

V. 8, n. 4, p. 89-96, out – dez , 2012.

UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Saúde e Tecnologia Rural – CSTR. Campus de Patos – PB. [www.cstr.ufcg.edu.br](http://www.cstr.ufcg.edu.br)

Revista ACSA:

<http://www.cstr.ufcg.edu.br/acsa/>

Revista ACSA – OJS:

<http://150.165.111.246/ojs-patos/index.php/ACSA>

Ketson Bruno da Silva<sup>1\*</sup>,  
Rafael Oliveira Batista<sup>2</sup>,  
Simone Keily Costa Silva<sup>3</sup>,  
Nildo da Silva Dias<sup>4</sup>,  
Monalisa Soares Costa<sup>5</sup>.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 10/11/2012. Aprovado em 12/12/2012.

<sup>1</sup> Mestre em Irrigação e Drenagem, Engenheiro Agrônomo; Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semiárido, Campus Mossoró, Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, 59625-900, Mossoró, RN, e-mail: ketsonbruno@hotmail.com\*

<sup>2</sup> Professor Adjunto I, Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semiárido, Campus Mossoró, Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, 59625-900, Mossoró, RN, e-mail: rafaelbatista@ufersa.edu.br

<sup>3</sup> Graduada em Engenharia Agrícola e Ambiental; Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semiárido, Campus Mossoró, Av. Francisco Mota, 572, Bairro Costa e Silva, 59625-900, Mossoró, RN, e-mail: simone\_ky@hotmail.com

<sup>4</sup> Professor Adjunto, Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Ufersa. BR 110 - Km 47. Costa e Silva. CEP 59625-900. Mossoró, RN, e-mail: nildo@ufersa.edu.br

<sup>5</sup> Graduando em Agronomia, Universidade Federal Rural do Semiárido, Campus Mossoró, RN. Mossoró, RN, bolsista de iniciação científica do CNPq, e-mail: monalisa\_sc@hotmail.com



AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO –

ISSN 1808-6845

Artigo Científico

## **EFEITO DE DISTINTAS PRESSÕES DE SERVIÇO NA DETERMINAÇÃO DA VAZÃO EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO OPERANDO COM EFLUENTE DO PROCESSAMENTO DA CASTANHA DE CAJU**

### **RESUMO**

O presente trabalho objetivou analisar o efeito de distintas pressões de serviço na determinação da vazão de efluente em sistemas de irrigação por gotejamento operando com água residuária gerada no processamento da castanha de caju. O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as pressões de serviço (70, 140, 210 e 280 kPa), nas subparcelas os modelos de gotejadores (G1, G2 e G3) e nas subsubparcelas os períodos das avaliações (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 horas), no delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A vazão das unidades de irrigação, bem como as características físico-química e microbiológica do efluente foram determinadas a cada 20 h até completar o tempo de operação de 160 h. Os resultados indicaram que a água residuária da castanha de caju representa risco de obstrução de gotejadores em relação às características pH, cálcio, magnésio, manganês, sólidos suspensos e coliformes totais; a formação de biofilme resultante da interação entre os agentes físico, químico e biológico propiciou entupimento parcial dos gotejadores e, conseqüentemente, redução na uniformidade de aplicação de efluente das unidades de irrigação; e as unidades de irrigação que funcionaram na pressão de serviço P1 (70 kPa) apresentaram maior nível de entupimento de gotejadores em relação as demais, em função da menor velocidade de escoamento de efluente no interior dos emissores.

