
NOTA TÉCNICA:**VAZÃO DE GOTEJADORES UTILIZADOS NA FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA**

Rafael Oliveira Batista¹, Rubens Alves de Oliveira², Antônio Alves Soares³, Antonio Teixeira de Matos², Paulo Roberto Cecon⁴

RESUMO

Neste trabalho, objetivou-se analisar o comportamento da vazão de diferentes gotejadores, operando com água residuária de suinocultura. O experimento foi montado no esquema de parcelas subdivididas, tendo na parcela os tipos de gotejador (G1, G2 e G3) e, na subparcela, os tempos de funcionamento (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 h), em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Realizou-se, a cada 20 h, a medição da vazão dos gotejadores e a determinação das características física, química e biológica do efluente. Os resultados indicaram que a água residuária de suinocultura provocou redução média na vazão dos gotejadores G1, G2 e G3 de 16, 20 e 7%, respectivamente. O gotejador G3 mostrou-se adequado para aplicação de água residuária de suinocultura, graças à menor suscetibilidade ao entupimento.

Palavras-chave: dejetos suíno, reutilização de água, entupimento

DISCHARGE OF DRIPPERS USED ON FERTIRRIGATION WITH SWINE WASTEWATER**ABSTRACT**

This study was carried out to analyze the behavior of the discharge of distinct drippers operating with swine wastewater. The experiment was set up on split-plot scheme with kind drippers (G1, G2 and G3) in the plot and operation time (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 and 160 h) in the subplots on an entirely randomized design, with three replicates. The flow rate of drippers and the characteristics physical, chemical and biological of the effluent was obtained to each 20 h. According to the results, the swine wastewater caused media reduction in the flow rate of drippers G1, G2 e G3 of 16, 20 and 7%, respectively. The dripper G3 showed to be adequate to application of swine wastewater due to the smaller susceptibility to clogging.

Keywords: swine manure, water recycling, clogging

Recebido para publicação em 26/03/2007. Aprovado em 09/03/2010

1- Eng. Agrícola, Doutor em Eng. Agrícola, Depto de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Viçosa, MG. E-mail: rafaelbatista@ufersa.edu.br

2- Prof. Associado, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

3- Prof. Titular, Depto de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

4- Prof. Associado, Depto de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas do confinamento de animais é a quantidade considerável de dejetos produzidos por unidade de área. Esses resíduos, se manejados inadequadamente, podem causar impactos negativos ao meio ambiente. As principais manifestações de degradação ambiental, decorrentes da atividade da suinocultura, são a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, por compostos orgânicos, nutrientes e micro-organismos entéricos; as alterações das características físicas, químicas e biológicas dos solos; a poluição atmosférica, pela emissão de gases prejudiciais, e a presença de insetos (OLIVEIRA *et al.*, 1993).

A utilização de águas residuárias de suinocultura na agricultura é uma alternativa para o controle da poluição ambiental. Entretanto, para que isso se torne uma prática viável, é preciso aperfeiçoar as técnicas de tratamento, aplicação e manejo das águas residuárias.

O método de irrigação localizada tem sido usado para aplicação de águas residuárias, por causa da elevada eficiência de aplicação do efluente e do baixo risco de contaminação do produto agrícola e de operadores, no campo. No entanto, os sistemas de irrigação localizada possuem emissores que apresentam alta suscetibilidade ao entupimento (ORON *et al.*, 1999).

A formação de biofilme, resultante da interação entre mucilagens bacterianas e sólidos totais, provoca a obstrução de gotejadores que operam com águas residuárias (TROOIJEN *et al.*, 2000; ROWAN *et al.*, 2004; BATISTA *et al.*, 2005). O tempo de formação de biofilme em sistemas de irrigação localizada depende da qualidade da água residuária utilizada. Em geral a formação de biofilme começa a comprometer a vazão e a uniformidade de aplicação de efluente após 100h de uso contínuo do sistema de fertirrigação com águas residuárias (BATISTA *et al.*, 2005, 2006).

