



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.4, n.1, p.43–55, 2010  
 ISSN 1982-7679 (On-line)  
 Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>  
 Protocolo 025.09 – 09/09/2009 Aprovado em 09/03/2010

## AVALIAÇÃO DE TRATAMENTOS UTILIZADOS PARA DESOBSTRUÇÃO DE TUBOS GOTEJADORES

MARCONI BATISTA TEIXEIRA<sup>1</sup>, RUBENS DUARTE COELHO<sup>2</sup>, PEDRO RODRIGUES ALVES  
 SILVEIRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prof. Dr. IFGoiano Campus Rio Verde, GO, CP: 66, CEP: 75.901-970, Rio Verde, GO. Fone (64)81439805. e-mail: marconibt@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Livre Docente DER/ESALQ/USP, Área: Irrigação e Drenagem, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba – SP. Fone (19)34478551. e-mail: rdcoelho@esalq.usp.br

<sup>3</sup> Graduando DER/ESALQ/USP, Área: Irrigação e Drenagem, Av. Pádua Dias, 11, Piracicaba – SP. Fone (19)34478551. e-mail: prasilve@esalq.usp.br

**RESUMO:** Teve-se por objetivo, neste trabalho, verificar a recuperação de tubos gotejadores que apresentavam, em campo, distúrbios de vazão causados por problemas físicos, químicos ou biológicos. Foram selecionados quatro sistemas de irrigação (A, B, C e D), instalados em propriedades nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, com problemas de entupimento. Em campo avaliou-se a uniformidade de distribuição de água de cada um dos sistemas e retirou-se uma amostra de 33 m da última linha lateral avaliada em campo para realização de ensaios em laboratório. O experimento foi conduzido em uma bancada de ensaios instalada no Laboratório de Irrigação do DER – ESALQ – USP. Foram calculados: vazão média ( $q_m$ ), coeficiente de variação de vazão (CV) e uniformidade de distribuição de água (UD). O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, constando de dois tratamentos para recuperação de vazão dos tubos gotejadores (50 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre; e 100 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre), utilizando-se os testes F para análise de variância, e Tukey, para comparação de médias dos tratamentos. O pré-tratamento com pressão a 150 kPa e abertura de final de linha lateral permitiu a redução do coeficiente de variação de vazão para a faixa excelente (CV < 5%) para o modelo de gotejador utilizado no sistema de irrigação “A”. Não ocorreu recuperação significativa de vazão para nenhum modelo de gotejador após o uso de tratamento químico da água.

**Palavras-chave:** partículas sólidas, cloração, uniformidade.

## EVALUATION OF CHEMICAL TREATMENTS TO IMPROVE THE FLOW RATE OF CLOGGED EMITTERS

**ABSTRACT:** The research aimed to recover clogged emitters, in the field, due to physical, chemical or biological origin. Four irrigation systems (A, B, C and D) with clogging problems in the States of São Paulo and Minas Gerais were selected. The systems were evaluated *in loco*, and 33 m of tape were picked out to run laboratory tests. The experiments were performed at the University of São Paulo's Irrigation Laboratory test bench. Mean flow ( $q_m$ ), flow variation coefficient (CV) and water uniformity of distribution (UD) were computed. The statistical analysis was a completely randomized design consisting of two treatments to recover the emitters flow rate (50 mg L<sup>-1</sup> free chlorine and 100 mg L<sup>-1</sup> free chlorine); it was used F test for variance analysis, and Tukey test at 5% probability to compare treatment means. The pre-wash treatment with 150 kPa water pressure and opening the end of lateral line was effective to restore the coefficient of flow rate variation for the band excellent (CV < 5%) to the emitter used in the drip system "A". There was no significant recovery of flow rate for any type of emitter after the use of chemical treatment of water.

**Keywords:** solid particles, chlorination, uniformity.

## INTRODUÇÃO

Um sistema bem projetado permite que a uniformidade de aplicação de água atinja valores acima de 80%; no entanto, o uso do equipamento provoca uma diminuição na uniformidade de emissão (UE) e um aumento no coeficiente de variação de fabricação (CV<sub>f</sub>), que de acordo com Souza et al. (2006) está relacionado ao processo de obstrução, cujo principal responsável é a qualidade da água usada na irrigação.

Os problemas podem ser minimizados valendo-se de projeto bem dimensionado, instalação apropriada, e práticas operacionais eficientes. Tais problemas freqüentemente desencorajam novos irrigantes, causando o abandono da tecnologia, pois a solução do problema nem sempre está disponível ou é economicamente viável, resultando em aumento do custo operacional (COELHO, 2007).

Não há um método quantitativo simples e único para calcular o potencial de entupimento de um determinado sistema de irrigação por gotejamento. Porém, analisando a água para alguns componentes específicos, podem-se antecipar possíveis problemas e formular medidas de controle (NAKAYAMA & BUCKS, 1991).

