

## **DISTÚRBIOS DE VAZÃO EM GOTEJADORES DEVIDO O USO DE ÁGUA COM PRESENÇA DE FERRO**

Rubens Duarte Coelho<sup>1</sup>, Marconi Batista Teixeira<sup>2</sup>, Pedro Henrique Pinto Ribeiro<sup>3</sup>, Lilian Cristina Castro de Carvalho<sup>4</sup>, Fernando Nobre Cunha<sup>5</sup>, Nelmício Furtado da Silva<sup>6</sup>

### **RESUMO**

Esta pesquisa procurou quantificar a possível variação da taxa de fluxo em 20 modelos de gotejadores. Os experimentos foram realizados na bancada de testes no Laboratório de Irrigação da Universidade de São Paulo. Os tratamentos utilizados neste experimento foram: a) T1: aplicação de 20 mg L<sup>-1</sup> de ferro total com água potável; b) T2: aplicação de 20 mg L<sup>-1</sup> de ferro total com argila do solo e da água com alta concentração orgânica (algas) durante 12 horas, e deixando esta combinação no interior da fita, durante 36 horas. O delineamento experimental foi fatorial, e o teste "F" foi usado para analisar a variância e teste de Tukey ( $\alpha = 5\%$ ) para comparação de médias e análise de regressão. A água foi coletada a partir da linha por cinco minutos de dez emissores que utilizam o método gravimétrico. Depois disso, o fluxo médio ( $q_m$ ), coeficiente de variação (CV) e uniformidade de distribuição de água (UD) foram calculados. O Modelo 13 foi a que sofreu o maior número de distúrbios de fluxo e essa variação ocorreu em menos tempo para o tratamento com 20 mg L<sup>-1</sup> de ferro total, com solo de argila e água com elevada concentração orgânica (algas).

**Palavras-chave:** partículas sólidas, obstrução, algas, emissores.

## **DISTURBANCES IN FLOW DRIPPERS DUE TO WATER USE WITH PRESENCE OF IRON**

---

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Livre Docente, DER - Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, C.P.: 9, CEP: 13418-900, fone (0xx19) 3447-8551, email: rdcoelho@esalq.usp.br

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Prof. Dr. Instituto Federal Goiano – IFGoiano – Rio Verde, GO, email: marconibt@gmail.com

<sup>3</sup> Tec. em Irrigação, Mestre em Irrigação, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande – PB, e-mail: pedroiirri@gmail.com

<sup>4</sup> Professor do Instituto Federal do Ceará, IFCE. Av. Dr. Guarani, 317, Derby Clube, 62042-030, Sobral, CE. email: liliancarv@ifce.edu.br.

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, email: fernandonobrecunha@hotmail.com

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, email: nelmiciofurtado@gmail.com

## ABSTRACT

This research sought to quantify the possible flow rate variation in 20 dripper models. The experiments were carried out at the test Bench at the Laboratory of Irrigation at the University of São Paulo. The treatments used in this experiment were the following: a) application of 20 mg L<sup>-1</sup> of total iron with potable water; b) application of 20 mg L<sup>-1</sup> of total iron with clay soil and water with high organic concentration (algae) during 12 hours and leaving this combination within the tape for 36 hours. The experimental design was outlined factorial, and the “F” test was used in order to analyze variance and Tukey (at 5% of significance) to compare averages and regression analysis. Water was collected from the line for five minutes from ten emitters using the gravimetric method. After that, the mean flow ( $q_m$ ), flow variation coefficient (CV) and water uniformity of distribution (UD) were computed. Model 13 was the one which suffered the most flow disturbs and this variation occurred in less time for the treatment of 20 mg L<sup>-1</sup> of total iron with clay soil and water with high organic concentration (algae).

