



TEMPO ESTIMADO PARA APLICAÇÃO DE PROCESSOS DE DESOBSTRUÇÃO EM GOTEJADORES COM USO DE ESGOTO TRATADO

F. D. Szekut¹, C. A. V. Azevedo², D. B. Santos³, M. D. Ribeiro⁴, M. R. Klein⁵

RESUMO: Um dos problemas da irrigação localizada é a obstrução das tubulações e emissores decorrente da aplicação de água com qualidade inferior. Para a prevenção ou remediação desse problema, além da manutenção periódica, utiliza-se processos de desobstrução. Neste contexto, objetivou-se identificar nesta pesquisa o tempo de funcionamento para a aplicação de processos de desobstrução em sistemas de irrigação por gotejamento sendo submetidos ao uso de água residuária de esgoto doméstico. Foram utilizados três modelos de tubos com gotejadores in line do tipo labirinto submetidos a 1188 h de funcionamento. Para que mantenha boas condições de desempenho hidráulico deve-se aplicar algum produto ou processo de desobstrução com 404, 175 e 147 h de funcionamento, respectivamente, para M1, M2 e M3. A condição de fluxo interna de cada emissor e a qualidade de água aplicada determinam tempos diferentes para a aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Obstrução de gotejadores, biofilme, uniformidade de aplicação

TIME REQUIRED FOR APPLICATION FOR CLEARING PROCESS IN DRIP IRRIGATION SYSTEMS

ABSTRACT: One of the problems of localized irrigation is clogging the pipes and emitters resulting from the application of water with inferior quality. For the prevention or remedy this problem, in addition to regular maintenance, it is used unblocking procedures. In this context, the objective was to identify the operating time for the application of a clearing process in a drip irrigation system with wastewater use of domestic sewage. Three models of pipes with in-line drippers of labyrinth subjected to 1188 hours of operation were used. For good hydraulic performance hold conditions must apply some product or obstruction process with 404, 175 and

¹ Mestre, Doutorando COPEAG/UFCG, Professor do curso de agronomia Unisep, CEP: 85660-000, Dois Vizinhos – Paraná, Fone: (45) 998591226, flaviodanielszekut@gmail.com

² Doutor, Professor UFCG Campina Grande - PB, cvieiradeazevedo@gmail.com

³ Doutor, Professor IFBaiano, Salvador – BA, delfran.batista@gmail.com

⁴ Doutor, Professor UFPR, Jandaia do Sul – PR, ribeiro.md@gmail.com

⁵ Doutor, Professor Faculdade La Salle, Lucas do Rio Verde – MT, engmarcioklein@gmail.com

147 h of operation, respectively, for M1, M2 and M3. The internal flow condition of each emitter and the applied water quality determine different times for the application.

KEYWORDS: Obstruction of drippers, biofilm, application uniformity

INTRODUÇÃO

A irrigação com água de qualidade inferior é uma alternativa hídrica em regiões com escassez de água, como locais áridos e semiáridos. Neste contexto, águas residuárias é uma fonte hídrica abundante e perene, como por exemplo o esgoto doméstico tratado. Segundo Alobaidy et al. (2010) a utilização de efluentes contribui para reduzir o problema da demanda de água e a sua disponibilidade.

A aplicação de água residuária, além de ser alternativa hídrica, permite a diminuição da captação de água de boa qualidade, minimiza a área de armazenamento de efluentes e contribui para a fertilidade do solo e conseqüentemente reduz o uso de insumos e fertilizantes, como Pereira et al. (2011) observaram um aumento de macro e micronutrientes no solo irrigado com água residuária de esgoto doméstico.

Para a aplicação de águas residuárias, a irrigação por gotejamento proporciona melhores índices de uniformidade de distribuição além de minimizar a contaminação da parte aérea da planta e dos trabalhadores de campo (Feitosa et al., 2011). O maior problema com o uso da irrigação por gotejamento é o entupimento do emissor (Ahmed et al., 2007).

Para a desobstrução dos emissores foram realizadas algumas pesquisas, como por exemplo, cloro livre (Teixeira et al., 2008), cloro residual livre a $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ e ar comprimido com pressão de entrada de 196 kPa (Cararo & Botrel, 2007) e até mesmo meios naturais de desobstrução como a utilização de estirpes bacterianas (Şahin et al., 2005).

Para a aplicação desses processos de desobstrução o monitoramento do desempenho do sistema pode ser realizado pelos coeficientes de uniformidade ou pela redução da vazão dos emissores. Desta forma, podem-se identificar os problemas de diminuição da uniformidade de aplicação ocasionada pela obstrução total ou fracionado dos emissores.