A avaliação da qualidade da água é especialmente aconselhável antes da instalação de um novo sistema de irrigação por gotejamento. A maioria dos testes pode ser realizada em laboratório. Porém, algumas análises devem ser feitas "*in loco*", pois podem ocorrer mudanças de substâncias químicas e mudanças biológicas depois que a água da fonte é introduzida no sistema de irrigação (COELHO, 2007).

A qualidade da água também pode mudar ao longo do ano de forma que amostras de água deveriam ser analisadas em diferentes períodos da irrigação (COELHO, 2007).

A obstrução dos emissores está diretamente relacionada à qualidade da água de irrigação. Portanto, os sólidos em suspensão, a composição química e a atividade microbiológica ditam o tipo de tratamento de água necessário para prevenção das obstruções (DURAN-ROS et al., 2009; LIU e HUANG, 2009; RIBEIRO, 2008; SOUZA et al., 2006).

A aplicação de cloro é o método mais comum para controlar populações microbiológicas (DAZHUANG et al., 2009). COELHO e TEIXEIRA (2009) salientam, entretanto, que cuidados na manipulação do produto devem ser tomados. A eficiência do tratamento está diretamente relacionada ao pH da água, devendo-se ressaltar que, para altos valores de pH, maiores quantidades de cloro serão

requeridas. Em alguns casos, os autores recomendam a injeção contínua de cloro na água dos sistemas de irrigação localizada, mesmo que eficiente, pode não ser economicamente justificável.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a ocorrência de entupimento de tubos gotejadores em campo e as formas de recuperação de vazão em condição de laboratório.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados quatro sistemas de irrigação (A, B, C e D) com problemas de entupimento instalados em propriedades nos Estados de São Paulo e Minas Gerais, conforme contato prévio com fabricantes, associações de produtores e consultores técnicos da área de irrigação. Em cada sistema de irrigação foi selecionado o setor que apresentava maiores distúrbios de vazão, conforme informações fornecidas pelo irrigante.

As avaliações da uniformidade de distribuição de água foram realizadas seguindo-se a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975), modificada por Deniculi et al. (1980). Avaliaram-se quatro linhas laterais, ou seja, a primeira linha, as localizadas a 1/3, a 2/3 do início do setor avaliado e a última. Em cada linha foram avaliados oito gotejadores, isto é, o primeiro, os localizados a 1/7, 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 do início da linha lateral e o último, totalizando 32 gotejadores avaliados por setor.

Ao final das coletas (com duração de 5 min cada), os volumes foram medidos em uma proveta graduada, anotados em planilhas e calculada a vazão ( $L h^{-1}$ ). Com esses valores foi calculado o coeficiente de

uniformidade de Christiansen (CUC) (BERNARDO, 2006) conforme a equação 1.

$$CUC = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_m|}{n q_m} \right] \quad (1)$$

em que:

CUC – coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

$q_i$  - vazão de cada gotejador, em  $L h^{-1}$ ;

$q_m$  - vazão média dos gotejadores, em  $L h^{-1}$ ;

n – número de observações.

Posteriormente, em cada sistema retirou-se uma amostra de 33 m da última linha lateral avaliada em campo para realização de ensaios em laboratório. As amostras de mangueira foram mantidas úmidas (acondicionadas em sacos plásticos) para evitar ressecamento das mesmas e transportadas cuidadosamente para não ocorrer perda de material constituinte do entupimento. Os ensaios de laboratório foram realizados em média após 48 h da retirada do material do campo.

Utilizou-se uma bancada de ensaios (Figura 1) em estrutura metálica com 11,0 m de comprimento por 4,0 m de largura e 5,80 m de altura, instalada no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba-SP.

## Avaliação de Tratamentos Utilizados para Desobstrução de Tubos Gotejadores



**Figura 1** – Imagem da bancada de ensaios.

Na bancada de ensaios, as linhas laterais (gotejadores) foram sustentadas em cada nível por um dispositivo que possui uma angulação ( $10^\circ$ ) que permite o desalinhamento das linhas, impedindo assim o contato da água emitida pelo primeiro nível com os demais e assim

sucessivamente, sendo que o espaçamento utilizado entre as linhas laterais na vertical foi de 0,15 m e de 0,095 m na horizontal. Na Tabela 1 são mostradas as características dos tubos gotejadores ensaiados.