**Keywords:** solid particles, obstruction, algae, emitters.

## INTRODUÇÃO

A principal desvantagem associada com o sistema de irrigação por gotejamento, é com relação à obstrução de gotejadores. Devido à utilização de emissores com diâmetro entre 0,5 e 1,0 mm, podem ocorrer problemas de entupimento e comprometimento da eficiência e da uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação por gotejamento (NAKAYAMA e BUCKS, 1991). O elevado custo inicial e de manutenção do sistema, rompimento de tubulações, necessidade de operadores habilitados, e a obstrução dos emissores e tubulações pelos sedimentos e crescimento microbiano são as principais limitações (AYERS e WESTCOT, 1991). As obstruções químicas mais freqüentes ocorrem com o cálcio (carbonatos e sulfatos) e o ferro (López et al., 1992).

Segundo Michalakos et al. (1997), nas águas superficiais que contêm ferro, este é geralmente encontrado na forma de precipitado (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>),

enquanto nas camadas mais profundas de reservatórios com carência de oxigênio pode ser encontrado no estado ferroso (FeO). O ferro precipitado pode ser arrastado pela água, saindo pelo emissor, ou pode ser retido por filamentos de bactérias, que obstruem a passagem da água. As bactérias (ferrobactérias) podem aderir ao plástico ou ao metal, o que impede seu arraste pela água (MARTINS, 2007).

A cloração da água de irrigação causa a oxidação de substâncias tais como o ferro e manganês, produzindo compostos insolúveis que podem logo ser removidos pelo sistema de filtragem impedindo entupimentos constantes. A cloração também evita o desenvolvimento de algas, atua como agente oxidante, causando a decomposição da matéria orgânica, além de prevenir a aglomeração e sedimentação de matéria orgânica em suspensão (PIZARRO, 1996).

A cloração pode ser contínua (1 a 10 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre) ou intermitente (uso de altas dosagens de cloro, acima de 100 mg L<sup>-1</sup>, na última

## DISTÚRBIOS DE VAZÃO EM GOTEJADORES DEVIDO O USO DE ÁGUA COM PRESENÇA DE FERRO

meia hora ou uma hora de irrigação, deixando o sistema hidráulico desativado por pelo menos 12 horas) conforme Teixeira et al. (2008). No entanto, deve-se selecionar um método adequado à necessidade de cada sistema. De modo geral, o tratamento com utilização combinada de ácido e cloro apresenta vantagens, em relação ao uso exclusivo de ácidos ou cloro (SOUZA et al., 2006).

A utilização de água com elevado teor de ferro em sistemas de irrigação por gotejamento têm proporcionado sérios problemas de obstrução dos emissores. Assim, torna-se imprescindível o desenvolvimento de pesquisas que possam trazer soluções práticas para serem implantadas em campo, como a utilização de produtos eficientes e de baixo risco ambiental. Dessa forma objetivou-se com o presente trabalho quantificar em bancada de teste a possível variação da taxa de fluxo em 20 modelos de gotejadores submetidos a aplicação de ferro, argila do solo e da água com alta concentração orgânica (algas).

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma bancada de ensaios com 11,0 m de comprimento por 4,0 m de largura e 5,80 m de altura (Figura 1), instalada no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, situada no município de Piracicaba-

SP. O experimento foi desenvolvido no Setor 4 (1º andar lado direito) dividido em quatro blocos com coleta de solução e reservatórios individualizados que permitem o desenvolvimento simultâneo de diferentes experimentos neste setor. A aplicação de 20 mg L<sup>-1</sup> de ferro total foi realizada no Bloco A e a aplicação de 20 mg L<sup>-1</sup> de ferro total + carga orgânica + solo argiloso no Bloco B, sendo os outros dois blocos utilizados para outros experimentos.



**Figura 1.** Foto ilustrativa da bancada de ensaios, mostrando os quatro setores que permitem o desenvolvimento simultâneo de diferentes experimentos. Piracicaba, SP, 2006.