**Palavras-Chaves:** água residuária; emissores; entupimento; volume.

## **EFFECT OF DIFFERENT SERVICE PRESSURES ON THE DETERMINATION OF THE FLOW IN DRIP IRRIGATION SYSTEMS**

## OPERATING WITH EFFLUENT FROM PROCESSING OF CASHEWS

### ABSTRACT

**SUMMARY:** This study aimed to analyze the effect of different operating pressures in determining the flow rate of effluent in drip irrigation systems operating with wastewater from the processing of cashew nuts. The experiment was a split split plot scheme, with the service pressures (70, 140, 210 and 280 kPa) on plots, the models emitters (G1, G2 and G3) on subplot and operation time (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 and 160 hours) on subsubplots, was utilized a completely randomized design with three replicates. The flow of the irrigation units, as well as physicochemical and microbiological characteristics of effluent were measured every 20 h until the operating time of 160 h. The results indicated the pH, calcium, magnesium, manganese, suspended solids and total coliforms of the that cashew nuts wastewater represent risk of drip clogging, the formation of biofilm resulting from the interaction between the agents physical, chemical and biological provided partial clogging of the emitter and reduction on application uniformity of the irrigation units, and units irrigation under service pressure P1 (70 kPa) had higher dip clogging over the other, due to the lower effluent flow velocity within the drippers.

**Key words:** wastewater; emitter; clogging; volume.

### INTRODUÇÃO

Os sistemas de irrigação localizada são recomendados 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 (SOUZA et al., 2011). No entanto, os sistemas de irrigação por gotejamento possuem emissores que apresentam alta suscetibilidade ao entupimento (BATISTA et al., 2007; DURAN-ROS et al., 2009; LIU; HUANG, 2009).

A formação biofilme nos gotejadores e nas linhas laterais de sistemas de irrigação por gotejamento é o principal problema quando da aplicação de águas residuárias (DAZHUANG et al., 2009; DURAN-ROS et al., 2009; LIU; HUANG, 2009).

O entupimento dos gotejadores acarreta redução tanto da vazão quanto da uniformidade de aplicação do sistema de irrigação por gotejamento, comprometendo assim a produção agrícola (SOUZA; CORDEIRO; COSTA, 2006).

Para a minimização do entupimento de gotejadores o aumento na pressão de serviço torna-se uma alternativa de

baixo custo, fácil operação e alta eficiência na prevenção da formação de biofilme (BATISTA, 2007).

O entupimento dos gotejadores pode acarretar mudanças nos valores da pressão de serviço em todo o sistema de irrigação por gotejamento. (Faria et al., 2002) observaram que a redução na vazão dos gotejadores proporcionou aumento considerável na pressão da tubulação de distribuição de água, particularmente na condição de 50% de entupimento; 80% do comprimento da malha hidráulica apresentou pressão superior à da classe de pressão da tubulação.

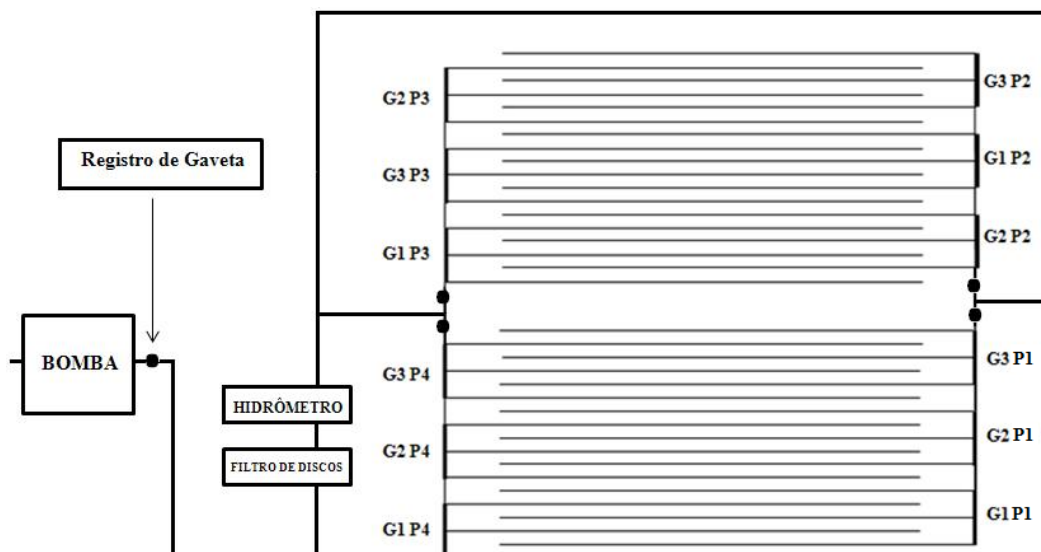
No trabalho conduzido por (Batista, 2007) com água residuária de suinocultura verificou-se que o aumento na pressão de serviço diminuiu o nível de entupimento nas unidades de irrigação por gotejamento dotadas do gotejador não autocompensante com vazão nominal de 2,0 L h<sup>-1</sup>, em função do aumento na velocidade do escoamento de efluente no interior do emissor com comprimento de labirinto de 327 mm. Os referidos autores notaram também que os sistemas de irrigação por gotejamento operando nas pressões de serviço 75 e 145 kPa apresentaram maiores níveis de entupimento em relação àquelas com as pressões de serviço 145 e 285 kPa.

