

DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO UTILIZANDO EFLUENTE DOMÉSTICO¹

DANIEL DA COSTA DANTAS²; ÊNIO FARIAS DE FRANÇA E SILVA³; RALINI FERREIRA DE MÉLO⁴; MARA SUYANE MARQUES DANTAS⁵; GERÔNIMO FERREIRA DA SILVA⁶ E MANASSÉS MESQUITA DA SILVA⁷

¹Trabalho Financiado pelo CNPq e parte da Tese do primeiro autor.

²Engº Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola UFRPE, R. Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Fone: (81) 3320-6261 d1cdantas@hotmail.com

³Prof. Adjunto, DEAGRI/UFRPE, bolsista de produtividade do CNPq. R. Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Fone: (81) 3320-6261- enio.silva@dtr.ufrpe.br.

⁴Prof Adjunto, UAG;UFRPE Av. Bom Pastor, S/N, Boa Vista, CEP.: 55.292-270, Garanhuns-PE. ralini@uag.ufrpe.br

⁵Doutoranda em Eng. Agrícola UFRPE. mara_suy@hotmail.com.

⁶PNPD-CAPES, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE. agrogefe@yahoo.com.br

⁷Prof. Adjunto, UFRPE. R. Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife, PE, manasses@dtr.ufrpe.br.

1 RESUMO

Objetivou-se estudar o efeito da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento. O experimento foi conduzido em uma Unidade-Piloto de Tratamento de Esgoto localizado na cidade de Ibimirim Estado de Pernambuco. Foram utilizados para irrigação da cultura do girassol cv. H250, águas provenientes de três tipos de tratamento de esgoto bruto (A₁ - reator UASB; A₂ - Decanto digestor + filtro anaeróbio; A₃ - filtro anaeróbio) e A₄ - água potável (testemunha). O sistema de irrigação foi composto por uma motobomba de eixo horizontal com potência de 0,5 cv, filtro de discos de 120 mesh, e válvulas reguladoras de pressão de 15 atm. Foram realizadas seis avaliações do sistema de irrigação durante o ciclo. Concluiu-se que a utilização de águas residuárias de origem doméstica proporcionou uma uniformidade de distribuição de água classificada entre boa e excelente durante um ciclo de cultivo de girassol com aproximadamente 100 dias; mesmo havendo redução da vazão dos gotejadores ao longo do tempo, esta aconteceu de maneira uniforme em todos os tratamentos, dessa forma, avaliações de sistema de irrigação devem ser utilizadas de forma rotineira no manejo da irrigação, como ferramenta de ajuste do tempo de operação do sistema de irrigação.

Palavras-chave:uniformidade de distribuição;eficiência do tratamento,reúso de água

2 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, vários fatores têm contribuído para o aumento do interesse pelo reúso de efluentes domésticos na irrigação sendo mencionado, o controle da poluição ambiental, a economia de água e fertilizantes químicos, a reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola, como também o avanço do conhecimento técnico-científico em relação ao potencial de riscos e suas limitações. Entretanto, uma limitação importante que acontece nos sistemas de irrigação localizada, quando se trabalha com esse tipo de águas residuárias é o potencial de entupimento ou incrustação (CAPRA e SCICOLONE, 2004; CAPRA e SCICOLONE, 2007; TARCHITZKY et al. 2013).

Segundo Dosoretzet al., (2011), o processo de entupimento dos dispositivos de irrigação estão relacionados a quatro mecanismos: (1) obstrução dos estreitos espaços de passagens do fluxo devido à presença de sólidos suspensos - físico, (2) concentração elevada de alguns sais causam precipitação - química, (3) a adsorção hidrofóbica devido à interação de macromoléculas orgânicas solúveis ou coloidal, e (4) formação de biofilme e crescimento das algas - biológica. Portanto a formação do entupimento se deve à ação conjunta de mais de um desses mecanismos.