**Tabela 1** – Características técnicas dos tubos gotejadores ensaiados: fluxos, vazões, diâmetro nominal ( $\varnothing$  N), pressão de serviço e distância entre gotejadores utilizados na pesquisa

Fluxo	Vazão $L h^{-1}$	$\varnothing$ N mm	Pressão de serviço kPa	Distância entre gotejadores m
AC	3,5	17	50 – 400	0,80
AC	2,3	16	50 – 400	0,80
AC	1,6	17	50 – 400	0,50

Como os emissores ensaiados são produtos comerciais, os dados e análises aqui apresentados foram codificados para evitar qualquer tipo de especulação comercial dos resultados apresentados, uma vez que os ensaios conduzidos não são normatizados. Os números utilizados na codificação dos sistemas de irrigação por gotejamento, não têm nenhuma relação com os nomes comerciais dos produtos e nem com a seqüência de emissores apresentada na Tabela 1, podendo inclusive, mais de um sistema de irrigação por gotejamento avaliado em campo ser referente a um mesmo modelo de emissor.

Foram coletadas amostras de água para cada sistema avaliado de forma a observar a qualidade da água de irrigação utilizada. A água utilizada nos ensaios de laboratório, após passar através dos gotejadores, foi recolhida por uma telha e conduzida a uma calha que a reconduzia ao tanque de captação, constituindo, assim, um sistema de recirculação de água.

Utilizou-se um conjunto moto-bomba centrífugo, modelo KSB Megabloc 32-160.1R. Instalou-se na entrada de cada nível do térreo da bancada uma tomada de pressão, permitindo o ajuste da pressão a cada medição de vazão, se necessário,

ajustando-se àquela pressão preestabelecida. Para a medição da pressão de serviço utilizou-se um manômetro analógico com faixa de leitura de 0 – 700 kPa.

Após a inserção das linhas laterais na bancada de ensaios foi feita uma aplicação de água durante cinco horas utilizando-se pressão de 150 kPa com o final de linha aberto para a retirada de impurezas (pré-tratamento). Posteriormente fez-se a leitura de vazão de 16 gotejadores selecionados aleatoriamente ao longo das linhas laterais representativas de cada sistema.

A aplicação dos tratamentos químicos para recuperação de vazão dos gotejadores foi preparada em um reservatório de 500 L, sendo medida a temperatura e o pH da solução para o monitoramento adequado do ensaio. Para a manutenção do pH na faixa de 5,5 a 6,0 utilizou-se ácido fosfórico 85% P.A.

Os cálculos estequiométricos foram realizados para a determinação da dosagem de cloro livre a ser utilizada, sendo que para efeito de monitoramento, nas amostras de água coletadas no final das linhas laterais foi determinado o teor de cloro livre, utilizando-se kits de medição usados no tratamento de piscinas, com a necessária diluição para atingir a faixa de leitura do kit, a qual é de 1 a 5 mg L<sup>-1</sup>. Para o cálculo da dosagem de ácido fosfórico 85% P.A. utilizada para manter o pH na faixa de 5,5 a 6,0, foi feita uma curva de titulação.

As leituras de vazão foram feitas após cinco horas da aplicação de cada tratamento em cada uma das linhas laterais trazidas do campo, conforme a seguinte sequência: aplicação de solução com 50 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre (Leituras de 1 a 3); e aplicação de solução com 100 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre (Leituras de 4 a 6).

O procedimento para leitura individual da vazão dos gotejadores consistiu da pressurização do sistema (150 kPa), do posicionamento de recipientes (1 litro) apoiados sobre placas de PVC de

0,25 x 0,15 m<sup>2</sup>, sob os respectivos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, da retirada sequencialmente dos recipientes após 5 minutos com defasagem de 5 segundos, do transporte dos recipientes à bancada de pesagem, da pesagem e da tabulação dos dados.

A fim de se obter maior exatidão utilizou-se o método gravimétrico para a determinação da massa de água coletada de cada emissor, expressando-se os valores de vazão em L h<sup>-1</sup>. Utilizou-se uma balança de precisão certificada (OHAUS) com precisão de 0,01 g.

Depois de tabulados os dados referentes à massa de água coletada, efetuaram-se os cálculos da vazão, do coeficiente de variação de vazão e da uniformidade de distribuição de água por meio das equações 2 a 4.

$$q_{\text{utilizado}} = \frac{M}{1000t} 60 \quad (2)$$

em que:

M – massa de água coletada, g;

t – tempo de coleta, min;

$q_{\text{utilizado}}$  – vazão do gotejador utilizado, L h<sup>-1</sup>.

$$CV_q = \frac{S_{\text{utilizado}}}{q_{\text{utilizado}}} 100 \quad (3)$$

em que:

$CV_q$  – coeficiente de variação de vazão, %;

$S_{\text{utilizado}}$  – desvio padrão da vazão dos gotejadores utilizados, L h<sup>-1</sup>;

$\bar{q}_{\text{utilizado}}$  – vazão média dos gotejadores utilizados, L h<sup>-1</sup>.

$$UD = \frac{q_{25\%}}{q_{\text{utilizado}}} 100 \quad (4)$$

em que:

UD – uniformidade de distribuição de água, %;

$q_{25\%}$  - vazão média do menor quartil,  $L h^{-1}$ .

