewage. The study was carried out in the experimental area of the Sewage Treatment Station (ETE) belonging to the Ceará State Water and Sewage Company (CAGECE) located in Tianguá - CE. The lower degree of clogging around 5% was found in the first line, while the higher degree 12% was observed in the last line. The dripper operating with treated domestic effluent presented a higher degree of clogging over the operation time. The use of treated domestic effluent favored the clogging of the drip irrigation system emitters. The CUC and CUD uniformity coefficients are within acceptable levels and rated as excellent and good.

KEYWORDS: Wastewater, drip irrigation, uniformity coefficients.

INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada constitui uma importante tecnologia para potencializar a produção mundial de alimentos. A busca por sistemas cada vez mais eficientes (LOPES *et al.*, 2011) e sistemas alternativos de produção torna-se necessário, principalmente na região semiárida do Brasil em função da escassez hídrica que compromete a viabilidade dos cultivos irrigados.

Segundo Jasim *et al.* (2016) nas regiões semiáridas tanto a escassez hídrica quanto os sistemas de esgotamento sanitário são problemas que afetam a qualidade de vida da população. Assim sendo, a possibilidade de uso de efluentes doméstico tratado na agricultura permite aumentar a oferta de água e evitar o lançamento de esgotos sanitários nos corpos hídricos.

Para aplicação de efluentes domésticos tratado na agricultura, o método de irrigação localizado se destaca devido a maior eficiência de aplicação e menores riscos ambientais e a saúde dos operadores (SONG *et al.*, 2017). Porém, a qualidade da água de irrigação interfere e prejudica a aplicação eficiente de água nos sistemas de irrigação (LOPES *et al.*, 2011). Com isso, o entupimento dos emissores tornou-se um dos principais gargalos quanto ao uso em sistemas de irrigação por gotejamento em razão dos atributos físicos, químicos e biológicos presentes no esgoto doméstico tratado (ZHOU *et al.*, 2017).

Almeida (2010) destaca que os sistemas de irrigação localizada de alta frequência são os mais afetados pela obstrução decorrente da contaminação da água. Segundo Silva *et al.* (2012), entre os diversos fatores que podem afetar a uniformidade de distribuição da água nos sistemas

de irrigação localizada, estão a pressão de serviço do emissor, a velocidade da água na tubulação e o entupimento dos emissores. Este último fator contribui para o comprometimento da eficiência do sistema, visto que há variações na uniformidade de fluxo do emissor e na hidráulica da linha lateral.

Para Silva *et al.* (2012), o maior desafio para o uso do sistema de gotejamento com águas de baixa qualidade é conseguir manter a excelente uniformidade de distribuição do sistema. Batista *et al.* (2011) afirmaram que os atributos físicos e químicos do esgoto influenciam diretamente o desempenho hidráulico dos emissores.

Apesar das inúmeras vantagens da utilização do esgoto doméstico tratado na agricultura irrigada, há a necessidade de analisar o grau de entupimentos dos emissores, visto que o uso de águas residuárias pode afetar a uniformidade de aplicação da água, o que influencia diretamente na produção agrícola e nos custos com água e energia. Assim sendo, objetivou-se avaliar o grau de entupimento de gotejadores operando com efluente doméstico tratado.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) pertencente à Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE) situada no município de Tianguá – CE, localizada geograficamente a 3° 44” S e 40° 59” W e altitude de 740 m. O clima segundo a classificação de Koppen é do tipo Aw, clima tropical com estação seca, temperatura média anual 26 °C e pluviometria média anual de 1.350 mm.

O método de irrigação adotado foi o localizado, utilizando o sistema por gotejamento, tipo fita gotejadora da marca Amanco, modelo drip, diâmetro interno 16 mm, espaçamento entre emissores de 20 cm, vazão nominal 1,6 L h⁻¹ e pressão de serviço 10 mca. O manejo da irrigação foi realizado por meio da determinação da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith (ALLEN *et al.*, 1998).

O efluente doméstico tratado utilizado no sistema renovável foi procedente da Estação de Tratamento de Esgoto de Tianguá (ETE São Gonçalo), sendo a tecnologia de tratamento por meio de lagoas de estabilização. Foi realizada análise físico-química e microbiológica da água residuária antes da sua aplicação com a finalidade de caracterizar os parâmetros de qualidade para irrigação. Assim sendo, foram coletadas amostras de 1 L em frasco esterilizado no tanque contendo água de reúso de acordo com a metodologia da CETESB (2011).