A formação da obstrução ocorre da alta concentração de matéria orgânica dissolvida e à presença de bactérias endógenas no efluente doméstico secundário, condições estas que favorecem à rápida formação de biofilmes, neste processo, as bactérias ligadas às superfícies liberam substâncias que formam exopolímeros, cujas propriedades físicas compreendem a estrutura ao biofilme, enquanto que as propriedades fisiológicas são determinadas pelas células bacterianas. Os biofilmes exibem estruturas do tipo gel e conferem elasticidade física, o que o torna resistente às taxas de vazões e as forças relacionada ao cisalhamento, portanto, a estrutura física fisiológica das colônias dos grupos de bactérias dentro do biofilme aumenta consideravelmente a sua resistência à desinfecção por produtos químicos tais como cloro e bactericidas. Por conseguinte, o controle do crescimento de biofilmes é bem mais difícil que em pequenas colônias bacterianas individuais (DENKHAUS et al., 2007).

Capra e Scicolone (2007), afirmam que mesmo com os riscos de entupimento, a irrigação por gotejamento é o método mais eficaz para ser utilizado com águas residuárias, pois minimiza o contato entre plantas e operadores, não há formação de vapores d'água, apresenta facilidade de controle da área de molhamento como também a lâmina de percolação profunda; minimiza a percolação de nitratos, além dos fatores agrônômicos como redução de ervas daninhas e menor uso de herbicidas.

Na irrigação localizada, vários fatores podem comprometer a uniformidade de distribuição de água, tais como, a variação de fabricação, o dimensionamento inadequado do sistema e entupimentos de emissores causados por partículas minerais ou orgânicas presentes na água (VIEIRA et al., 2004). Estes problemas de entupimento estão diretamente relacionados ao pequeno diâmetro de passagem dos emissores (KELLER & BLIESNER, 1990). Uma consequência dos entupimentos dos emissores consiste na aplicação não uniforme da lâmina de irrigação planejada (CARARO et al., 2006; FRIGO et al., 2006), acarretando variabilidade no estande da cultura e conseqüentemente na qualidade da produção; como também reduz a eficiência da aplicação de produtos químicos, via água de irrigação, na mesma proporção da redução de uniformidade de aplicação (BATISTA et al., 2010). Dessa forma, avaliações de uniformidade devem ser realizadas, como ferramenta de monitoramento da distribuição de água, auxiliando para possíveis alterações no sistema de irrigação, visando melhorar o desempenho do mesmo.

Diversos coeficientes são utilizados nas avaliações de desempenho, dos sistemas de irrigação (BATISTA et al., 2005; PUIG-BARGUÉS et al., 2005; CARARO et al., 2006; FRIGO et al., 2006), destacando-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o qual foi adaptado da irrigação por aspersão e Segundo Mantovani (2002) pode ser utilizado os seguintes critérios para interpretação dos valores do CUC em sistema de irrigação por gotejamento: entre 90 e 100%, excelente, entre 80 e 90%, bom, entre 70 e 80%, razoável, entre 60 e 70% ruim e menor que 60%, inaceitável; Keller e Karmeli (1975) sugerem a utilização do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Merriam e Keller (1978) apresentaram o seguinte critério geral para interpretação dos valores de CUD para sistemas que estejam em operação por um ou mais anos: maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; 70 e 80%, regular; e menor que 70%, ruim.

Alguns estudos relatam que a aplicação de águas residuárias via sistema de irrigação por gotejamento acarretam sérios problemas de obstrução dos gotejadores. Batista et al. (2006), Batista et al. (2010), avaliaram a uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento com águas residuárias, em diferentes tempos de funcionamento (0, 50, 100 e 120 h) e observaram reduções significativas nos coeficientes CUC e CUD como também na vazão dos gotejadores. Silva et al. (2012) avaliaram o desempenho do sistema de irrigação utilizando gotejador Katif, da marca Plastro Brasil, com efluentes doméstico oriundo de diferentes métodos de tratamento, e concluíram que o tratamento com decanto digestor associado a um filtro digestor apresentou melhor resultado. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho, avaliar o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando efluentes domésticos oriundos de diferentes tipos de tratamento de esgoto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma Unidade Piloto de Tratamento de Águas Residuárias (UTAR) de origem doméstica para reúso agrícola, localizada no município de Ibimirim, PE, a 330 km de Recife. A UTAR capta o esgoto “in natura” de um sistema de esgotamento condominial que atende a 500 habitações com vazão média de aproximadamente 450.000 L.dia⁻¹. Na figura 1, está apresentado o croqui do sistema de tratamento utilizado.