A análise estatística foi efetuada fixando-se dosagem de cloro e modelo de gotejador, comparando-se apenas o efeito do número de aplicações do produto na recuperação da vazão dos gotejadores. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, constando de dois tratamentos ( $50 mg L^{-1}$  de cloro livre e  $100 mg L^{-1}$  de cloro livre) e 16 repetições (gotejadores na linha lateral), utilizando os

testes F para análise de variância, e Tukey, para comparação de médias dos tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS (1999), pelo procedimento GLM.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são mostrados os resultados obtidos para as análises de água realizadas em campo.

**Tabela 2** – Resultados das análises de água das propriedades avaliadas nos Estados de São Paulo e Minas Gerais

Parâmetro	Unidades	Sistemas de irrigação avaliados			
		A	B	C	D
Alcalinidade ( $2CO_3^{2-}+HC_3^-$ )	$mg L^{-1}$	30,2	44,0	26,2	46,2
Cloreto (Cl)	$mg L^{-1}$	3,0	1,0	5,0	6,0
Nitrato (N- $NO_3$ )	$mg L^{-1}$	1,0	0,2	1,0	1,2
Sulfato ( $SO_4^{2-}$ )	$mg L^{-1}$	4,4	2,2	6,5	5,4
Fósforo (P)	$mg L^{-1}$	0,06	0,06	0,04	0,04
Nitrogênio Amoniacal (N- $NH_3$ )	$mg L^{-1}$	0,2	0,2	0,3	0,3
Sódio ( $Na^+$ )	$mg L^{-1}$	4,3	5,4	2,8	3,0
Potássio ( $K^+$ )	$mg L^{-1}$	2,6	0,9	5,8	5,4
Cálcio ( $Ca^{2+}$ )	$mg L^{-1}$	6,1	9,1	8,0	14,7
Magnésio ( $Mg^{2+}$ )	$mg L^{-1}$	2,4	4,7	2,5	3,6
Ferro (Fe)	$mg L^{-1}$	0,18	0,10	0,93	0,53
Cobre (Cu)	$mg L^{-1}$	0	0,02	0	0
Manganês (Mn)	$mg L^{-1}$	0,01	0,01	0,03	0,17
Zinco (Zn)	$mg L^{-1}$	0,08	0,08	0,10	0,11
Cor aparente	PtCo	55	56	102	117
Turbidez	FTU	10	90	23	31
Sedimentos em suspensão	$mg L^{-1}$	8,7	141,0	12,7	38,3
Condutividade elétrica (CE)	$mS cm^{-1}$	0,07	0,10	0,07	0,10
pH		7,4	7,4	7,0	7,0
Gás carbônico ( $CO_2$ )	$mg L^{-1}$	1,8	2,6	4,0	7,0
Acidez ( $CaCO_3$ )	$mg L^{-1}$	10,3	3,5	21,2	39,4
Dureza total ( $CaCO_3$ )*	$mg L^{-1}$	24,9	42,2	30,1	51,4

\*Dureza total calculada com base no equivalente de carbonato de cálcio ( $CaCO_3$ ), segundo Franson (1995): 2,497 [Mg,  $mg L^{-1}$ ]. Franson, M.A.H. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, 1999.

Pode-se notar, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 2, que a condutividade elétrica da água de irrigação não oferece nenhuma restrição para uso na irrigação, conforme a classificação proposta por Ayers e Westcot (1991). As concentrações de cálcio, magnésio, ferro, manganês e sódio também não implicam

em risco de entupimento dos tubos gotejadores. Já a quantidade de sedimentos em suspensão apresentou valores elevados somente na propriedade B, o que pode justificar a ocorrência de entupimento por acúmulo de partículas sólidas na malha hidráulica.

Na Tabela 3 são mostrados os resultados obtidos em campo e em laboratório (limpeza das linhas laterais a 150 kPa com final de linha aberto) para vazão média, coeficiente de variação de

vazão (CV, %), uniformidade de distribuição de água (UD, %) e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC, %).

**Tabela 3** – Resultados obtidos em campo e em laboratório (pré-tratamento para limpeza das linhas laterais a 150 kPa) para vazão média, coeficiente de variação de vazão (CV, %), uniformidade de distribuição de água (UD, %) e coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC, %)

Descrição	Sistemas de irrigação avaliados				
	A	B	C	D	
Vazão média	Campo	1,57	1,82	2,52	2,19
	Lab. (150 kPa)	1,82	1,49	2,59	2,28
CV (%)	Campo	11,01	15,74	17,47	12,79
	Lab. (150 kPa)	4,43	25,92	15,64	19,80
UD (%)	Campo	87,07	78,94	85,37	84,59
	Lab. (150 kPa)	96,75	63,74	74,60	76,91
CUC (%)	Campo	89,97	85,70	86,17	86,37

Para o modelo de gotejador utilizado no sistema de irrigação “A”, o pré-tratamento para limpeza das linhas laterais (pressão de 150 kPa com final de linha lateral aberto) realizado em laboratório promoveu recuperação da vazão dos gotejadores em 15%, permitindo também aumento da uniformidade de distribuição de água (UD, %) em 11% e redução do coeficiente de variação para a faixa excelente ( $CV < 0,05$ ) conforme ASAE EP405.1 (ASAE Standards, 2003).