Diante o exposto, o presente trabalho objetivou analisar o efeito de distintas pressões de serviço na determinação da vazão de efluente em sistemas de irrigação por gotejamento operando com água residuária gerada no processamento da castanha de caju.

### MATERIAL E MÉTODOS:

O presente trabalho foi realizado na Unidade Experimental de Reuso de Água (UFERA) instalada no Parque Zoológico da Universidade Federal Rural do Semi - Árido (UFERSA) em Mossoró-RN, sob coordenadas geográficas 5°12'27" de latitude sul e 37°19'21" de longitude oeste.

Para os ensaios foi montada uma bancada experimental em alvenaria na UFERSA com 2,0 m de largura por 8,0 m de comprimento, dotada de piso impermeabilizado com declividade de 1% e possuindo uma canaleta com declividade de 2% para recirculação do efluente visando à minimização das perdas por evaporação. A jusante desta bancada foi construído um reservatório em alvenaria com capacidade armazenadora para 5,0 m<sup>3</sup>. No interior da bancada experimental foram montadas quatro unidades de irrigação por gotejamento compostas de: um conjunto motobomba de 1,0 cv, um hidrômetro com capacidade para 1,5 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, um filtro de tela com aberturas de 130  $\mu$ m, linha de derivação em PVC de 32 mm e linhas laterais de polietileno com diâmetro nominal de 16 mm dotadas de três modelos de gotejadores, conforme apresentado na Figura 1.



**Figura 1.** Esquema da bancada experimental constituindo as quatro unidades de irrigação por gotejamento operando nas pressões 280 (P4), 210 (P3), 140 (P2) e 70 (P1) kPa, e com os gotejadores G3, G2 e G1.

No início de cada linha de derivação foram instalados registros de gaveta para controle da pressão de serviço nas unidades de irrigação por gotejamento (70, 140, 210 e 280 kPa). Na linha de derivação de cada unidade de fertirrigação foram inseridos nove conectores. Para cada modelo de gotejador foram instaladas três linhas laterais

com 8 m de comprimento. Os três tipos de gotejadores avaliados, de acordo com os fabricantes, foram selecionados com base na sua menor suscetibilidade ao entupimento e por serem muito comercializados no mercado nacional (Tabela 1).

**Tabela 1.** Características dos gotejadores (G) utilizados nos ensaios: vazão nominal (Q), dispositivo de autocompensação (DA), área de filtração (A), comprimento do labirinto (L), faixa de pressão recomendada (P) e espaçamento entre emissores (EE).

G	DA	Q (L h <sup>-1</sup> )	A (mm <sup>2</sup> )	L (mm)	P (kPa)	EE (m)
G1	Não	1,65	5,0	58	55	0,3
G2	Sim	2,0	2,0	35	70 - 400	1,0
G3	Sim	4,0	2,0	35	70 - 400	1,0

O experimento foi realizado no período de 11 de março a 20 de abril de 2012. As unidades de irrigação por gotejamento funcionaram, em média, quatro horas por dia até completar 160 h. Nesse período, as vazões dos gotejadores, a uniformidade de aplicação de efluente, o volume de efluente aplicado diariamente e as características física, química e biológica do efluente foram determinadas. A pressão de serviço foi medida diariamente com um manômetro de glicerina graduado de 0 a 4 atm. A vazão foi medida em sete gotejadores de todas as linhas laterais das unidades de irrigação por gotejamento, coletando-se o volume aplicado durante três minutos. Foi realizada a avaliação a cada 20 h durante o período de aplicação do efluente de 160 h.