Nas tabelas a leitura de vazão “0” refere-se à leitura de vazão dos gotejadores antes da aplicação dos tratamentos. Já as leituras enumeradas de 1 a 10 correspondem à aplicação de água tratada contendo elevado teor de ferro total (20 mg L<sup>-1</sup> de ferro total) para o Bloco A e água contendo elevado teor de ferro total (20 mg L<sup>-1</sup> de ferro total) + carga orgânica (algas) + solo argiloso (1 Kg de solo) para o Bloco B. A leitura

“11” corresponde a um tratamento químico que foi utilizado para recuperação da vazão dos gotejadores com aplicação de 150 mg L<sup>-1</sup> de cloro livre (12 horas de aplicação + 36 horas de descanso) e passagem de um pedaço de esponja (introduzido em cada linha lateral) sobre pressão (300 kPa) utilizando-se água limpa e com o final de linha lateral aberto para retirada da “sujeira”.

Tal procedimento permite observar nas tabelas a vazão real que os gotejadores apresentavam antes do início do ensaio, a vazão após aplicação dos tratamentos e a vazão final após tratamento químico para recuperação da vazão.

As aplicações de água contendo elevado teor de ferro totalizaram 840 horas de aplicação do tratamento mais 2520 horas de descanso da solução na linha, ou seja, 12 horas de aplicação dos tratamentos em cada bloco e 36 horas de descanso da solução na linha com o sistema desligado, sendo que as leituras de vazão foram realizadas a cada 84 horas de aplicação dos tratamentos.

A água, após passar pelos dos gotejadores, era recolhida por uma telha e conduzida a uma calha que a reconduzia ao tanque de captação, constituindo, assim, um sistema de recirculação de água.

A Tabela 1 apresenta a listagem dos emissores que foram utilizados no ensaio, com o nome de seus respectivos fabricantes, suas características técnicas e a vazão mais comercializada no mercado nacional.

**Tabela 1.** Características técnicas dos modelos (fluxo, vazão e diâmetro nominal de bocal (Ø N)).

Código	Fabricante	Modelo	Fluxo	Vazão (L h <sup>-1</sup> )	Ø N (mm)
1	Naandan	Naan tif PC	AC	1,6	16
2	Plastro	Hydrogol	NC	3,0	17
3	Naandan	Naan Paz	NC	2,0	16
4	Netafim	Uniran	AC	1,6	16
5	Naandan	Naan PC	AC	2,1	16
6	Plastro	Hydro Pc Nd	AC	2,35	16/40
7	Irrimon	Twin Plus	AC	1,8	17,5
8	Toro Ag	Drip In	AC	2,5	17
9	Netafim	Ram	AC	2,3	16
10	Naandan	Naan PC	AC	3,8	16
11	Plastro	Hydro Pc	AC	2,0	17
12	Irrimon	Irridrip Plus	AC	2,5	16
13	Plastro	Hydro Pc	AC	2,2	16/25
14	Netafim	Tiran	NC	2,05	16
15	Amanco	Carbo Drip Cd/Ac	NC	2,2	16
16	Plastro	Hydro Drip	AC	2,0	16
17	Netafim	Drip Net	AC	1,6	16
18	Irrimon	Irriloc	AC	1,1	16,4
19	Netafim	Super Typhoon	NC	2,0	16
20	Irrimon	Vip Line	AC	3,6	16

AC – Autocompensante; NC Não Compensante.

Foi utilizado um filtro de disco de 100 mesh para a retirada de partículas sólidas e o sistema motobomba utilizado nos ensaios foi composto por uma bomba centrífuga, modelo KSB Megabloc 32-160.1R.

Utilizou-se um registro de 2' na linha principal e um registro de ¾' na entrada de cada nível. As linhas gotejadoras foram unidas no início e ao final por registros de ½' e conexões de PVC. A operacionalização do funcionamento da

## DISTÚRBIOS DE VAZÃO EM GOTEJADORES DEVIDO O USO DE ÁGUA COM PRESENÇA DE FERRO

bancada, quanto ao horário de início e de parada, foi efetuado manualmente, obedecendo rigorosamente os horários de aplicação e leitura.