A determinação dos atributos foi realizada no Laboratório de Saneamento Ambiental (LABOSAN), pertencente à Universidade Federal do Ceará. A metodologia analítica adotada em todas as análises foi a *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). Na Tabela 1 verifica-se a análise físico-química e microbiológica da água residuária durante o período do estudo.

Tabela 1. Análise físico-química e microbiológica da água residuária utilizado no estudo.

PARÂMETROS	Unidade	Novembro 2017	Dezembro 2017	Janeiro 2018	Referência para reúso
pH	-	6,8	7,0	7,1	6 - 8,5
CE	dS m ⁻¹	1,48	1,49	1,32	3,0
DQO	mg L ⁻¹	82,55	98,07	64,74	92,6
SST	mg L ⁻¹	60	60	102,0	36,2
Amônia total	mg N ⁻¹ L ⁻¹	-	-	8,4	NE
Nitrogênio total	mg L ⁻¹	-	-	13,44	30,2
Fósforo total	mg L ⁻¹	-	-	13,19	14,6
Potássio	mg L ⁻¹	-	-	35,0	36,8
Cálcio	mg L ⁻¹	29,99	24,48	24,48	74,0
Magnésio	mg L ⁻¹	-	-	0,4	32,2
Sódio	mg L ⁻¹	219,0	195,0	174,0	142,5
Cloretos	mg L ⁻¹	241,78	225,62	223,46	NE
Coliformes totais	org 100 ml	2,4*10 ⁴	2,3*10 ⁴	2,4*10 ⁴	10 ⁵

Foram realizadas três avaliações compreendendo um tempo total de 110 h de operação. Utilizou-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975) onde consiste na coleta de dados em quatro linhas laterais (primeira linha, linha situada a 1/3 da origem, linha situada a 2/3 da origem e última linha) e quatro emissores por linha (primeiro emissor; emissores a 1/3, 2/3 e último emissor).

Para medições das vazões foi utilizado um recipiente para coleta e uma proveta de 500 mL para medição do volume em um período de tempo de 3 minutos determinado com cronômetro. Após os 3 minutos todos os recipientes eram retirados ao mesmo tempo, e posteriormente era efetuada a medição da quantidade de água acumulada, esse procedimento foi repetido três vezes. Por fim, os volumes coletados foram convertidos para L h⁻¹.

Com os dados coletados em campo, determinou-se o grau de entupimento dos gotejadores (equação 01), assim como o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen – CUC (equação 02).

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}}\right) \times 100 \quad (01)$$

em que: GE = Grau de entupimento, (%.); q_{usado} = vazão do gotejador em operação, (L h⁻¹) e q_{novo} = vazão do gotejador em dado pelo fabricante, (L h⁻¹).

$$CUC = 100 \times \left(1 - \frac{\sum_i^n |Q_i - Q|}{n \times Q} \right) \quad (02)$$

em que: CUC = coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %; Q_i = vazão de cada gotejador, em L h⁻¹; Q = média das vazões coletadas de todos os gotejadores (L h⁻¹) e n = número de observações.

Também foi calculado o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (equação 03) proposto por Criddle *et al.* (1956), além da eficiência de aplicação de água (equação 04).

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{q_m} \times 100 \quad (03)$$

em que: CUD = Coeficiente de uniformidade de distribuição, em %; $q_{25\%}$ = média das menores vazões observadas, em L h⁻¹ e q_m = vazão média dos gotejadores, em L h⁻¹.

$$E_a = 0,9 \times CUD \quad (04)$$

em que: E_a = eficiência de aplicação, em % e CUD = Coeficiente de uniformidade, em %.

Foi utilizado o programa *Microsoft Excel*[®] para elaboração de gráficos dos diferentes parâmetros avaliados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise do grau de entupimento dos gotejadores ao longo das linhas laterais na avaliação inicial (1ª avaliação), percebeu-se um menor de grau de entupimento na primeira linha nas três avaliações em função da maior pressão de serviço na entrada da linha lateral (Figura 1).