Na maioria dos estudos, o entupimento proporciona a redução gradativa da vazão dos gotejadores (TROOIJEN *et al.*, 2000; BERKOWITZ, 2001; ROWAN *et al.*, 2004). Batista *et al.* (2005) notaram redução de 67% na vazão inicial de gotejadores utilizados na aplicação de água residuária, após 144 h de operação do sistema de aplicação. Berkowitz (2001) avaliou o desempenho de cinco sistemas subsuperficiais de irrigação por gotejamento, operando com esgoto doméstico tratado, durante seis anos. Foram utilizados gotejadores autocompensantes, com vazão nominal de 2,3 L h⁻¹. O entupimento dos

gotejadores foi observado somente em dois sistemas de aplicação, com redução máxima da vazão inicial de 23%. No estudo realizado por Trooijen *et al.* (2000), cinco tipos de gotejadores com vazão nominal de 0,57 a 3,5 L h⁻¹, foram testados com água residuária da bovinocultura, tratada e posteriormente filtrada em filtro de discos com aberturas de 55 µm. Depois da aplicação de 920 mm do efluente, constatou-se redução na vazão inicial dos gotejadores de até 22%. Rowan *et al.* (2004) estudaram a incidência de entupimento em quatro tipos de gotejadores, sendo dois autocompensantes, com vazão nominal de 2,31 e 2,01 L h⁻¹ e, dois, não autocompensantes, com vazão nominal de 2,60 e 4,92 L h⁻¹, operando com efluente de tanque séptico durante 448 h. Mesmo utilizando filtro de discos com aberturas de 100 µm, o efluente proporcionou redução de até 83% na vazão inicial dos gotejadores.

Nesse caso, o produtor, ao constatar o problema, aumenta o tempo de fertirrigação; logo, as plantas que receberam menor lâmina de fertirrigação passam a receber maior quantidade de efluente, de modo a atender às suas exigências nutricionais. No entanto, as plantas que recebiam a lâmina adequada passam a ter problema de fertirrigação excessiva, aumentando assim a perda por percolação (LÓPEZ *et al.*, 1992).

No presente estudo teve-se por objetivo analisar o comportamento da vazão de distintos gotejadores, mediante a aplicação de água residuária de suinocultura, submetida aos processos de sedimentação e filtração.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Unidade-Piloto de Tratamento e Aplicação Localizada de Água Residuária de Suinocultura, do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA/UFV), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais.

Nessa área experimental, a água residuária de suinocultura foi submetida às seguintes etapas de tratamento: 1) tanque de sedimentação de 211,7 m³ com tempo de residência hidráulica de 339 h para remoção dos sólidos sedimentáveis; 2) caixa de gordura de 8,6 m³ para redução da concentração de óleos e graxas e 3) peneiramento para filtração do efluente, visando sua aplicação com utilização de sistemas de irrigação por gotejamento.

No sistema de peneiramento, utilizou-se uma tela metálica com abertura de 47 µm, montada em um dispositivo com inclinação fixa de 25°. Depois de passar pela caixa de gordura, o efluente

foi armazenado em um reservatório de 7,1 m³. Um conjunto motobomba de 1 cv bombeou o efluente até a parte superior da peneira, por meio de segmentos de tubos de PVC de 32 mm, dotados de perfurações circulares, conforme apresentado na Figura 1. O efluente filtrado foi armazenado em outro reservatório de 7,1 m³, com a finalidade de abastecer as subunidades de fertirrigação.

Montou-se na área experimental uma bancada, constituída por uma unidade de controle e três subunidades de fertirrigação. A unidade de controle era composta por um conjunto motobomba de 3 cv, que recalca o efluente filtrado para as subunidades de fertirrigação. Foram testados três tipos de gotejadores (G1, G2 e G3), cujas características técnicas estão apresentadas no Quadro 1. Na linha de derivação das subunidades, em PVC de 32 mm, foram inseridos nove conectores. Para cada modelo de gotejador instalaram-se três linhas laterais com 18 m de comprimento. Em todas as linhas laterais foram identificados 22 gotejadores para medição da vazão.