À entrada de cada nível do térreo da bancada, foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão, fosse checada a pressão e, se necessário, ajustada àquela preestabelecida. Para a medição da pressão de serviço, à entrada da linha de emissores, foi utilizado um manômetro com faixa de leitura de 0 – 700 kPa.

O procedimento para leitura individual da vazão dos gotejadores consistiu da pressurização do sistema à 150 kPa, posicionamento de recipientes (1 litro) apoiados sobre placas de PVC de 25 x 15 cm<sup>2</sup>, sob os respectivos gotejadores com uma defasagem de cinco segundos, retirada seqüencial dos recipientes obedecendo a defasagem inicial, transporte dos recipientes à bancada de pesagem, pesagem e tabulação dos dados.

Para se obter maior exatidão foi utilizado o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor, expressando-se os valores de vazão em L h<sup>-1</sup>. Foi utilizada uma balança de precisão certificada (OHAUS) com precisão de 0,01 g.

Para realizar-se a leitura de vazão das linhas gotejadoras, foi utilizada a água do reservatório 1 (água isenta de produtos químicos). Uma adaptação no tubo de 100 mm conectado ao fundo da calha permitiu descartar a água utilizada para limpeza das linhas gotejadoras em um canal dentro do Laboratório de Irrigação, utilizado somente para descarte de água proveniente de ensaios.

Depois de tabulados os pesos, efetuaram-se os cálculos da vazão, do coeficiente de variação de vazão e uniformidade de distribuição pelas equações 1 a 3.

$$q = \frac{P}{1000 t} 60 \quad (1)$$

$$CV_q = \frac{s}{q} 100 \quad (2)$$

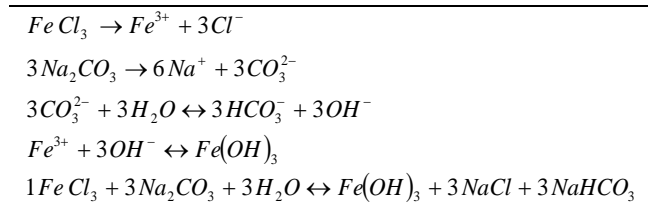
$$UD = \frac{q_{25\%}}{q} 100 \quad (3)$$

em que:

P – peso da água coletada, g; t – tempo de coleta, min; q – vazão do gotejador usado, L h<sup>-1</sup>; CV<sub>q</sub> – coeficiente de variação de vazão, %; s – desvio padrão da vazão dos gotejadores usados, L h<sup>-1</sup>; UD – uniformidade de distribuição de água, %; q<sub>25%</sub> – vazão média de ¼ dos menores valores, L h<sup>-1</sup>;  $\bar{q}$  – vazão média, L h<sup>-1</sup>.

Cálculos estequiométricos foram realizados para a determinação da dosagem de hidróxido de ferro Fe(OH)<sub>3</sub> utilizado durante os ensaios para manutenção em solução de 20 mg L<sup>-1</sup> de ferro total em ambos os tratamentos (Bloco A e B). Também foram realizados cálculos estequiométricos para determinação da dosagem de cloro livre (150 mg L<sup>-1</sup> com pH na faixa de 5,5 a 6,0) utilizada no final do ensaio para limpeza dos tubogotejadores.

A Tabela 2 apresenta os cálculos estequiométricos para formação do hidróxido de ferro a partir da reação entre cloreto férrico e carbonato de sódio.

**Tabela 2.** Cálculo estequiométrico para formação do hidróxido de ferro.

As características do solo argiloso utilizado no ensaio são as seguintes: 49,34 % de argila, 18,96 % de silte e 31,70 % de areia. O solo utilizado no experimento, após prévia secagem e destorroamento, foi passado em peneira com abertura de malha de 2 mm, para se obter 1 Kg de solo que foi posteriormente homogeneizado à 900 L de água com elevada carga orgânica (algas) + 20 mg L<sup>-1</sup> de ferro total utilizando-se um agitador mecânico. Ao final de cada avaliação da vazão dos gotejadores (leituras de vazão a cada 15 dias utilizando-se o método gravimétrico), foi repostado no reservatório a quantidade de água para suprir o que evaporou, sendo adicionada, no entanto, uma nova solução química conforme o procedimento descrito anteriormente.