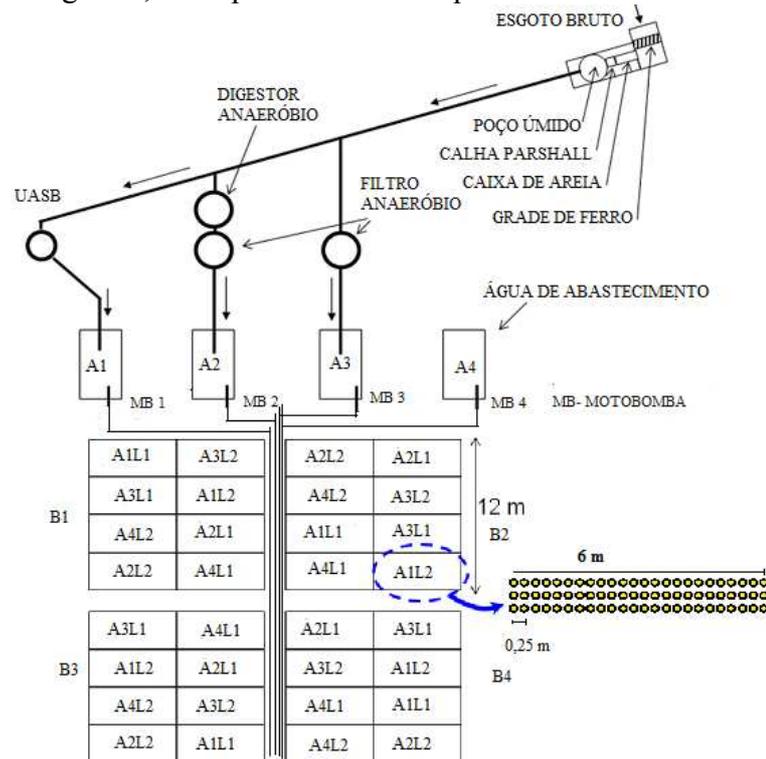


Figura 1. Croqui da área experimental e instalações de coleta tratamento de reúso agrícola de esgoto doméstico. Ibimirim-PE, 2010.

O tratamento preliminar foi composto por grade de barras, caixa de areia e calha Parshall, após esta etapa, o esgoto bruto seguiu para um poço úmido e estação elevatória de onde foi bombeado para os sistemas de tratamento independentes, primário e/ou secundário, conforme a configuração de cada tratamento: A₁ - reator UASB adaptado - efluente doméstico secundário (EDS), A₂ - decanto digestor, associado a um filtro anaeróbio - efluente doméstico

secundário (EDS), A₃ - filtro anaeróbio - efluente doméstico primário (EDP), A₄ - água de abastecimento (testemunha), em seguida os efluentes foram armazenados em reservatórios independentes, de onde foram bombeados via sistema de irrigação até a área cultivada.

Utilizou-se para a condução do experimento, a cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) com uma área plantada de 432 m², no espaçamento de 0,25 x 1,0 m. Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, cujo cabeçal de controle foi composto por motobomba centrífuga de eixo horizontal (Schneider) com potência de 0,5 cv, ligados por tubos de PVC rígido com 32 mm de diâmetro tanto na sucção como no recalque, também foram utilizados filtros de disco de 120 mesh, registros e válvulas reguladoras de pressão de 15 atm. Nas linhas de derivação foram utilizados tubos de polietileno de média densidade com 25 mm de diâmetro e para as linhas laterais utilizou-se tubos gotejador de polietileno da marca Amanco® de baixa densidade de 16 mm de diâmetro, com vazão nominal de 4,0 L h⁻¹ com emissores espaçados a 0,33 m.