A pressão de serviço no início das linhas laterais foi mantida em 105 ± 5 kPa, por meio de uma válvula reguladora de pressão. As subunidades de aplicação funcionaram 4 h por dia até completar o tempo total de operação de 160 h.

No período de testes foram realizadas, em

intervalos de 20 h, medições das vazões dos gotejadores e análises física, química e biológica do efluente filtrado. A vazão de cada gotejador foi determinada coletando-se o volume de efluente aplicado pelo gotejador, durante três minutos. As coletas do efluente foram realizadas em três horários distintos (às 7, 9 e 11 h). Dessas coletas simples, obtiveram-se amostras compostas, enviadas aos laboratórios para análises específicas. Parte das amostras compostas foi encaminhada ao Laboratório de Qualidade da Água (DEA/UFV), para determinação das concentrações dos sólidos totais e suspensos (método gravimétrico). As concentrações dos sólidos dissolvidos foram obtidas pela diferença entre as concentrações dos sólidos totais e dos sólidos suspensos. Logo após cada coleta de amostra simples, foram medidos os valores de pH (método eletrométrico, medidor de pH portátil). As análises de ferro total e manganês total foram feitas, conjuntamente, nos Laboratórios de Matéria Orgânica e Resíduos e de Espectrofotometria Atômica, ambos do Departamento de Solos da UFV. As contagens de bactérias foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos, do Departamento de Microbiologia da UFV. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias (UFC) por mL de efluente.

A



B



Figura 1. Ilustração do sistema de peneiramento. Vista lateral (A) e perfurações no tubo (B).

Quadro 1. Caracterização dos gotejadores (G) utilizados no experimento

G	D	Q (L h ⁻¹)	E (m)	k	x	CVf (%)
G1	Não	2,0	0,75	0,12	0,61	≤ 3
G2	Não	1,7	0,50	0,35	0,38	≤ 3
G3	Sim	3,6	0,75	3,15	0,03	≤ 4

D - dispositivo de autocompensação; Q - vazão nominal; E - espaçamento entre gotejadores; k - coeficiente de vazão do emissor; x - expoente de vazão do emissor e CVf - coeficiente de variação do fabricante.

No Quadro 2, estão apresentadas as características físicas, química e biológica do efluente utilizado no abastecimento das subunidades de fertirrigação. Os valores médios de sólidos suspensos (SS), sólidos dissolvidos (SD), pH, Fe, Mn e população bacteriana (PB) foram de 333 mg L⁻¹, 1370 mg L⁻¹, 7,54, 5,50 mg L⁻¹, 0,84 mg L⁻¹ e 2,3 x 10⁶ UFC mL⁻¹, respectivamente. De acordo com a classificação proposta por Bucks *et al.* (1979), o efluente, mesmo submetido à sedimentação e filtração, apresentou risco de entupimento de gotejadores moderado para SD e Mn e severo para pH, SS, Fe e PB, respectivamente.

O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tipos de gotejadores e nas subparcelas os tempos das avaliações, no delineamento inteiramente casualizado com três repetições. Os dados foram submetidos a análises de variância e de regressão. Os modelos de regressão foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão (utilizando-se o teste t com nível de significância de até 10%), no valor do coeficiente de determinação (R²) e no processo em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constam no Quadro 3 os resultados da análise de variância da vazão, em função do tipo de gotejador e do tempo de funcionamento. Verifica-se, nesse quadro, que as fontes de variação da parcela (G) e

da subparcela (T e G X T) foram significativas a 1% de probabilidade. Os valores dos coeficientes de variação da parcela e subparcela foram de 7 e 2%, respectivamente, comprovando a ótima precisão na coleta de dados, que possibilita a obtenção de resultados confiáveis.

Em vista dos resultados da análise de variância, procedeu-se ao desdobramento da combinação G X T.