As características física, química e biológica da água residuária da castanha de caju foram determinadas a cada 20 h de funcionamento das unidades de irrigação por gotejamento, em conformidade com as recomendações do *Standard Methods* (APHA, 2005). No Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta (LASAP) do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da UFERSA foram medidos os valores do potencial

hidrogeniônico (pH), com peagâmetro de bancada; as concentrações de ferro total (Fe) e manganês total (Mn) por espectrofotometria de absorção atômica; as concentrações de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) pelo método titulométrico. As concentrações dos sólidos suspensos (SS) e dos sólidos totais (ST) foram determinadas pelo método gravimétrico, enquanto as concentrações dos sólidos dissolvidos (SD) foram obtidas pela diferença de ST e SS. Os níveis populacionais de coliformes totais (CT) foram determinados no Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal do Departamento de Ciências Animais da UFERSA, empregando o método de tubos múltiplos.

A água residuária resultante do processamento da castanha de caju utilizada no presente trabalho foi proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da empresa AFICEL, em Mossoró-RN. O efluente líquido industrial é originado no processo de umidificação da castanha in-natura, lavagem da castanha in-natura e lavagem de piso.

O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as pressões de serviço

(70, 140, 210 e 280 kPa), nas subparcelas os modelos de gotejadores (G1, G2 e G3) e nas subsubparcelas os períodos das avaliações (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 e 160 horas), no delineamento inteiramente casualizado com três repetições, conforme a metodologia proposta por (Batista, 2007).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) empregando-se o teste F a 5% de probabilidade. As médias foram comparadas utilizando-se o teste Tukey à 5% de probabilidade. O programa computacional usado nas análises estatísticas foi o SAEG 9.1 (RIBEIRO JÚNIOR; MELO, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estão representados na Tabela 2 os volumes de água residuária da castanha de caju aplicados pelas quatro unidades de irrigação. Semanalmente foram necessários reabastecimentos de 1,0 m<sup>3</sup> no reservatório presente na bancada.

No período de 11/03/2012 à 20/04/2012, o volume de efluente aplicado pelas unidades de irrigação foi de 17,0 m<sup>3</sup>, no período de operação de 160 horas.

**Tabela 2.** Volume de água residuária da castanha de caju aplicado pelas quatro unidades de irrigação por gotejamento.

Data	Período de operação (h)	Leitura do hidrômetro	Volume aplicado (L)
11/03/2012	0	0714,020	0
16/03/2012	20	2840,825	2127
21/03/2012	40	4967,630	2127
26/03/2012	60	7094,435	2127
31/03/2012	80	9221,240	2127
05/04/2012	100	11348,050	2127
10/04/2012	120	13474,85	2127
15/04/2012	140	15601,66	2127
20/04/2012	160	17728,46	2127

Na Tabela 3 estão apresentadas as médias e os desvios-padrão das características físico-química e microbiológicas da água residuária do processamento da castanha de caju.

**Tabela 3.** Valor médio e desvio-padrão das características físico-química e microbiológica da água residuária do processamento da castanha de caju

pH	Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Mn (mg L <sup>-1</sup> )	Fe (mg L <sup>-1</sup> )	SS (mg L <sup>-1</sup> )	SD (mg L <sup>-1</sup> )	CT (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )
7,61±0,55	11,89±2,32	4,32±1,59	0,30±0,04	0,48±0,06	290±101	2344±110	152±210

Nota: pH = potencial hidrogeniônico; Ca<sup>2+</sup> = cálcio, mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup> = magnésio, mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>; Mn = manganês total, mg L<sup>-1</sup>; Fe = ferro total, mg L<sup>-1</sup>; SS = sólidos suspensos, mg L<sup>-1</sup>; SD = sólidos dissolvidos, mg L<sup>-1</sup>; CT = coliformes totais, NMP 100 mL<sup>-1</sup>; sendo NMP = número mais provável.