O experimento foi instalado em delineamento experimental com blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 x 2. Os tratamentos consistiram da utilização de quatro tipos de águas, das quais, três foram obtidas por diferentes processos de tratamento do esgoto bruto (A₁ - reator UASB; A₂ - decanto digestor + filtro anaeróbio; A₃ - filtro anaeróbio) e A₄ - água potável (testemunha) e 2 lâminas de irrigação, sendo L₁ - igual à evapotranspiração da cultura (ETc), e L₂ - 1,2ETc, ou seja, foi aplicada uma fração de lixiviação de 0,2, objetivando estudar o efeito adicional de efluentes na uniformidade de distribuição do sistema de irrigação. As medições de vazão, foram realizadas aos 7, 18, 32, 58, 67 e 101 dias após a semeadura (DAS), selecionando ao longo da linha gotejadora 3 emissores localizados no início, meio e fim, em cada parcela, já que esta possuía apenas 6 m de comprimento. Foram determinados os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) (Mantovani, 2002); o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) (KELLER & KARMELI, 1975) e o Coeficiente de Uniformidade Estatística (CUE) (WILCOX & SWAILES, 1947), que foram calculados pelas Eqs.1, 2 e 3.

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right) \quad (1)$$

Em que:

CUC - expresso em porcentagem (%)

\bar{X}_i - vazão de cada gotejador, L h⁻¹

\bar{X} - vazão média dos gotejadores, L h⁻¹

N - número de gotejadores;

$$CUD = 100 \cdot \frac{\bar{X}_{25}}{\bar{X}} \quad (2)$$

Em que:

CUD - expresso em porcentagem (%)

\bar{X}_{25} - vazão média de 25% dos coletores com as menores precipitações, L h⁻¹

\bar{X} - vazão média das aplicada, L h⁻¹

$$CUE = 100 \cdot \left(1 - \frac{S}{\bar{X}} \right) \quad (3)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|^2}{n}} \quad (4)$$

Em que:

CUE - expresso em porcentagem (%)

Onde (S) é o desvio-padrão dos dados de precipitação, determinado pela Equação (4)

\bar{X}_i - vazão de cada gotejador, L h⁻¹

\bar{X} - vazão média das aplicadas, L h⁻¹

n - número de gotejadores;

Para determinação dos coeficientes utilizou-se dados dos 4 blocos totalizando 12 amostras por tratamento para cada época de avaliação. Com os dados de vazão realizou-se análise de variância ($p < 0,05$), considerando o tempo como parcelas subdivididas. Para os fatores significativos, realizou-se desdobramento para cada tipo de água em cada tempo aplicando o Teste de SkottKnott ($p < 0,05$), como também análise de regressão para os tipos de águas e as lâminas de irrigação em função do tempo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão ilustrados os valores de CUC (a, b), CUD (c, d) e CUE (e, f) obtidos ao longo do período de avaliação tanto para os tipos de água como para as lâminas de irrigação L₁ e L₂. Observou-se que os valores de CUC, CUD e CUE do sistema de irrigação foram classificados entre bom e excelente Mantovani (2002); Keller e Karmeli (1975) e Merriam e Keller (1978). Segundo Puig-Bargueset al., (2005), quanto maior o valor do CUC, menor a lâmina de irrigação necessária para alcançar produtividade máxima e, Bernardo et al., (2006), afirmam que o limite mínimo de CUC aceitável em sistema de irrigação por gotejamento é de 80%.