Neste contexto, objetivou-se submeter sistemas de irrigação por gotejamento com esgoto doméstico tratado e posteriormente identificar o tempo necessário de funcionamento para a aplicação dos processos de desobstrução.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Nacional do Semiárido (INSA), localizado no município de Campina Grande – PB, com coordenadas geográficas 7° 16' 20'' S e 35° 56' 29'' O e altitude de 550 m. A Classificação de Koeppen para o clima da região, é tropical, com chuvas de outono e períodos de seca no restante do ano, denominado As.

O delineamento estatístico foi inteiramente casualizado com três tratamentos cada um com um modelo de gotejador do tipo labirinto e trinta e três tempos de funcionamento e cinco repetições (linhas laterais).

Os modelos foram escolhidos por se tratarem de emissores com utilização no Semiárido Brasileiro. Os tubos escolhidos foram o modelo Stremline 16080 da marca Netafim, renomeado como M1; vazão nominal de 1,60 L h⁻¹ a pressão de 100 kPa, com espaçamento entre emissores de 0,30 m. Modelo taldrrip, da marca Naadanjain renomeado como M2, vazão de 1,70 L h⁻¹ a pressão de 100 kPa e espaçamento de 0,20 m. Modelo tiran 16010 da marca Netafim, renomeado como M3, vazão de 2,00 L h⁻¹ a 100 kPa e espaçados em 0,40 m.

Os sistemas foram dispostos em uma bancada de ensaios a campo de 10,00 m de comprimento com calhas de retorno para um sistema de armazenagem. Cada sistema foi composta com cabeçal de controle com filtro de disco 120 mesh da marca IRRITEC® modelo FLD, registro de abertura, hidrômetro da marca LAO® modelo UJB1 com vazão nominal de 1.5 m³ h⁻¹, manômetro de glicerina do tipo tubo de Bourdon da marca GE® e controlador de pressão de ação direta da marca BERMAD® modelo 0075 PRVy para manter pressão constante em 100 kPa. A Figura 1 mostra o corte longitudinal da bancada.

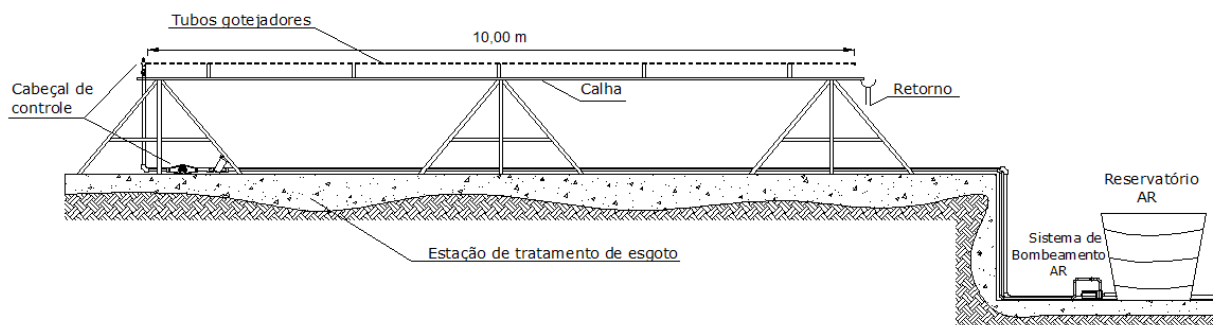


Figura 1. Corte longitudinal do sistema de bancada, cabeçal de controle, sistema de bombeamento e armazenagem da água residuária

O funcionamento do sistema se iniciou no dia 26/06/2014, foi realizada a primeira avaliação com a obtenção das vazões com o sistema novo. A avaliação consistiu em obter o volume de água por 4 min em pontos selecionados no sistema. A partir da primeira caracterização as avaliações foram realizadas a cada 36 h de funcionamento, obtendo trinta e três avaliações ao final do experimento de 1188 h.

A água residuária (AR) originada do esgoto doméstico tratado utilizado na experimentação, advém de uma estação de tratamento de esgoto em operação com o esgoto produzido no Instituto Nacional do Semiárido. O processo de tratamento se desenvolve pela atuação da camada biológica anaeróbia formada na superfície das pedras britadas. A percolação através dos espaços da “camada filtrante” permite que a matéria orgânica na forma coloidal seja “captada” pela massa de bactérias ancoradas na superfície da brita e seja transformada em material biodegradado, na forma inerte, mineral ou endógena.