Verificou-se, nessa tabela, que as características pH, sólidos suspensos (SS) e sólidos dissolvidos (SD) representam risco severo de obstrução de gotejadores, segundo as diretrizes apresentadas por Nakayama et al. (2006). No trabalho apresentado por Batista et al. (2011) o risco de obstrução de gotejadores foi classificado como severo para as características pH e SS quando da aplicação de esgoto doméstico terciária, enquanto o risco de obstrução de gotejadores foi classificado como baixo na característica SD. Enquanto, em outros trabalhos Cunha et al. (2006) e Batista et al. (2007) trabalharam com água residuária da despolpa dos frutos do café e constataram riscos de obstrução de gotejadores classificados como baixo, moderado e severo nas características pH, SS e SD.

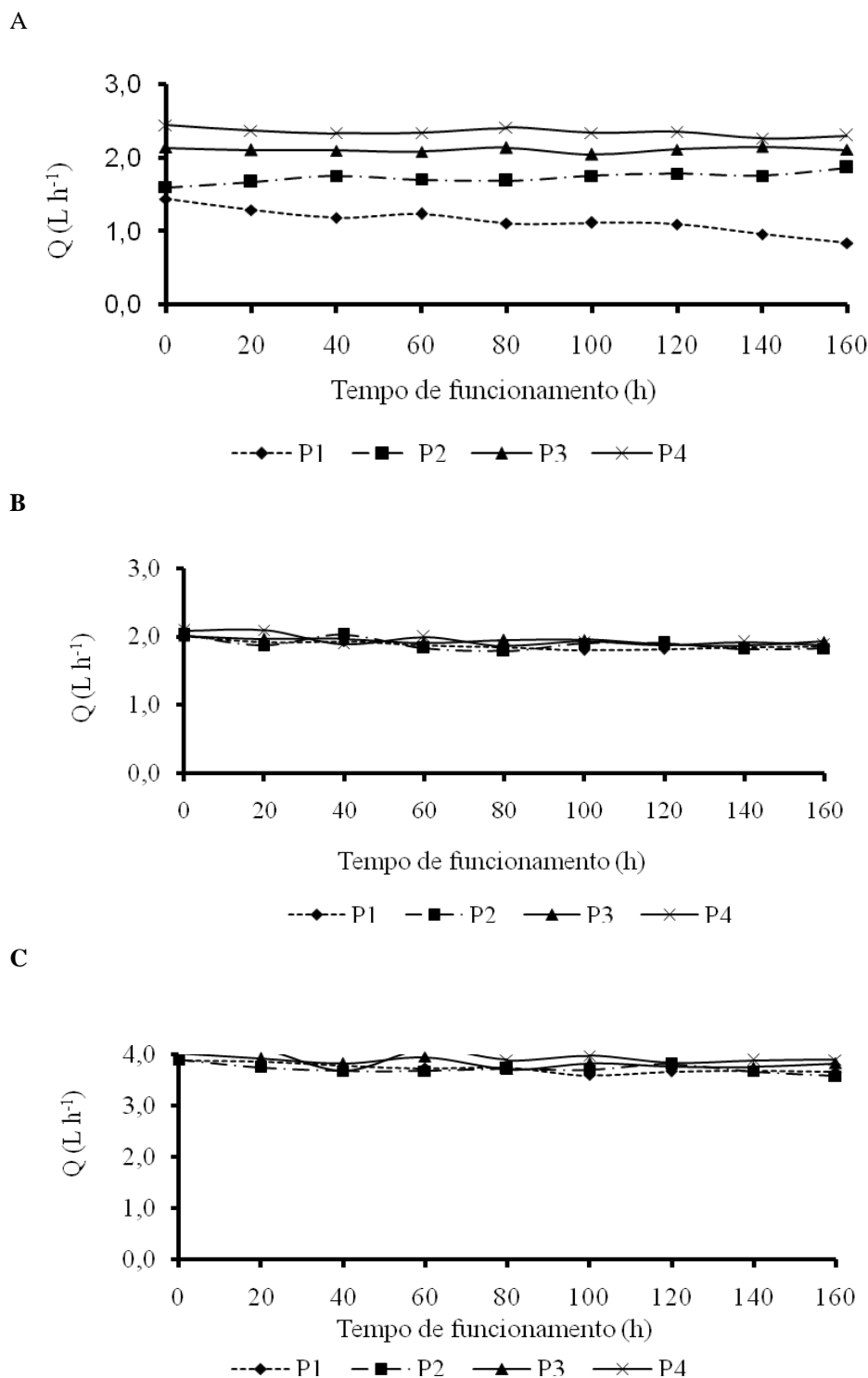
As características manganês total (Mn) e ferro total (Fe) apresentam risco de obstrução de gotejadores classificado como moderado como estabelecido por Nakayama et al. (2006). O teor médio de Fe foi inferior ao