Para os sistemas de irrigação B, C e D a limpeza das linhas laterais a pressão de 150 kPa com final de linha lateral aberto ocasionou redução dos valores de

uniformidade de distribuição de água (UD, %) com conseqüente aumento dos distúrbios de vazão que elevaram os valores de coeficiente de variação (CV, %) para faixas inaceitáveis ( $CV > 0,15$ ).

Os valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) mantiveram-se na faixa bom para todos os sistemas de irrigação avaliados em campo, conforme classificação proposta por Mantovani (2002).

Na Tabela 4 são mostrados os valores de vazão média obtidos para as condições experimentais, e teste de média, respectivamente.

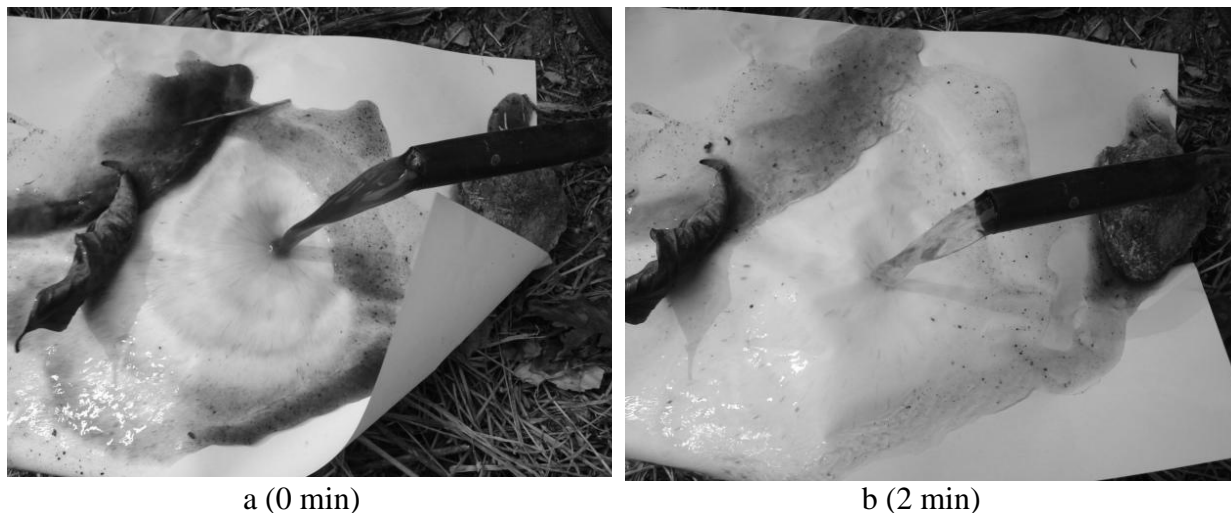
**Tabela 4** - Valores de vazão média (L h<sup>-1</sup>) obtidos para as condições experimentais, e teste de média, respectivamente

Descrição	Propriedades				
	A	B	C	D	
Cloro (50 mg L <sup>-1</sup> )	1° Avaliação	1,81 <sup>a</sup>	1,79 <sup>a</sup>	2,92 <sup>a</sup>	2,22 <sup>a</sup>
	2° Avaliação	1,76 <sup>a</sup>	1,81 <sup>a</sup>	2,71 <sup>a</sup>	2,22 <sup>a</sup>
	3° Avaliação	1,78 <sup>a</sup>	1,70 <sup>a</sup>	2,80 <sup>a</sup>	2,19 <sup>a</sup>
Cloro (100 mg L <sup>-1</sup> )	4° Avaliação	1,75 <sup>a</sup>	1,81 <sup>a</sup>	2,60 <sup>a</sup>	2,17 <sup>a</sup>
	5° Avaliação	1,76 <sup>a</sup>	1,76 <sup>a</sup>	2,70 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>
	6° Avaliação	1,76 <sup>a</sup>	1,70 <sup>a</sup>	2,64 <sup>a</sup>	2,10 <sup>a</sup>

\*As médias seguidas por uma mesma letra (coluna) não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Não foi observada uma contribuição significativa dos tratamentos químicos para provocar o desentupimento dos gotejadores. Provavelmente, isso ocorreu devido o uso de um pré-tratamento em laboratório com pressão de 150 kPa e final de linha lateral aberto que permitiu o desprendimento do material responsável