Os pontos selecionados seguiram o recomendado por Deniculi (1980), consistindo em indicar oito pontos de coleta ao longo da linha lateral, amostrando as vazões no primeiro gotejador, segundo a 1/7 do número de gotejadores, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 e o último.

Com os dados de vazões dos sistemas foram calculados o coeficiente de uniformidade de Christiansen Eq.01 e o grau de entupimento Eq. 02 para o monitoramento da obstrução do sistema.

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n\bar{q}} \right) \quad \text{Eq. 01}$$

Em que,

CUC - Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, %;

\bar{q} = Vazão média dos emissores, Lh⁻¹.

q_i - Vazão do emissor testado, Lh⁻¹;

n - número de emissores testados.

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{inicial}} \right) 100 \quad \text{Eq.02}$$

Em que,

q_{usado} - Vazão média dos gotejadores, quando usados, Lh⁻¹;

$q_{inicial}$ - Vazão média dos gotejadores, quando novos, Lh⁻¹;

GE - Grau de Entupimento, %;

Posteriormente ao cálculo do coeficiente de uniformidade e o grau de entupimento foi realizado regressões múltiplas para obter o tempo de funcionamento para a aplicação de processos de desobstrução. As regressões foram realizadas com o software Minitab 16.

Análise de caracterização físico-química e biológica da água residuária foi realizada no início do experimento. A Tabela 1 mostra as características analisadas.

Tabela 1. Características físico-química e biológica da água residuária utilizada

Parâmetros Físico químico	Água residuária
Condutividade Elétrica (mmho cm ⁻¹ a 25°C)	2139,0
pH	7,6
Alumínio (mg L ⁻¹)	0,09
Cálcio (mg L ⁻¹)	48,0
Sódio (mg L ⁻¹)	234,7
Magnésio (mg L ⁻¹)	37,2
Potássio (mg L ⁻¹)	60,6
Ferro Total (mg L ⁻¹)	0,08
Cloreto (mg L ⁻¹)	388,7
Sílica (mg L ⁻¹)	6,2
Sólidos Totais Dissolvidos a 180°C (mg L ⁻¹)	1160,0
Parâmetros Biológicos	
Coliformes Totais (UFC)	10112,0

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do experimento de 1188 h houve obstrução total dos emissores em 0,6% dos gotejadores M1 e 2,4% para M2 e M3. O principal fator obstrução dos gotejadores foi a biofilme formado no interior das tubulações e do próprio labirinto do emissor. Pode-se comprovar essa obstrução pela qualidade da água residuária analisada, que demonstrou valores com risco intermediário de entupimento segundo Nakayama et al. (2006), para coliformes totais e sólidos dissolvidos. Os demais elementos obtiveram valores de baixo risco.

Em gotejadores do tipo labirinto o fluxo de água passa por regiões de baixa velocidade, principalmente nas curvaturas próximas as paredes. Nestas regiões é propício o surgimento de depósitos com pequenas partículas e conseqüentemente a formação e aderência de biofilme. A eliminação dessas regiões proporciona melhor capacidade de autolimpeza (Li et al., 2008).

O monitoramento de sistemas de irrigação para a prevenção ou remediação de problemas que afetam a lâmina aplicada é feita através do desempenho hidráulico do emissor (Patil et al.,

2013). A Figura 2 mostra o monitoramento dos gotejadores pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen e grau de entupimento.