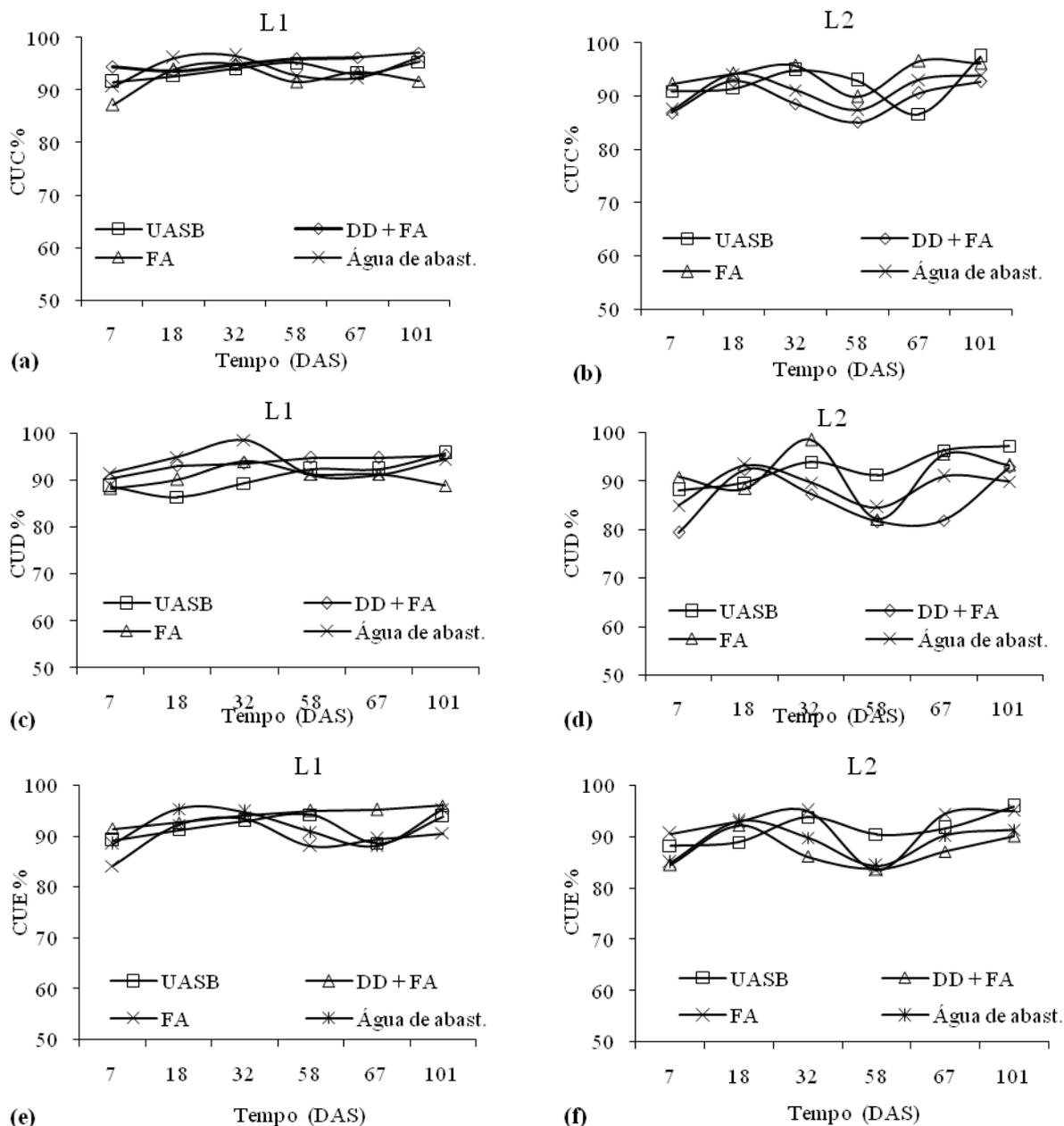


Figura 2. Valores do CUC (a, b), CUD (c, d), e CUE (e, f) obtidos ao longo do tempo (DAS), de sistema de irrigação por gotejamento abastecido com efluentes doméstico tratado por UASB, DD + FA, FA, e água de abastecimento, bem como para duas lâminas de irrigação $L_1 = \text{ETc}$, e $L_2 = 1,2\text{ETc}$. Ibimirim- PE, 2011.

A utilização de efluentes domésticos tratados por UASB, DD + FA, ou simplesmente por FA por um período de aproximadamente 101 dias, não comprometeu o desempenho do sistema de irrigação.

Os tratamentos com a lâmina 20% superior (L_2) apresentaram maior oscilação dos coeficientes avaliados, principalmente do CUD, esse desempenho pode ser atribuído em parte, ao maior tempo de operação deste tratamento, e conseqüentemente maior tendência de incrustações nas paredes internas do tubo gotejador. Contudo, na última avaliação aos 101 dias após a semeadura (DAS), os tratamentos com efluentes, mesmo utilizando L_2 ,

apresentaram CUD superior a 90%, confirmando a eficiência do sistema de tratamento de esgoto e sistema de filtragem para operação do sistema de irrigação. Quanto à vazão dos emissores, observou-se efeito significativo ($p < 0,01$) para a interação entre os fatores tipos de águas no tempo e lâminas de irrigação no tempo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para vazão de emissores em sistema de irrigação utilizando diferentes tipos de águas (A₁- UASB, A₂- DD + FA; A₃- FA e A₄ - água de abastecimento) e lâminas de irrigação ao longo do tempo (DAS). Ibimirim, 2011.