Foi adotado o delineamento em blocos casualizados. Com utilização dos testes “F” para análise de variância e Tukey, a 5% de significância, para comparação de médias e análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para as análises de água referentes à aplicação de elevadas dosagens de ferro na água de irrigação.

**Tabela 3.** Resultados das análises de água para os Blocos A e B.

Resultados	Parâmetros							
	Ferro				Sedimentos em suspensão (carga orgânica + solo)			
	dissolvido		total				pH	
	mg L <sup>-1</sup>		mg L <sup>-1</sup>		mg L <sup>-1</sup>			
	A	B	A	B	A	B	A	B
1	0,13	0,56	2,26	2,68	63,0	147,7	8,5	8,7
2	0,14	0,24	11,58	25,4	55,7	282,3	8,5	8,9
3	0,16	0,23	65,5	113,68	13,0	45,7	8,9	9,2
4	0,19	0,25	96,71	137,48	16,2	50,1	8,9	9,3
5	0,22	0,28	109,61	142,23	18,6	48,4	9,0	9,3
6	0,09	5,28	49,31	241,23	38,6	169,34	9,0	9,1
7	0,03	9,54	55,82	398,45	58,6	218,93	9,1	9,2
8	0,04	13,87	72,4	519,75	85,3	338,30	9,1	9,3
9	0,11	8,09	98,43	572,11	112,8	386,50	9,1	9,3
10	1,60	0,10	75,50	388,90	311,70	1129,00	9,3	9,6

As variações nos teores de Fe<sup>2+</sup>, ferro total e sedimentos em suspensão observados, supõe-se estarem mais relacionados às diferenças nos pontos de coleta dentro do reservatório, aplicações sucessivas de hidróxido de ferro no Bloco A e hidróxido de ferro + alga + solo no Bloco B, como também das perdas de água por evaporação e reposição da quantidade de água após cada aplicação para manutenção do nível da água em 900 L dentro de cada reservatório.

As Tabelas 4 a 7 apresentam os valores de vazão média.

## DISTÚRBIOS DE VAZÃO EM GOTEJADORES DEVIDO O USO DE ÁGUA COM PRESENÇA DE FERRO

**Tabela 4.** Vazão média ( $q_m$ ), expresso em  $L h^{-1}$  dos gotejadores avaliados, para os emissores 1, 2, 3, 4 e 5, e teste de média – Bloco A (aplicação de  $Fe_{total}$ ) e Bloco B (aplicação de  $Fe_{total}$  + solo argiloso+ alga).