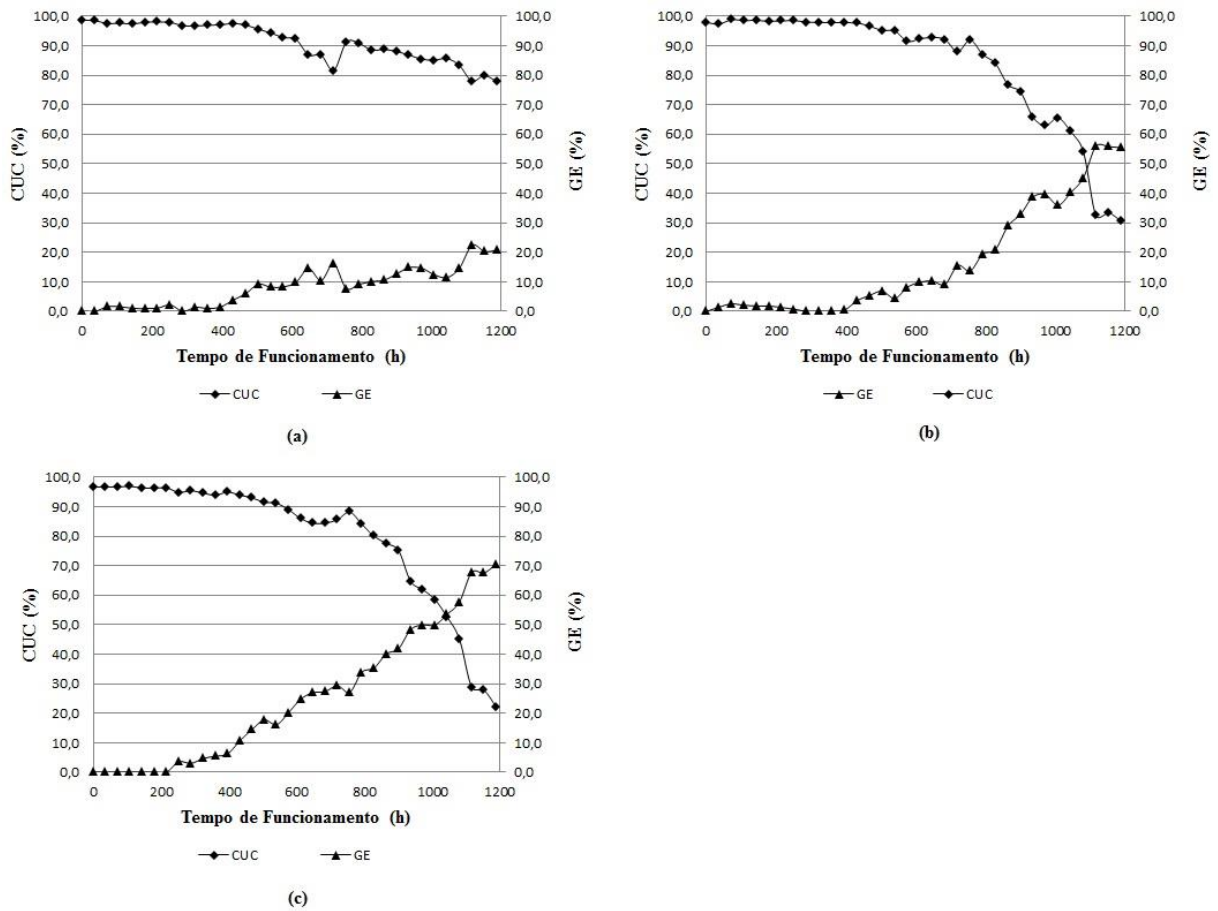


Figura 2. Coeficiente de uniformidade de Christiansen e grau de entupimento para os gotejadores M1 (a), M2 (b) e M3 (c)

Ao final do tempo de funcionamento do sistema o grau de entupimento chegou a valores médios de 20,74, 55,44 e 70,40%, respectivamente para M1, M2, e M3. Em pesquisas com diversos gotejadores utilizando água residuária Naji et al. (2015) observaram que o tempo operacional e o tipo de gotejador tem efeito significativo na vazão relativa.

O coeficiente de uniformidade chegou a valores de 77,78, 30,65 e 22,25%, respectivamente, para M1, M2 e M3 ao final do tempo. Além da diminuição dos valores de vazão, visto pelo grau de entupimento, observa-se através do CUC a alta variabilidade na vazão dos gotejadores.

A regressão múltipla com o tempo de funcionamento, grau de entupimento e o coeficiente de uniformidade pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2. Regressão múltipla com o tempo de funcionamento para três gotejadores

Gotejador	Equação	R ²
M1	Tempo = 2566,5 - 24,02CUC + 26,88GE	0,863
M2	Tempo = -957,38 + 12,59CUC + 30,59GE	0,864
M3	Tempo = -436,31 + 6,49CUC + 20,73GE	0,982

O tempo de funcionamento pode ser estimado pelas regressões múltiplas. Neste caso, espera-se que um sistema obtenha a máxima uniformidade de aplicação e o mínimo grau de entupimento. Na uniformidade de aplicação utilizou-se o valor que representa um sistema excelente (CUC = 90%) segundo a classificação de Bernardo et al. (2006) e o grau de entupimento igual a zero.

O tempo de funcionamento para as condições descritas a cima foram de 404, 175 e 147 h, respectivamente, para M1, M2 e M3. Nota-se, que M1 obteve um maior tempo para que se aplique um processo de desobstrução, desta forma, indica um sistema com melhores condições para a aplicação de água com qualidade inferior.

As condições internas de fluxo e a qualidade de água residuária utilizada causam diferentes reduções na vazão dos gotejadores, para Yan et al. (2010) o início da formação e a adesão do biofilme é em 96 h de funcionamento, e desempenha o processo de indução ao entupimento.