valor de 1,7 mg L<sup>-1</sup> obtido por Batista et al. (2011) em trabalho com esgoto doméstico terciário, que representou também risco moderado de obstrução de gotejadores. No trabalho apresentado por Batista et al. (2011), não foi constatada a presença de Mn, no esgoto doméstico terciário, sendo o risco de obstrução de gotejadores classificado como baixo.

Segundo Capra e Scicolone (1998), as concentrações de Cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) apresentam risco de obstrução de gotejadores baixo e moderado, respectivamente. No trabalho realizado por Liu e Huang (2009) com esgoto doméstico tratado em sistema de lodo ativado, o risco de obstrução de gotejadores proporcionado por Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, também, foram classificados com baixo e moderado. Enquanto, no trabalho desenvolvido por Batista et al. (2011) com esgoto doméstico terciário tanto Ca<sup>2+</sup> quanto Mg<sup>2+</sup> apresentaram baixo risco de obstrução de gotejadores.

O nível populacional de coliformes totais (CT) representa baixo risco de obstrução de gotejadores, conforme proposto por Nakayama et al. (2006). Tal resultado foi semelhante ao apresentado por Liu e Huang (2009), onde o risco de obstrução de CT também foi classificado como baixo.

Na Figura 2 estão apresentados os valores médios da vazão (Q) nas unidades de irrigação com gotejadores G1, G2 e G3 operando com água residuária da castanha de caju sob distintas pressões de serviço.



**Figura 2.** Valores médios da vazão (Q), ao longo do período de operação, nas unidades de irrigação com gotejador G1 (A), G2 (B) e G3 (C) submetidas às pressões de serviço P1 (70 kPa), P2 (140 kPa), P3 (210 kPa) e P4 (280 kPa).

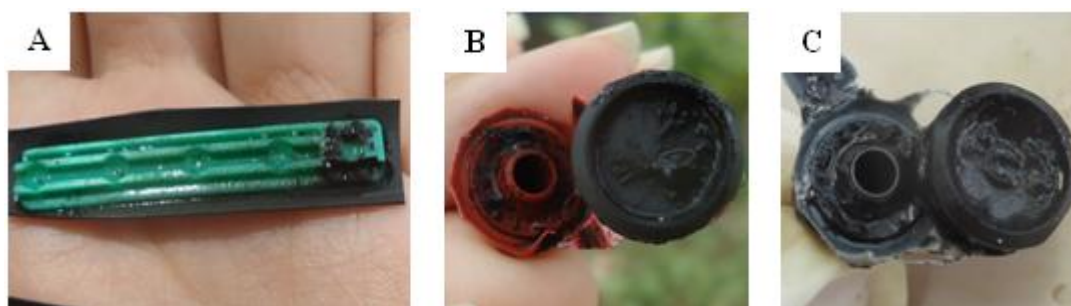
As unidades de irrigação com gotejador G1, submetidas às pressões de serviço P1, P2, P3 e P4, nos tempos de funcionamento inicial e 160h, apresentaram valores do Q de 1,44 e 0,84 L h<sup>-1</sup>; 1,60 e 1,86 L h<sup>-1</sup>; 2,13 e 2,10 L h<sup>-1</sup>; e 2,44 e 2,29 L h<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 2A). Neste caso, houve redução de 42%; 1%; e 6% nas pressões de serviço P1, P3 e P4 respectivamente.