Leitura	Emissores									
	1		2		3		4		5	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	0,60 <sup>A</sup>	0,78 <sup>abcA</sup>	1,68 <sup>abA</sup>	1,75 <sup>abA</sup>	1,75 <sup>aA</sup>	1,92 <sup>aA</sup>	3,48 <sup>aA</sup>	3,54 <sup>aA</sup>	2,28 <sup>abcdeA</sup>	2,65 <sup>abA</sup>
1	0,45 <sup>B</sup>	1,23 <sup>A</sup>	1,55 <sup>abA</sup>	1,82 <sup>abA</sup>	1,89 <sup>aA</sup>	2,13 <sup>aA</sup>	3,68 <sup>aA</sup>	3,68 <sup>aA</sup>	2,62 <sup>abcA</sup>	2,61 <sup>abA</sup>
2	0,63 <sup>A</sup>	0,99 <sup>abcA</sup>	1,62 <sup>abA</sup>	1,87 <sup>abA</sup>	1,87 <sup>aA</sup>	2,15 <sup>aA</sup>	3,86 <sup>aA</sup>	3,71 <sup>aA</sup>	2,64 <sup>abcA</sup>	2,35 <sup>abA</sup>
3	0,49 <sup>A</sup>	0,96 <sup>abcA</sup>	1,68 <sup>abA</sup>	1,79 <sup>abA</sup>	1,70 <sup>aA</sup>	2,00 <sup>aA</sup>	3,84 <sup>aA</sup>	3,75 <sup>aA</sup>	2,67 <sup>abA</sup>	2,57 <sup>abA</sup>
4	0,29 <sup>B</sup>	0,87 <sup>abcA</sup>	1,49 <sup>abA</sup>	1,70 <sup>abA</sup>	1,64 <sup>aA</sup>	2,13 <sup>aA</sup>	4,02 <sup>aA</sup>	3,86 <sup>aA</sup>	2,56 <sup>abcdA</sup>	2,35 <sup>abA</sup>
5	0,47 <sup>A</sup>	0,87 <sup>abcA</sup>	1,64 <sup>abA</sup>	1,82 <sup>abA</sup>	1,73 <sup>aA</sup>	2,12 <sup>aA</sup>	3,55 <sup>aA</sup>	3,65 <sup>aA</sup>	2,58 <sup>abcdA</sup>	2,49 <sup>abA</sup>
6	0,73 <sup>A</sup>	0,85 <sup>abcA</sup>	1,80 <sup>aA</sup>	1,98 <sup>aA</sup>	1,61 <sup>aA</sup>	2,27 <sup>aA</sup>	3,65 <sup>aA</sup>	3,24 <sup>aA</sup>	2,78 <sup>aA</sup>	2,74 <sup>aA</sup>
7	0,72 <sup>A</sup>	0,52 <sup>CA</sup>	1,32 <sup>bA</sup>	1,67 <sup>abA</sup>	1,70 <sup>aA</sup>	2,11 <sup>aA</sup>	3,79 <sup>aA</sup>	3,98 <sup>aA</sup>	2,16 <sup>bcdeA</sup>	2,15 <sup>bA</sup>
8	0,73 <sup>A</sup>	0,80 <sup>abcA</sup>	1,72 <sup>abA</sup>	1,74 <sup>abA</sup>	2,09 <sup>aA</sup>	2,17 <sup>aA</sup>	3,97 <sup>aA</sup>	3,83 <sup>aA</sup>	2,09 <sup>deA</sup>	2,19 <sup>bA</sup>
9	0,64 <sup>A</sup>	0,64 <sup>bcA</sup>	1,61 <sup>abA</sup>	1,61 <sup>abA</sup>	1,81 <sup>aA</sup>	2,06 <sup>aA</sup>	3,62 <sup>aA</sup>	3,73 <sup>aA</sup>	2,12 <sup>cdeA</sup>	2,33 <sup>abA</sup>
10	0,65 <sup>A</sup>	0,70 <sup>abcA</sup>	1,56 <sup>abA</sup>	1,48 <sup>bA</sup>	1,77 <sup>aA</sup>	2,14 <sup>aA</sup>	3,30 <sup>aA</sup>	3,98 <sup>aA</sup>	1,86 <sup>CA</sup>	2,37 <sup>abA</sup>
11	0,75 <sup>A</sup>	1,13 <sup>abA</sup>	1,60 <sup>abA</sup>	1,66 <sup>abA</sup>	1,97 <sup>aA</sup>	2,09 <sup>aA</sup>	3,51 <sup>aA</sup>	3,91 <sup>aA</sup>	2,05 <sup>deB</sup>	2,64 <sup>abA</sup>

\* Média com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. \*\* Média com a mesma letra maiúscula na linha (tratamento A versus B para cada modelo) não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 5.** Vazão média ( $q_m$ ), expresso em  $L h^{-1}$  dos gotejadores avaliados, no período do ensaio, para os emissores 6, 7, 8, 9 e 10, e teste de média, respectivamente – Bloco A (aplicação de  $Fe_{total}$ ) e Bloco B (aplicação de  $Fe_{total}$  + solo argiloso+ alga).