F. V.	G.L.	Vazão Quadrado médio
Bloco	3	2,371**
Águas	3	0,377 ^{n.s.}
Lâminas	1	0,313 ^{n.s.}
Águas x Lâminas	3	0,007 ^{n.s.}
Erro (A)	9	0,1607
Parcelas	19	
Tempo	5	4,712**
Água x Tempo	15	0,325**
Lâminas x Tempo	5	0,264**
Erro (B)	147	6,18
Total	191	
CV (A)		12,26
CV (B)		6,83
Média		3,27

* Significativo 5% de probabilidade; ** significativo 1% de probabilidade; ^{n.s.} não significativo

Através do desdobramento dos fatores tipos de águas e tempo, observou-se diferença significativa entre os tipos de águas, apenas no tempo 18 e 32 DAS, onde aos 18 DAS o tratamento A₁ apresentou menor vazão média 3,12 Lh⁻¹. Já aos 32 DAS a menor vazão 2,59 Lh⁻¹ foi observada no tratamento A₂, diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) pelo teste SkottKnott em relação aos demais tratamentos. A alternância na redução das vazões médias dos emissores, em função dos tratamentos, descarta a hipótese de que a redução de vazão ocorreu por consequência da redução no orifício do emissor, causada por entupimento.

Tabela 2. Aplicação do Teste de Skott_Knott para a variável vazão de gotejadores, no desdobramento dos tipos de água ao longo do tempo (DAS). Ibimirim-PE, 2011.

Tratamentos	7	18	32	58	67	101
	Vazão do gotejador (L h ⁻¹)					
A ₁ - UASB	3,96 aB	3,12 aA	3,18 bA	3,23 aA	3,13 aA	3,08 aA
A ₂ - RD + FA	4,05 aD	3,60 bC	2,59 aA	3,04 aB	2,81 aA	2,77 aA
A ₃ - FA	3,93 aC	3,39 bB	3,40 bB	2,95 aA	3,06 aA	2,99 aA
A ₄ - água potável	3,94 aD	3,65 bC	3,32 bB	3,22 aB	3,08 aA	2,91 aA

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade; letras minúsculas na coluna e letras maiúsculas na linha.

As diferenças de vazão observadas entre tratamentos nas avaliações realizadas aos 18 e 32 DAS possivelmente ocorreram em função de variações de alturas geométricas de sucção

causadas pela mudança de nível da água nos tanques de armazenamento. Assim, com a finalidade de reduzir tal interferência aos 35 DAS foram instaladas válvulas reguladoras de pressão na linha principal de todos os tratamentos, diminuindo com isso possíveis oscilações na altura manométrica do sistema, estabilizando dessa forma a vazão dos emissores entre os tipos de águas nas três avaliações seguintes.

No desdobramento do fator tempo dentro dos tipos de água (letras maiúsculas, na linha), observou-se uma tendência de redução da vazão dos emissores sendo estas de 22,22% (A₁), 24,96% (A₃) 26,14% (A₄) e 31,6% (A₂), ou seja, há uma tendência de redução da vazão dos emissores independente do tipo de água utilizado, seja efluente ou água potável. Rav-Acha et al. (1995) verificaram diminuição de 68% na vazão nominal de gotejadores abastecidos com esgotodoméstico tratado 60 horas após início de operação. Batista et al. (2010), trabalhando com efluentes tratados por rampa de escoamento cultivado com capim Tifton 85 seguido por lagoa de maturação, após 120 h de funcionamento do sistema de irrigação, observaram redução de apenas 4,56% na vazão dos emissores.

Constata-se, portanto, a importância das avaliações de distribuição de água nos sistemas de irrigação por gotejamento, como uma ferramenta fundamental, para se ajustar o tempo de acionamento do sistema de irrigação, para garantir a lâmina de irrigação planejada para a cultura, caso contrário pode ocorrer perdas de produtividade.

Foram ajustadas equações de regressão para os valores de vazão ao longo do tempo, tanto para os tipos de água, como também para as lâminas de irrigação, sendo o modelo quadrático o que melhor se ajustou aos dados. Por meio dos modelos, foi estimado o tempo que correspondeu à maior vazão dos gotejadores, e em seguida estimou-se esta vazão para cada tratamento, cujos valores encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Equações de regressão ajustadas para vazão (Q) em Lh⁻¹ em função do tempo (T) em DAS, com os respectivos coeficientes de determinação para tipos de água e lâminas de irrigação bem como, estimativa do tempo que ocorreu as maiores vazões, conforme o modelo.