Já as unidades de irrigação com gotejador G2, submetidas às pressões de serviço P1, P2, P3 e P4, nos tempos de funcionamento inicial e 160h, apresentaram valores do Q de 2,01 e 1,86 L h<sup>-1</sup>; 2,03 e 1,82 L h<sup>-1</sup>; 2,01 e 1,93 L h<sup>-1</sup>; e 2,09 e 1,87 L h<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 2B). Neste caso, houve redução de 8%; 10%; 4 % e 10% nas unidades de irrigação submetidas às pressões de serviço P1, P2, P3 e P4, respectivamente.

Nos tempos de funcionamento inicial e 160h, as unidades de irrigação com gotejador G3, submetidas às pressões de serviço P1, P2, P3 e P4 apresentaram valores do Q de 3,88 e 3,65 L h<sup>-1</sup>; 3,89 e 3,57 L h<sup>-1</sup>; 4,01 e 3,82 L h<sup>-1</sup>; e 4,10 e 3,90 L h<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 12D). Neste caso, houve redução de 6 %; 8%; 5 % e 5% nas pressões de serviço P1, P2, P3 e P4, respectivamente.

A maior suscetibilidade ao entupimento do gotejador G1, em relação os gotejadores G2 e G3 na pressão de serviço P1 (70 kPa), está associada ao maior comprimento de labirinto e menor vazão; nessas condições a velocidade do escoamento de efluente no interior do emissor é menor favorecendo tanto a deposição de partículas quanto a adesão de bactérias formadoras de biofilme. Tais resultados corroboram com os apresentado por Dehghanisani et al. (2005), Dazhuang et al. (2009), Duran-Ros et al. (2009), Liu e Huang (2009) e Batista et al. (2011).

Constatou-se no equipamento de aplicação o desenvolvimento de biofilme complexo nos três modelos de gotejadores, resultante da interação entre agentes físico (PH, sólidos suspensos), químico (sólidos dissolvidos, cálcio, magnésio e manganês) e biológico (bactérias). Os biofilmes ficaram acumulados em toda a parte interna da tubulação do sistema de irrigação, no entanto suas ocorrências mais visíveis foram percebidas nos labirintos dos três modelos de gotejadores, conforme apresentado na Figura 3, onde estão apresentadas ilustrações dos gotejadores com a presença de biofilme.



**Figura 3.** Gotejador G1 com a presença de biofilme (A); gotejador G2 com a presença de biofilme (B); gotejador G3 com a presença de biofilme (C).

A formação desse biofilme deveu-se, em parte, à não-realização de abertura de finais de linhas laterais para limpeza, tendo a ausência dessa prática o propósito de potencializar os efeitos do entupimento e, conseqüentemente, apontar o gotejador menos suscetível ao entupimento. Processo semelhante foi observado no trabalho conduzido por Batista (2007) e por Dazhuang et al. (2009).

Na Tabela 3, encontra-se o resumo da análise de variância (ANOVA) da vazão (Q) das unidades de irrigação com gotejadores G1, G2 e G3 sob distintas pressões de serviço no esquema de parcelas subdivididas. Verificou-se que a interação P x G x T foi significativa a 1% de probabilidade pelo teste F. Em vista do resultado ANOVA, procedeu-se ao desdobramento da interação P x G x T.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância obtidas da variável Q, no esquema de parcelas subdivididas.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrado médio
		Q
Pressão de serviço (P)	3	3,83**
Resíduo (a)	6	0,0041
Tipo de gotejador (G)	2	134,84**
P x G	6	1,99**
Resíduo (b)	16	0,0024

Tempo de funcionamento (T)	8	0,12**
P x T	24	0,025**
G x T	16	0,014**
P x G x T	48	0,018**
Resíduo (c)	194	0,0026
CV (%) parcela		2,54
CV (%) subparcela		1,93
CV (%) subsubparcela		2,04

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

## CONCLUSÕES

1. A água residuária gerada no processamento da castanha de caju representa risco de obstrução de gotejadores em relação às características pH, cálcio, magnésio, manganês, sólidos suspensos, sólidos totais e coliformes totais.