Leitura	Emissores									
	6		7		8		9		10	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	1,96 <sup>aA</sup>	2,13 <sup>aA</sup>	1,66 <sup>abcA</sup>	1,68 <sup>aA</sup>	2,04 <sup>bcA</sup>	2,04 <sup>aA</sup>	1,84 <sup>aA</sup>	1,95 <sup>aA</sup>	1,78 <sup>aA</sup>	2,04 <sup>aA</sup>
1	2,22 <sup>aA</sup>	2,24 <sup>aA</sup>	1,92 <sup>abcA</sup>	1,78 <sup>aA</sup>	2,28 <sup>aA</sup>	2,19 <sup>aA</sup>	1,83 <sup>aA</sup>	1,99 <sup>aA</sup>	1,87 <sup>aA</sup>	0,57 <sup>bB</sup>
2	2,19 <sup>aA</sup>	2,15 <sup>aA</sup>	2,00 <sup>aA</sup>	1,82 <sup>aA</sup>	2,17 <sup>abA</sup>	2,18 <sup>aA</sup>	1,93 <sup>aA</sup>	2,01 <sup>aA</sup>	1,98 <sup>aA</sup>	0,56 <sup>bB</sup>
3	2,15 <sup>aA</sup>	2,15 <sup>aA</sup>	1,98 <sup>abA</sup>	1,84 <sup>aA</sup>	2,16 <sup>abcA</sup>	2,17 <sup>aA</sup>	1,91 <sup>aA</sup>	1,84 <sup>aA</sup>	1,93 <sup>aA</sup>	0,72 <sup>bB</sup>
4	2,20 <sup>aA</sup>	2,30 <sup>aA</sup>	1,84 <sup>abcA</sup>	1,74 <sup>aA</sup>	2,09 <sup>abcA</sup>	2,16 <sup>aA</sup>	1,83 <sup>aA</sup>	1,90 <sup>aA</sup>	1,74 <sup>aA</sup>	0,66 <sup>bA</sup>
5	2,19 <sup>aA</sup>	2,26 <sup>aA</sup>	1,92 <sup>abcA</sup>	1,84 <sup>aA</sup>	2,10 <sup>abcA</sup>	2,18 <sup>aA</sup>	1,60 <sup>aA</sup>	1,85 <sup>aA</sup>	2,00 <sup>aA</sup>	0,82 <sup>bB</sup>
6	2,27 <sup>aA</sup>	2,28 <sup>aA</sup>	1,90 <sup>abcA</sup>	1,84 <sup>aA</sup>	2,19 <sup>bcA</sup>	1,97 <sup>aA</sup>	1,49 <sup>aA</sup>	1,83 <sup>aA</sup>	1,96 <sup>aA</sup>	0,76 <sup>bB</sup>
7	2,28 <sup>aA</sup>	2,32 <sup>aA</sup>	1,83 <sup>abcA</sup>	1,78 <sup>aA</sup>	2,04 <sup>bcA</sup>	2,18 <sup>aA</sup>	1,24 <sup>aA</sup>	1,76 <sup>aA</sup>	1,84 <sup>aA</sup>	0,74 <sup>bA</sup>
8	2,24 <sup>aA</sup>	2,27 <sup>aA</sup>	1,84 <sup>abcA</sup>	1,81 <sup>aA</sup>	2,12 <sup>abcA</sup>	2,17 <sup>aA</sup>	1,32 <sup>aA</sup>	1,63 <sup>aA</sup>	1,79 <sup>aA</sup>	0,64 <sup>bB</sup>
9	2,14 <sup>aA</sup>	2,05 <sup>aA</sup>	1,64 <sup>bcA</sup>	1,73 <sup>aA</sup>	2,01 <sup>bcA</sup>	2,02 <sup>aA</sup>	1,30 <sup>aA</sup>	1,82 <sup>aA</sup>	1,40 <sup>abA</sup>	0,51 <sup>bA</sup>
10	1,98 <sup>aA</sup>	2,18 <sup>aA</sup>	1,60 <sup>cA</sup>	1,78 <sup>aA</sup>	1,94 <sup>cA</sup>	2,10 <sup>aA</sup>	1,33 <sup>aA</sup>	1,84 <sup>aA</sup>	0,54 <sup>bA</sup>	0,42 <sup>bA</sup>
11	2,03 <sup>aA</sup>	2,25 <sup>aA</sup>	1,74 <sup>abcA</sup>	1,94 <sup>aA</sup>	2,01 <sup>bcA</sup>	2,16 <sup>aA</sup>	1,45 <sup>aA</sup>	2,10 <sup>aA</sup>	0,89 <sup>abA</sup>	0,48 <sup>bA</sup>