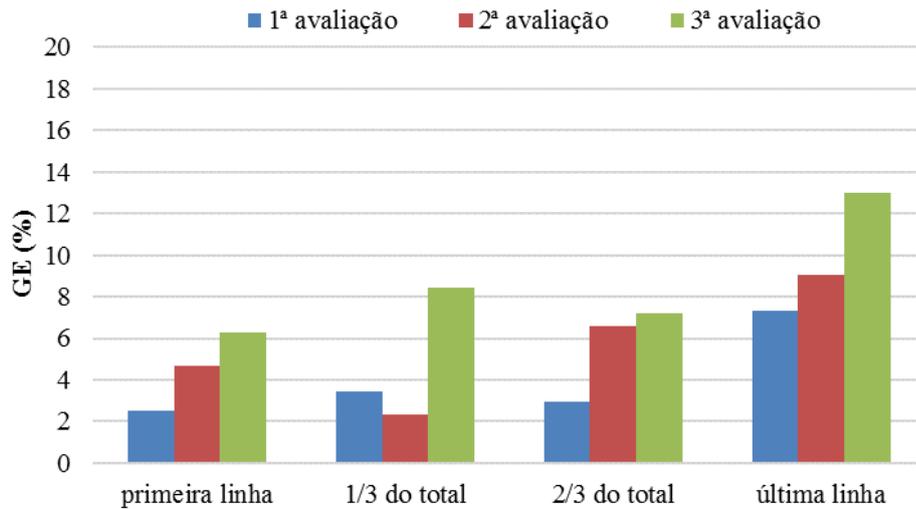


Figura 1. Grau de entupimento dos gotejadores ao longo das linhas laterais nas três avaliações do sistema de irrigação.

Na terceira avaliação, percebeu-se uma maior variabilidade da lâmina aplicada ao longo das linhas de irrigação e posições dos gotejadores. Portanto, podendo indicar o início de um entupimento nos gotejadores, devido à qualidade da água residuária. Assim sendo, com o aumento do tempo de operação do sistema de irrigação, observaram-se maiores graus de entupimento dos gotejadores tanto na linha quanto na posição afetando a uniformidade de aplicação da água, estando mais acentuado no final das linhas laterais e na avaliação final.

De acordo com Carvalho *et al.* (2015), as obstruções causadas por fatores físico-químicos geralmente resultam de partículas inorgânicas em suspensão e orgânicas formando incrustações que podem bloquear, parcial ou completamente a passagem da água. Cunha *et al.* (2017) no estudo de gotejadores operando com efluente de laticínios diluído constataram que o entupimento dos gotejadores com biofilme acarretou redução da vazão e aumento do coeficiente de variação da vazão ao longo do tempo.

A uniformidade de aplicação foi cada vez menor conforme o aumento do tempo de operação do sistema de irrigação (Figura 2). Verificaram-se valores acima de 90% considerados “excelentes”, segundo a classificação de Mantovani (2001), apenas na primeira avaliação. Na última análise (3ª avaliação) o CUC e CUD ficaram abaixo de 90% considerados “bom”. Tal comportamento é atribuído à qualidade da água como pode ser observado pelo aumento do grau de entupimento dos emissores.

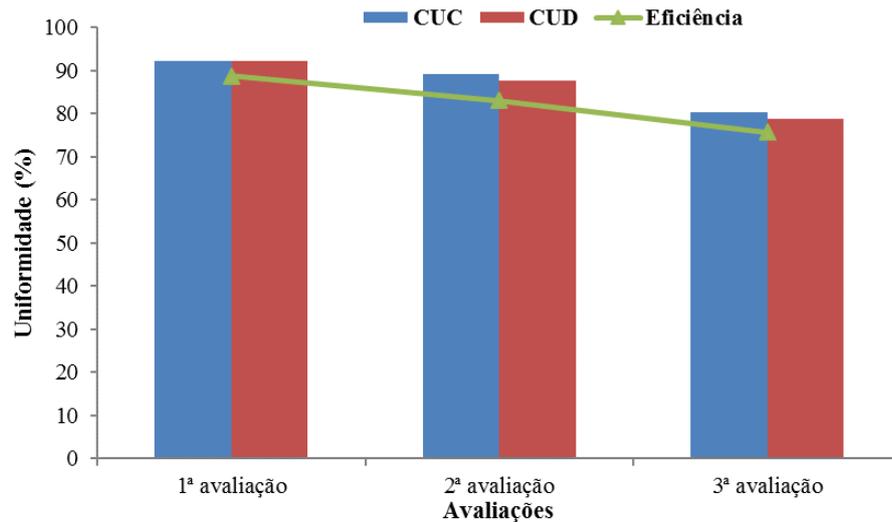


Figura 2. Coeficientes de uniformidade de aplicação de água e eficiência do sistema de irrigação por gotejamento.