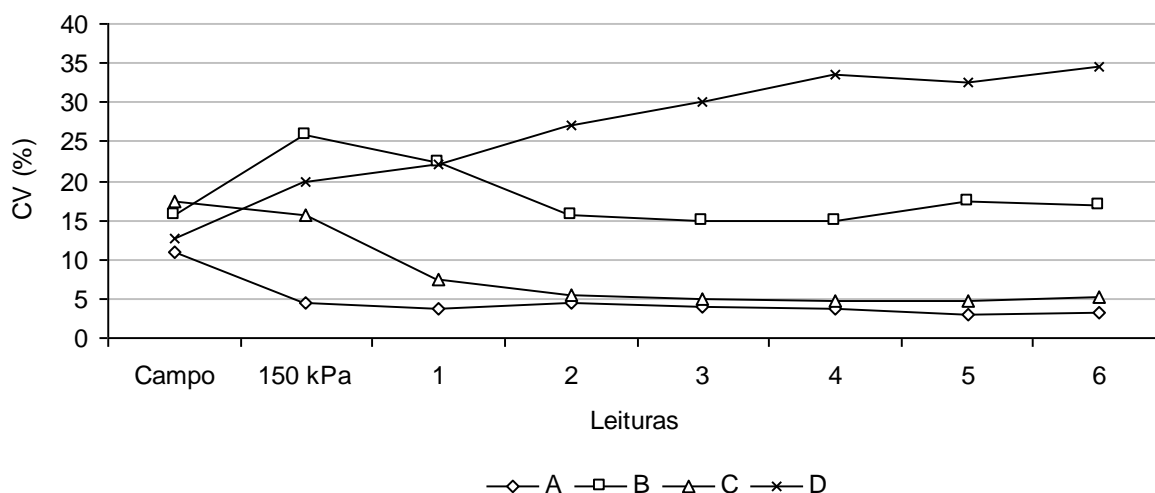
pelo entupimento nesses tubos gotejadores. Dessa forma, a principal causa de entupimento ocorrido em campo possivelmente foi de origem física (areia, silte e argila) e não química (deposição mineral), como mostra as análises de água (Tabela 2) e a Figura 2.



**Figura 2** – Abertura do final de linha lateral para retirada de impurezas (realizado em campo).

Na Figura 3 são mostrados os valores de coeficiente de variação de vazão para os tubos gotejadores avaliados.





**Figura 3** – Valores de coeficiente de variação de vazão dos tubos gotejadores avaliados.

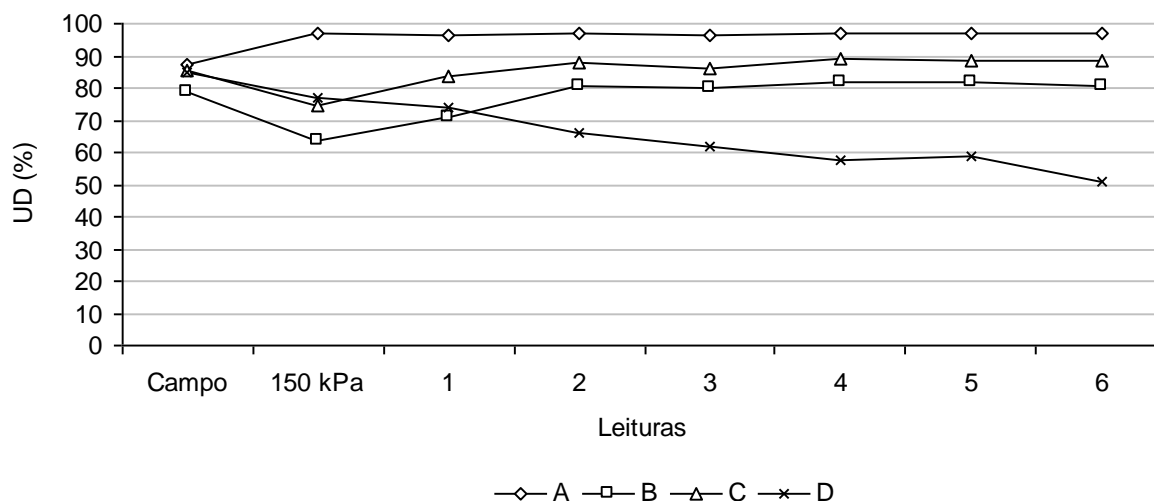
A leitura “campo” refere-se à medição de vazão realizada em campo para cada sistema de irrigação avaliado. A leitura “150 kPa” refere-se à medição de vazão realizada em laboratório após a aplicação de água a 150 kPa com os finais de linhas laterais abertos para retirada de impurezas. Já as leituras 1 a 3 referem-se ao tratamento químico com 50 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre (hipoclorito de sódio, 12 %) e as leituras 4 a 6 ao tratamento químico com 100 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre (hipoclorito de sódio, 12 %). Os tratamentos químicos foram aplicados sequencialmente em um mesmo comprimento de mangueira referente a cada sistema (A, B, C e D) avaliado.