Tipos de águas	Equação	R ²	T (DAS)	Q máx.
A ₁ - UASB	$Q = 3,810 - 0,021^{**}T + 0,0001^{**}T^2$	53,97	14	3,53
A ₂ - DD + FA	$Q = 4,148 - 0,039^{**}T + 0,0002^{**}T^2$	71,05	14	3,64
A ₃ - FA	$Q = 4,005 - 0,027^{**}T + 0,0002^{**}T^2$	90,49	12	3,72
A ₄ - água abast.	$Q = 4,028 - 0,021^{**}T + 0,0001^{**}T^2$	96,11	14	3,74
Lâminas de irrigação				
L ₁	$Q = 3,798 - 0,021^{**}T + 0,0001^{**}T^2$	84,78	14	3,51
L ₂	$Q = 4,198 - 0,033^{**}T + 0,0002^{**}T^2$	88,24	13	3,81

* Significativo 5% de probabilidade; ** significativo 1% de probabilidade; ^{n.s.} não significativo

Por meio dos modelos obtidos, observa-se para todos os tipos de águas e lâminas de irrigação que a vazão máxima dos emissores foi obtida nos primeiros 14 DAS, a partir deste período há uma tendência de redução da vazão justificada pelo acúmulo de impurezas e diminuição do espaço de passagem do fluxo de água. Este fato é agravado quando são utilizados efluentes que possuam altos teores de sólidos suspensos e bactérias formadoras de biofilme (Ribeiro et al., 2005; Cararo & Botrel, 2007).

Puig-Bargués et al. (2010) obtiveram o CUD em gotejadores sob funcionamento com águas residuárias terciárias urbanas diferentes épocas de avaliação, início, 540 e 1620 horas de operação e verificaram redução do CUD de 95,1% para 94,2 e 76,0%, respectivamente.

Baumgartner et al. (2007) trabalhando com efluentes de lagoa de estabilização de dejetos suínos diluídos na proporção 1:65 após 200 de funcionamento obtiveram CUC de 74,05%. Thebaldi et al., (2013) avaliando a uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial utilizando três tipos de água (água residuária tratada proveniente de abate de bovinos, fertirrigação convencional e água natural de um córrego) na cultura do tomate após um ciclo de 90 dias, observaram que houve maior redução dos valores de CUC, CUD e CUE na irrigação com água residuária e gotejamento enterrado e mesmo assim, após os coeficientes foram classificados entre bom e excelente para a maioria dos tratamentos, da mesma forma que no presente trabalho.

Ainda que o sistema de irrigação apresente uniformidade de distribuição de água entre bome excelente, as avaliações do sistema devem ser rotineiras, para que se efetuem medidas de ajuste no manejo da irrigação, e as plantas não sofram estresse hídrico, já que há uma tendência comum de redução da vazão dos emissores a partir dos 15 DAS quando se utiliza irrigação por gotejamento.

As maiores produtividades de aquênios foram observadas com os tratamentos A₂ (3.644,4 kg ha⁻¹) e A₃ (3.462,2 kg ha⁻¹), seguido em ordem decrescente por A₁ (2.769,2 kg ha⁻¹) e A₄ (1.677,5 kg ha⁻¹). Desta forma, observou-se um aumento médio 96,24% na produtividade de aquênios de girassol, em virtude da utilização do efluente doméstico. Observou-se também efeito significativo para o fator lâmina de irrigação L₁ (3.095,9 kg ha⁻¹) e L₂ (2.680,7 kg ha⁻¹). A justificativa para L₂ ter apresentado menor produtividade pode está relacionado ao aumento do potencial osmótico do solo decorrente da maior quantidade de sais aplicados com L₂.

5 CONCLUSÕES

A utilização de águas residuárias de origem doméstica não proporcionou redução na uniformidade de distribuição de água classificada entre boa e excelente durante o ciclo de cultivo de girassol com aproximadamente 100 dias.