Na Figura 2, apresenta-se o comportamento da vazão dos gotejadores G1, G2 e G3 (C), ao longo do tempo, e respectivas equações de regressão. Observa-se, nessa figura, que a vazão média dos gotejadores decresce com o tempo de funcionamento. Nas subunidades dotadas dos gotejadores G1, G2 e G3, o modelo linear foi o que melhor representou a relação entre vazão e tempo de funcionamento. Os coeficientes de determinação (R²) para os gotejadores G1, G2 e G3 foram de 0,79, 0,85 e 0,56, respectivamente.

Estabelecendo comparação entre os tempos de funcionamento de 0 a 160 h, constata-se redução de 16, 20 e 7% na vazão média dos gotejadores G1, G2 e G3, respectivamente. A menor sensibilidade ao entupimento do gotejador G3 é atribuída à maior vazão, área de filtração e presença de dispositivo autocompensante desse emissor em relação aos demais, corroborando, assim, com Trooien *et al.* (2000) e Dehghanisani *et al.* (2005). Em geral, os dispositivos autocompensantes de gotejadores

Quadro 2. Valor médio e desvio padrão das características sólidos suspensos (SS), sólidos dissolvidos (SD), pH, Fe, Mn e população bacteriana (PB) no efluente coletado a montante das subunidades de aplicação

SS (mg L ⁻¹)	SD (mg L ⁻¹)	pH	Fe (mg L ⁻¹)	Mn (mg L ⁻¹)	PB (UFC* mL ⁻¹)
333 ± 61	1370 ± 284	7,54 ± 0,14	5,50 ± 2,92	0,84 ± 0,76	2,3 x 10 ⁶ ± 3,3 x 10 ⁶

*Unidades formadoras de colônias.

Quadro 3. Análise de variância da vazão em função do tipo de gotejador (G) e tempo de funcionamento (T), no esquema de parcelas subdivididas, com delineamento inteiramente casualizado e três repetições

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma de quadrado	Quadrado médio	F
Tipo de gotejador (G)	2	40,696	20,348	625,280**
Resíduo (a)	6	0,195	0,032	
Tempo de funcionamento (T)	8	1,160	0,145	60,620**
G X T	16	0,173	0,011	4,530**
Resíduo (b)	48	0,115	0,002	
Total	80			
CV(%) da parcela		7,6		
CV(%) da subparcela		2,0		

** F significativo a 1% de probabilidade. CV - coeficiente de variação.

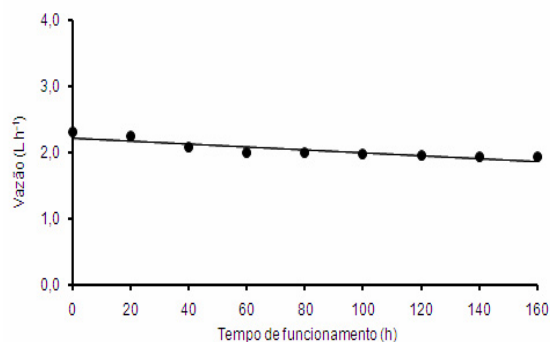
estão associados a mecanismos de autolimpeza, tornando-os menos suscetíveis ao entupimento.

Depois de 160 h de funcionamento das subunidades de fertirrigação, fez-se corte das linhas laterais, abrindo-se diversos gotejadores para retirar amostras do material que provocou obstrução. Por meio da microscopia ótica, constatou-se, nos gotejadores entupidos, o desenvolvimento de biofilme complexo, resultante da interação entre fatores físicos (sólidos suspensos), químicos (precipitados de enxofre) e biológicos (bactérias, fitoplânctons, fungos e protozoários). O biofilme foi identificado em maior proporção na área de filtração dos gotejadores e em menor proporção no interior dos labirintos.