2. A formação de biofilme resultante da interação entre os agentes físico, químico e biológico propiciou entupimento parcial dos gotejadores e, conseqüentemente, redução na uniformidade de aplicação de efluente nas unidades de irrigação.

3. As unidades de irrigação que funcionaram na pressão de serviço P1 (70 kPa) apresentaram maior nível de entupimento de gotejadores em relação àquelas com as pressões de serviço P2 (140 kPa), P3 (210kPa) e P4 (280 kPa).

4. O gotejador G1 é mais suscetível ao entupimento do que os gotejadores G2 e G3, devido ao maior comprimento de labirinto. Tal gotejador é mais indicado sob a pressão de serviço P2 (140 kPa) quando da aplicação da água residuária gerada no processamento da castanha de caju.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washigton: APHA/AWWA/WEF, 2005. 1268p.

BATISTA, R. O.; COSTA, F. G. B.; LOPES, H. S. S.; COELHO, D. C. L.; COSTA PAIVA, M. R. F. Efeito das características do esgoto doméstico na uniformidade de aplicação de sistemas de irrigação por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, p. 137-144, 2011.

BATISTA, R. O. **Desempenhos de sistemas de irrigação por gotejamento utilizado na aplicação de água residuária de suinocultura**. Viçosa: DEA/UFV, 2007. 146f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BATISTA, R. O.; MATOS, A. T.; CUNHA, F. F.; Lo MONACO, P. A. Formação de biofilme em gotejadores aplicando água residuária da despolpa dos frutos do

cafeeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.29, n.3, p.367-371, 2007.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v.70, n.4, p. 355-365, 1998.

CUNHA, F.F.; MATOS, A.T.; BATISTA, R. O.; Lo MONACO, P.A. Uniformidade de distribuição em sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.28, n.1, p.143-147, 2006.

DAZHUANG, Y.; ZHIHUI, B.; ROWAN, M.; LIKUN, G.; SHUMEL, R.; PEILING, Y. Biofilm structure and its influence on clogging in drip irrigation emitters distributing reclaimed wastewater. **Journal of Environmental Sciences**, Beijing, v.21, n.6, p.834-841, 2009.

DEHGHANISANI, 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.

DURAN-ROS, M.; PUIG-BARGUE'S, J.; ARBAT, G.; BARRAGA N, J.; RAMÍREZ DE CARTAGENA, F. Effect of filter, emitter and location on clogging when using effluents. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.96, n.1, p.67-79, 2009.

FARIA, L. F.; COELHO, R. D.; FLECHA, P. A. N.; ROBLES, W. G. R.; VÁSQUEZ, M. A. N. Entupimento de gotejadores e seu efeito na pressão da rede hidráulica de um sistema de microirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.195-198, 2002.

LIU, H.; HUANG, G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.96, n.5, p. 745-756, 2009.

NAKAYAMA, F. S.; BOMAN, B. J.; PITTS, D. Maintenance. In: LAMM, F. R.; AYARS, J. E.; NAKAYAMA, F. S. (Eds.). **Microirrigation for crop production**: Design, Operation, and Management. Amsterdam: Elsevier, 2006, cap.11, p.389 - 430.

RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; MELO, A. L. P. **Guia prático para utilização do SAEG**. Viçosa-MG: UFV, 2008. 288p.

SOUZA, J. A. A.; BATISTA, R. O.; RAMOS, M. M.; SOARES, A. A. Contaminação microbiológica do perfil do solo com esgoto sanitário. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, p.5-8, 2011.

SOUZA, J. A. A.; CORDEIRO, E. A.; COSTA, E. L. Aplicação de hipoclorito de sódio para recuperação de gotejadores entupidos em irrigação com água ferruginosa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.5-9, 2006.