O modelo de gotejador utilizado no sistema “A” permaneceu na faixa excelente de coeficiente de variação de

vazão (CV) após a limpeza dos gotejadores com 150 kPa e final de linha lateral aberto somada a aplicação em seqüência dos tratamentos químicos da água com cloro (50 mg L<sup>-1</sup> e 100 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre). O modelo de gotejador utilizado no sistema C apresentou CV próximo de 5% somente após a segunda aplicação de 50 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre, mantendo tal comportamento até o final do ensaio. Os demais sistemas avaliados, mesmo após o uso dos tratamentos químicos continuaram a apresentar valores elevados de coeficiente de variação de vazão, sendo classificados como inaceitáveis conforme ASAE EP405.1 (ASAE Standards, 2003).

Na Figura 4 são mostrados os valores de uniformidade de distribuição (UD) para os tubos gotejadores avaliados.

## Avaliação de Tratamentos Utilizados para Desobstrução de Tubos Gotejadores



**Figura 4** – Uniformidade de distribuição para os tubos gotejadores avaliados.

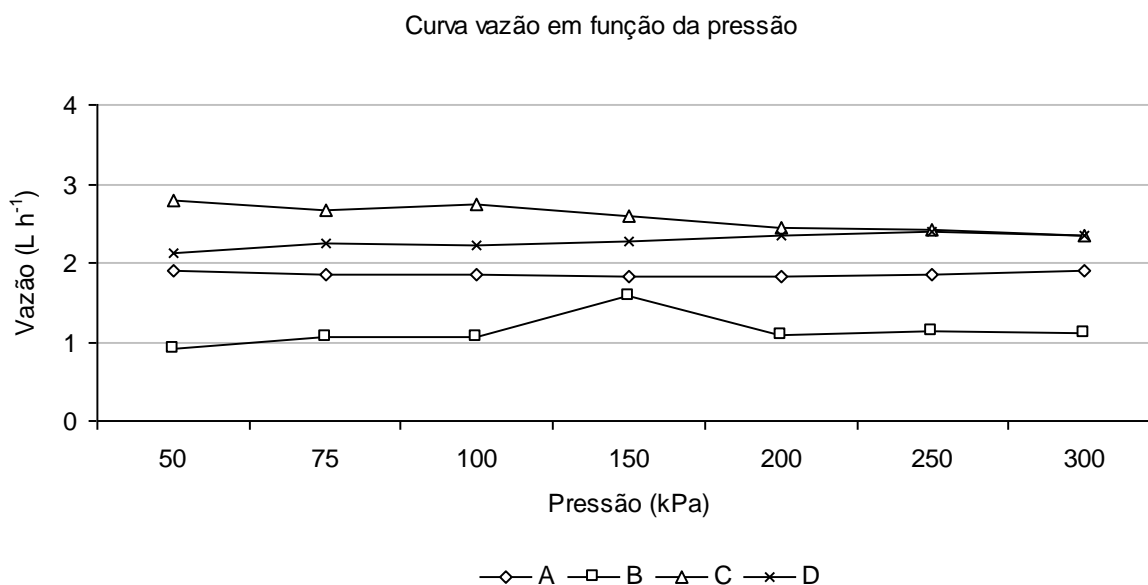
Observa-se que ocorreu adequada recuperação da uniformidade de distribuição de água (UD) após a segunda aplicação de  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro livre para todos os sistemas de irrigação avaliados, com exceção do modelo de gotejador utilizado no sistema de irrigação D. O modelo de gotejador utilizado no sistema “A” recebeu a classificação excelente, conforme ASAE (2001) e os modelos de gotejadores utilizados nos sistemas B e C a classificação bom, sendo que o modelo de gotejador utilizado no sistema D variou de bom (avaliação em campo) a ruim (terceira aplicação de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro livre).

Koegelenberg e Reinders (2002) desenvolveram trabalhos na África do Sul, e observaram que a retirada de linhas gotejadoras com problemas de entupimento do campo para análises em laboratório, sem os devidos cuidados

como: embalagem das mesmas úmidas e cuidados no transporte ocasionavam ressecamento do material responsável pelo entupimento com ocorrência de desprendimento do mesmo durante o transporte, dificultando, assim, as análises em laboratório quanto a tomadas de decisões que poderiam ser eficientes em campo para desobstrução de gotejadores.

Novos estudos poderiam ser realizados a fim de se caracterizar a causa obstrutora em sua forma, constituição, aparência, localização, para tubos gotejadores que são mantidos sem irrigação por certo período (época das chuvas) e que posteriormente são utilizados para atender a demanda evapotranspirométrica exigida pela cultura.