Observou-se redução da vazão dos gotejadores ao longo do tempo, mas esta aconteceu de maneira uniforme em todos os tratamentos, dessa forma, recomenda-se a realização de avaliações de vazão como procedimento rotineiro no manejo da irrigação, de forma a ajustar o tempo de operação do sistema de irrigação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMGARTNER, D.; SAMPAIO, S. C.; SILVA, T. R.; TEO, C. R. P. A.; BOAS, M. A. V. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.152-163, 2007.

BATISTA, R. O.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C. Efeito do efluente de lagoa de maturação em gotejadores com e sem tratamento químico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9 (suplemento), p. 62-65, 2005.

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

- BATISTA, R.O.; SOARES, A.A.; MATOS, A.T.; MANTOVANI, E.C. Influência da aplicação de esgoto sanitário tratado no desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento montado em campo. **Acta Sci. Technol**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 213-217, 2006.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 62 p.
- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Recycling of poor quality urban wastewater by drip irrigation systems. **Journal of Cleaner Production**, London, v. 15, n. 16, p. 1529 - 1534, 2007.
- 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.
- CARARO, D. C.; BOTREL T. A.; HILLS, D. J.; LEVERENZ, H. L. Analysis of clogging in drip emitters during wastewater irrigation. **Applied Engineering in Agriculture**. St. Joseph, v.22, p.251 - 257, 2006.
- de BEER, D.; SRINIVASAN, R.; STEWART, P.S. Direct measurement of chlorine penetration in biofilms during disinfection. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.60, p.4339-4344, 1994.
- DENKHAUS E, MESEN S, TELGHEDER U, WINGEBDER J. Chemical and physical methods for characterization of biofilms. **MicrochimicaActa**, Hengyang, v.158, p.1-27, 2007.
- DOSORETZ C, TARCHITZKY J, KATZ I, KENIG E, CHEN Y. Development and effects of a fouling layer in distribution and irrigation systems applying treated wastewater effluents. In: Levy G, Fine P, Bar-Tal A (eds) Use of treated sewage water in agriculture: impacts on crops and soil environment. **BlackwellPublishing**, Oxford, p.328-350. 2011.
- FRIGO, E. P. et al. Desempenho do sistema de gotejamento e de filtros utilizando água residuária da suinocultura. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 305-318, 2006.
- KELLER, J., BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Avibook, 1990. 649 p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle Irrigation Desing**. Glendora: Rain Bird Sprinklers manufacturing CORP. 133p. 1975.
- MANTOVANI, E.C. AVALIA. **Manual do usuário**. Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa, 2002.
- MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 271 p. 1978.
- PUIG-BARGUÉS, J.; ARBAT, G.; BARRAGÁN, J.; RAMÍREZ DE CARTAGENA, F. Hydraulic performance of drip irrigation subunits using WWTP effluents. **AgriculturalWater Management**, Amsterdam, v. 77, n. 1-3, p.249-262, 2005.

- PUIG –BARGUÉS, J.; ARBAT, G.; ELBANA, M.; DURAN-ROS, M.; BARRAGÁN, J.; CARTAGENA, F. R.; LAMM, F. R. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, p. 883-891, 2010.
- RAV-ACHA C, KUMMEL M, SALAMON I.; ADIN A. The effect of chemical oxidants on effluent constituents for drip irrigation. **Water Research**, v.29, p.119 - 129, 1995.
- SILVA, L. P.; SILVA, M.M.; CORREA, M.M.; SOUZA, F.C.D.; SILVA, E.F.F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, p.480 - 486, 2012.
- TARCHITZKY, J.; RIMON, A.; KENIG, E.; DOSORETZ, C. G.; CHEN, Y. Biological and chemical fouling in drip irrigation systems utilizing treated wastewater. **Irrigation Science**, Berlin, v.31, p. 1277-1288, 2013.
- THEBALDI, M. S.; ROCHA, M. S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; AVELINO NETO, S. Diferentes tipos de água e seu efeito na uniformidade de gotejadores na cultura de tomate. **Irriga**, Botucatu, v.18, n. 2, p. 212-222, 2013
- VIEIRA, GUSTAVO H. S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, J. G. F.; RAMOS, M. M.; SILVA, C. M. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p 1-6, 2004.
- WILCOX, J.C.; SWAILES, G.E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, Ottawa, v.27, n.11, p.565-583, 1947.