Segundo Batista *et al.* (2010), no estudo da influência da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação, observaram a formação de um biofilme, resultante da interação entre colônias de bactérias e algas, o qual propiciou entupimentos parcial e total dos gotejadores, conseqüentemente decréscimo do CUC, CUD e da vazão nos emissores.

Embora tenha ocorrido uma pequena redução da vazão relativa ao longo do tempo de operação compreendendo as três avaliações, observou-se valores ótimos dos coeficientes mostrando que as vazões medidas em relação a inicial não diferiram muito durante o período avaliado.

Bernardo *et al.* (2006), afirmam que os valores devem ser superiores a 90% e recomenda um valor mínimo admitido de 80% dentro da parcela de irrigação.

Com relação a eficiência de aplicação do sistema de irrigação operando com efluente doméstico tratado, observou-se no geral que a eficiência decresceu ao longo do tempo, devido ao entupimento dos gotejadores (Figura 2).

Para Song *et al.* (2017) com relação ao uso de água residuária, a principal causa de entupimento dos gotejadores, consiste na bioincrustação formada nos dispositivos internos dos emissores, afetando, assim os indicadores de desempenho hidráulico e eficiência de aplicação do sistema de irrigação.

CONCLUSÕES

O uso de efluente doméstico tratado favoreceu o entupimento dos emissores do sistema de irrigação por gotejamento.

O gotejador operando com efluente doméstico tratado apresentou maior grau de entupimento ao longo do tempo de operação.

A qualidade da água residuária afetou a uniformidade de aplicação e a eficiência de aplicação do sistema.

Os coeficientes de uniformidade CUC e CUD apresentaram-se dentro dos níveis aceitáveis e classificados como excelente e bom.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo. A Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. **Irrigation and Drainage Paper**. Rome: FAO, 1998, n. 56.

ALMEIDA, O. A. Qualidade da água de irrigação. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. Disponível em: <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/livro/livro_qualidade_agua.pdf>.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. 2012.

BATISTA, R. O.; SOUZA, J. A. R.; FERREIRA, D. C. Influência da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 018-022, 2010.

BATISTA, R.O.; SOARES, A.A.; MOREIRA, D.A.; FEITOSA, A.P.; BEZERRA, J.M. Influência de diferentes qualidades de esgoto doméstico na vazão de gotejadores. **Rev. Caatinga**, v.24, n.3, p.128-134, 2011.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação. 8ª Ed. Viçosa, Ed. UFV, 2006, 625p.

CARVALHO, L. C.C.; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M.B.; SOARES, F. A. L.; CUNHA, F.N.; SILVA, N. F. Tubos gotejadores convencionais submetidos a aplicação de óxido de ferro via água com carga orgânica e sólidos suspensos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.9, n.2, p.32-41, 2015.

CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 124p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**, São Paulo: CETESB; Brasília, ANA, 2011, 326 p.: il. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2019

CUNHA, M. E.; MARQUES, B. C. D.; BATISTA, R. O.; COSTA, A. G.; CUNHA, R. R.; ANDRADE, A. T. S. Obstrução de gotejadores operando com efluente de laticínios diluído. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.11, nº.4, p. 1517 - 1527, 2017.

JASIM, S. Y.; SATHTHASIVAM, J.; LOGANATHAN, K.; OGUNBIYI, O. O.; SARP, S. Reuse of Treated Sewage Effluent (TSE) in Qatar. **Journal of Water Process Engineering**, v. 11, n. 1, p. 174-182, 2016.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler, 1974. 133 p.

LOPES, F. B.; SOUZA, F; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; CAITANO, R. F. Determinação do padrão do manejo da irrigação praticada no Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, via análise multivariada. **Irriga**, v. 16, p. 301, 2011. DOI: 10.15809/irriga.2011v16n3p301

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. 2009. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. atual e ampl. Viçosa, MG: UFV. 355 p.

SILVA, L. P.; SILVA, M. M.; CORREA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, Ê. F. F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p.480–486, 2012.

SONG, P.; LI, Y.; ZHOU, B.; ZHOU, C.; ZHANG, Z.; LI, J. Controlling mechanism of chlorination on emitter bio-clogging for drip irrigation using reclaimed water. **Agricultural Water Management**, v.184, n.1, p.36-45, 2017.

ZHOU, B.; WANG, T.; LI, Y.; BRALTS, V. Effects of microbial community variation on bio-clogging in drip irrigation emitters using reclaimed water. **Agricultural Water Management**, v. 194, n. 1, p. 139-149, 2017.