Na Figura 5 são mostradas as tendências das curvas de vazão em função da pressão realizadas ao final do ensaio.



**Figura 5** – Curvas vazão em função da pressão realizadas ao final do ensaio.

Os tratamentos químicos não permitiram que a vazão média do modelo de gotejador utilizado no sistema “A” retornasse à vazão nominal de catálogo do fabricante, sendo obtida em média uma vazão 20% menor que a nominal para esse emissor. No entanto, observou-se o melhor comportamento da curva vazão em função da pressão (com manutenção da função de autocompensação ao longo de toda a faixa operacional ensaiada) para tal modelo de gotejador.

O modelo de gotejador utilizado no sistema D foi o que mostrou melhor aproximação da vazão média em relação à vazão nominal de catálogo do fabricante (variação de 2% em relação à vazão nominal). Apesar dos altos valores de coeficiente de variação de vazão (Figura 3) obtidos durante o ensaio com esse emissor foi observada uma adequada compensação de pressão, descartando-se, assim, a possibilidade de não regulação da membrana elástica devido a danos químicos ocasionados pela ação do cloro.

Os valores de pressão de 50 kPa até 300 kPa utilizados para a confecção da curva vazão em função da pressão para o modelo de gotejador utilizado no sistema C ocasionaram redução de vazão conforme o aumento de pressão. Já o modelo B

manteve equilíbrio do comportamento da curva vazão em função da pressão ao longo de toda a faixa operacional com exceção do valor de vazão média obtido para a pressão de serviço de 150 kPa. Ambos os modelos de gotejadores não apresentaram recuperação de vazão equivalente à vazão nominal, sendo que o modelo C obteve em média uma vazão 25% menor que a vazão nominal e o modelo B uma vazão 30% menor que a vazão nominal.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na condução do ensaio permitiram chegar à seguinte conclusão:

- a. O modelo de gotejador utilizado no sistema “A” foi o que apresentou maior recuperação de vazão (15% de aumento da vazão média) após o uso do pré-tratamento realizado em laboratório para limpeza das linhas laterais à pressão de 150 kPa com final de linha lateral aberto, permitindo também aumento da uniformidade de distribuição de água (UD, %) em 11% e redução

do coeficiente de variação de vazão para a faixa excelente ( $CV < 0,05$ ).

- b. Não foi observada contribuição significativa dos tratamentos químicos ( $50 \text{ mg L}^{-1}$  e  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de cloro livre) para recuperação de vazão dos gotejadores ensaiados.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro a esta pesquisa, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCTEI).

### REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA, American Water Works Association, and Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21<sup>th</sup> Ed. Washington, D. C. 1999. p. 120-250.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, R.S; MEDEIROS, J.F. de; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande, PB: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

ASAE. American Society of Agricultural Engineers. Standards engineering practices data: EP405.1. **Design and installation of microirrigation systems**. St. Joseph, Mich. ASAE Standards 2003.

ASAE. American Society of Agricultural Engineers. Standard engineering practices data: EP 458. **Field evaluation of microirrigation systems**. St. Joseph, Mich. ASAE Standards 2001. p. 792-797.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p. COELHO, R. D.; **Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil**. 2007. 192 p. Livre-Docência - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. Chemical damages of chlorine and acids applications on compensating drippers. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, Reno, Nevada, 2009. **Paper Number**: 95542.

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

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**, Viçosa, v.27, n.150, p.155-162, 1980.

DURAN-ROS, M.; PUIG-BARGUÉS. J.; ARBAT, G.; BARRAGA, J.; CARTAGENA, F. R. de. Effect of filter, emitter and location on clogging when using effluents. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 67-79, 2009.

KELLER, J.; KARMELLI, D. **Trickle Irrigation Design**. Glendora, California: Rainbird Sprinkler Manufacturing, 1975. 30p.

KOEGELENBERG, F., REINDERS, F. **Performance of drip irrigation systems under field conditions**. ARC – Institute for Agricultural Engineering. 2002, 14 p. Disponível em: <http://www.wca-infonet.org/servlet/BinaryDownloaderServlet?filename=>

Documents/8723.

Performanceofdripirrigation.pdf. Acesso em 14.jan.2008.

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

MANTOVANI, E. C. AVALIA – Manual do usuário. Viçosa: DEA/UFV – PNP&D/Café/EMBRAPA. 2002. 100p.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. **Irrigation Science**, New York, v. 12, p. 187-192, 1991.

RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S. Microaspersores entupidos devido a problemas de ferro na água. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.5, p. 1456-1459, 2008.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM – SAS. **The SAS system for Windows Version 8.** 5<sup>th</sup> ed. Cary: 1999.

SOUZA, J. A. A. de; CORDEIRO, E. de A.; COSTA, E. L. da. 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.