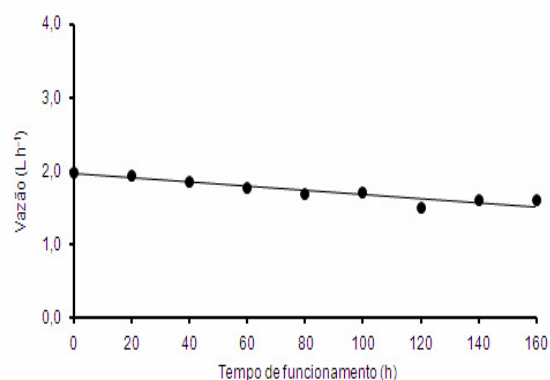
A combinação dos agentes físicos, químicos e biológicos consiste na principal causa de obstrução de gotejadores utilizados na aplicação de águas residuárias (RAVINA *et al.*, 1992; RAV-ACHA *et al.*, 1995; TAYLOR *et al.*, 1995; RAVINA *et al.*, 1997; BATISTA *et al.*, 2006). No trabalho apresentado por Taylor *et al.* (1995), verificou-se que 90% dos gotejadores apresentaram entupimento com biofilme, formado por matéria orgânica em decomposição, bactérias e exoesqueleto de *Daphnia* sp, por causa da aplicação de esgoto doméstico tratado. Tajrishy *et al.* (1994) constataram a formação de biofilme, resultante de mucilagens bacterianas e sólidos suspensos, em gotejadores abastecidos com esgoto doméstico secundário. Ravina *et al.* (1992) afirmaram que o biofilme foi acumulado, principalmente, na entrada do labirinto dos gotejadores não autocompensantes e na membrana de silicone dos gotejadores autocompensantes. Rav-Acha *et al.* (1995) constataram a formação de biofilme em gotejadores operando com esgoto doméstico secundário, sendo o biofilme resultante da interação entre mucilagens microbianas, partículas inorgânicas e algas da espécie *Chlorella vulgaris*. Fato similar foi verificado por Batista *et al.* (2006), que observaram a formação de biofilme resultante da interação entre mucilagens bacterianas e algas. As bactérias dos gêneros *Clostridium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Enterobacter* formaram um muco microbiano, no qual se aderiram partículas, principalmente de origem orgânica, representadas por células de algas vivas ou em decomposição. As algas predominantes pertenciam aos grupos *Cyanophyta* (gênero *Chlorococcus*), *Euglenophyta* (gêneros *Euglena* e *Phacus*) e *Chlorophyta* (gêneros *Selenastrum*,

Scenedesmus e *Sphaerocystis*). Deve-se ressaltar que a combinação de agentes físicos, químicos e biológicos foi a principal causa do entupimento dos gotejadores G1, G2 e G3 utilizados na aplicação de águas residuárias da suinocultura, tratadas em tanque de sedimentação e peneira.

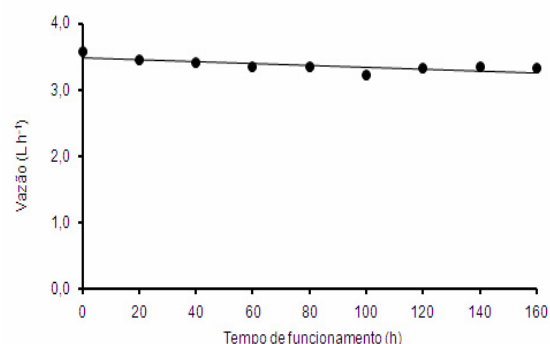
$$(A) \hat{y} = 2,23 - 0,0022 **x, R^2 = 0,79$$



$$(B) \hat{y} = 1,96 - 0,0028 **x, R^2 = 0,85$$



$$(C) \hat{y} = 3,48 - 0,0014 **x, R^2 = 0,56$$



** e^{ns} Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Figura 2. Comportamento da vazão dos gotejadores G1 (A), G2 (B) e G3 (C) ao longo do tempo e respectivas equações de regressão.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados, conclui-se:

- A água residuária de suinocultura, mesmo submetida aos processos de sedimentação e filtração, pode acarretar sérios problemas de entupimento de gotejadores quando não se utilizam técnicas de manejo adequadas;
- As subunidades de fertirrigação dotadas dos gotejadores G1, G2 e G3 apresentaram reduções nas vazões, em decorrência da formação de biofilme complexo nas estruturas de escoamento do equipamento;
- O gotejador G3 mostrou menor sensibilidade ao entupimento quando da aplicação de água residuária de suinocultura, por causa da sua maior vazão, da área de filtração e do dispositivo de autocompensação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, R. O.; SOARES, A.A.; MATOS, A.T.; MANTOVANI, E. C. Suscetibilidade ao entupimento de gotejadores mediante a aplicação de esgoto sanitário tratado. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.14, n.2, p.81-87, 2006.
- BATISTA, R.O.; Lo MONACO, P.A.; MATOS, A.T.; CUNHA, F.F. Alteração na vazão de gotejadores tipo fita utilizados na aplicação de água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n.2, p.69-73, 2005.
- BERKOWITZ, S.J. Hydraulic performance of subsurface wastewater drip systems. In: ON-SITE WASTEWATER TREATMENT, 9, Fort Worth, 2001, **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 2001. p.583-592.
- BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.2, n.2, p.149-162, 1979.
- DEHGHANISANIJ, H.; YAMAMOTO, T.; OULD AHMAD, B. V.; FUJIYAMA, H.; MIYAMOTO, K. The effect of chlorine on emitter clogging induced by algae and protozoa and the performance of drip irrigation. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.48, n.2, p. 519-527, 2005.
- LÓPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNÁNDEZ, J.F.G. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405p.
- ORON, G.; CAMPOS, C.; GILLERMAN, L.; SALGOT, M. Wastewater treatment, renovation and reuse for agricultural irrigation in small communities. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.38, n.3, p.223-234, 1999.
- OLIVEIRA, P.A.V.; MARTINS, R.R.; PEDROSO, D.; LIMA, G.J.M.M.; LINDNER, E.A.; BELLI FILHO, P.; CASTILHO JÚNIOR, A.B.; SILVEIRA, V. R.; BALDISERA, I.; MATTOS, A.C.; GOSSMANN, H.; CRISTMANN, A.; BONETT, E.; HESS, A. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA, 1993, 188p. (Documentos, 27).
- RAV-ACHA, C.; KUMMEL, M.; SALAMON, I.; ADIN, A. The effect of chemical oxidants on effluent constituents for drip irrigation. **Water Research**, Oxford, v.29, n.1, p.119-129, 1995.
- RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G.; YECHIALY, Z.; LEV, Y. Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. **Agricultural Water Management**, v.33, n.2-3, p.127-137, 1997.
- RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SHISHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaiming wastewater. **Irrigation Science**, New York, v.13, n.3, p.129-139, 1992.
- ROWAN, M.; MANCL, K.; TUOVINEN, O.H. Clogging incidence of drip irrigation emitters distributing effluents of differing levels of treatment. In: ON-SITE WASTEWATER TREATMENT, 10., Sacramento, 2004. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 2004. p. 84-91.
- TAJRISHY, M.; HILLS, D.J.; TCHOBANOGLIOUS, G. Pretreatment of secondary effluent for drip irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.120, n.4, p.716-731, 1994.
- TAYLOR, H.D.; BASTOS, R.K.X.; PEARSON, H.W.; MARA, D. D. Drip irrigation with waste stabilization pond effluents: solving the problem of emitter fouling. **Water Science Technology**, London, v.31, n.12, p.417-424, 1995.
- TROOEN, T.P.; LAMM, F.R.; STONE, L.R.; ALAM, M.; ROGERS, D.H.; CLARK, G.A.; SCHLEGEL, A.J. Subsurface drip irrigation using livestock wastewater: dripline flow rates. **Applied Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 16, n. 5, p. 505-508, 2000.