Segundo Li et al. (2012) o entupimento de emissores operados com esgoto doméstico tratado é baixo nas primeiras 256 h de funcionamento. Neste caso, a desobstrução em períodos menores de funcionamento indica baixa proliferação de colônias bacterianas, obtendo maior êxito na aplicação.

CONCLUSÃO

O tempo de funcionamento para aplicação de um processo de desobstrução em gotejadores submetidos à irrigação com esgoto doméstico tratado, para que mantenha boas condições de uniformidade é de 404, 175 e 147 h, respectivamente, para M1, M2 e M3.

A condição de fluxo interna de cada emissor e a qualidade de água aplicada determinam tempos diferentes para a aplicação de processos de desobstrução devido à proliferação desigual.

AGRADECIMENTOS

O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio financeiro e execução do projeto nº. 94/2013 MEC/SETEC/CNPq; Ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA); Universidade Federal de Campina Grande.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, B. A. O.; YAMAMOTO, T.; FUJIYAMA, H.; MIYAMOTO, K. Assessment of emitter discharge in microirrigation system as affected by polluted water. *Irrigation Drainage System*, v. 21, p. 97-107, 2007.
- ALBAIDY, H. M. J.; AL-SAMERAIY, M. A.; KADHEM, A. J.; MAJEED, A. A. Evaluation of Treated Municipal Wastewater Quality for Irrigation. *Journal of Environmental Protection*, v.1, p.216-225, 2010.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. Viçosa: UFV, 2006, p.625.
- CARARO, D. C. & BOTREL, T. A. Uso de cloração e ar comprimido no controle do entupimento de gotejadores ocasionado pela aplicação de água residuária. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.2, p.336-345, 2007.
- DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. *Revista Ceres*, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.
- FEITOSA, A. P.; LOPES, H. S. S.; BATISTA, R. O.; COSTA, M. S.; MOURA, F. N., Avaliação do desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de água cinza em áreas rurais do semiárido brasileiro, *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v.8, n.3, p. 196-206, 2011.
- LI, Y. K.; LIU, Y. Z.; LI, G. B.; XU, T. W.; LIU, H. S.; REN, S. M.; YAN, D. Z.; YANG P. L. Surface topographic characteristics of suspended particulates in reclaimed wastewater and effects on clogging in labyrinth drip irrigation emitters. *Irrigation Science*, v.30, p. 43–56, 2012.
- LI, Y.; YANG, P.; XU, T.; REN, S.; LIN, X.; WEI, R.; XU, H. CFD and digital particle tracking to assess flow characteristics in the labyrinth flow path of a drip irrigation emitter. *Irrigation Science*, v.26, p. 427 - 438, 2008.
- NAJI, K.; AL-MEFLEH; BASHABSHEH, I.; TALOZI, S.; AL-ISSA, T. A. Field evaluation of the performance of different irrigation emitter types using treated wastewater. *Water Quality Research Journal of Canada*, 50.3, p. 240 – 251, 2015.

NAKAYAMA, F. S., BOMAN, B. J. AND PITTS, D. MAINTENANCE. In: Lamm, F. R., Ayars, J. E. and Nakayama, F. S. (Ed.). 2006. Microirrigation for crop production: Design, Operation, and Management. Amsterdam: Elsevier, p. 389 - 430

PATIL, S. S.; NIMBALKAR, P. T.; JOSHA, J.; Hydraulic Study, Design & Analysis of Different Geometries of Drip Irrigation Emitter Labyrinth. International Journal of Engineering and Advanced Technology. v.2, n-5, 2013.

PEREIRA, B. F. F.; HE, Z. L.; STOFFELLA P.J.; MELFI A. J. reclaimed wastewater: effects on citrus nutrition. Agricultural Water Management. v.98, n. 12, p.1828-1833, 2011.

ŞAHİN, Ü.; ANAPALI, Ö.; DÖNMEZ, M. F.; ŞAHİN, F. Biological treatment of clogged emitters in a drip irrigation system. Journal of Environmental Management, v.76, p.338-341, 2005.

TEIXEIRA, M. B.; MELO, F. R.; COELHO, R. D.; NETO, R. O.; AGUIAR RIBEIRO P. A. Tratamento para desentupimento de gotejadores convencionais. Irriga, v. 13, n. 2, p. 235-248, 2008.

YAN D., BAI Z., MIKE R., GU L., REN S., YANG P. Biofilm structure and its influence on clogging in drip irrigation emitters distributing reclaimed wastewater, Journal of Environmental Sciences, v. 21, p.834–841, 2009.