\* Média com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. \*\* Média com a mesma letra maiúscula na linha (tratamento A versus B para cada modelo) não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Vazão média ( $q_m$ ), expresso em  $l\ h^{-1}$  dos gotejadores avaliados, no período do ensaio, para os emissores 11, 12, 13, 14 e 15, e teste de média, respectivamente – Bloco A (aplicação de  $Fe_{total}$ ) e Bloco B (aplicação de  $Fe_{total}$  + solo argiloso+ alga).

Leitura	Emissores									
	11		12		13		14		15	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	1,95 <sup>aA</sup>	1,97 <sup>aA</sup>	1,11 <sup>aA</sup>	1,43 <sup>aA</sup>	1,75 <sup>aA</sup>	2,61 <sup>aA</sup>	2,11 <sup>aA</sup>	2,32 <sup>aA</sup>	1,92 <sup>aA</sup>	1,89 <sup>aA</sup>
1	2,15 <sup>aA</sup>	2,06 <sup>aA</sup>	1,61 <sup>aA</sup>	1,36 <sup>aA</sup>	2,33 <sup>aA</sup>	1,94 <sup>aA</sup>	2,30 <sup>aA</sup>	2,59 <sup>aA</sup>	1,92 <sup>aA</sup>	1,92 <sup>aA</sup>
2	2,15 <sup>aA</sup>	2,00 <sup>aA</sup>	1,76 <sup>aA</sup>	1,49 <sup>aA</sup>	2,57 <sup>aA</sup>	2,60 <sup>aA</sup>	2,34 <sup>aA</sup>	2,50 <sup>aA</sup>	1,92 <sup>aA</sup>	1,98 <sup>aA</sup>
3	1,99 <sup>aA</sup>	1,79 <sup>aA</sup>	1,65 <sup>aA</sup>	1,37 <sup>aA</sup>	2,39 <sup>aA</sup>	2,21 <sup>aA</sup>	2,34 <sup>aA</sup>	2,62 <sup>aA</sup>	1,83 <sup>aA</sup>	1,81 <sup>aA</sup>
4	1,98 <sup>aA</sup>	1,91 <sup>aA</sup>	1,66 <sup>aA</sup>	1,33 <sup>aA</sup>	2,02 <sup>aA</sup>	1,71 <sup>aA</sup>	2,40 <sup>aA</sup>	2,45 <sup>aA</sup>	1,95 <sup>aA</sup>	2,12 <sup>aA</sup>
5	2,08 <sup>aA</sup>	1,78 <sup>aA</sup>	1,52 <sup>aA</sup>	1,27 <sup>aA</sup>	2,07 <sup>aA</sup>	2,05 <sup>aA</sup>	2,48 <sup>aA</sup>	2,28 <sup>aA</sup>	2,03 <sup>aA</sup>	2,12 <sup>aA</sup>
6	2,11 <sup>aA</sup>	1,72 <sup>aA</sup>	1,70 <sup>aA</sup>	1,32 <sup>aA</sup>	1,81 <sup>aA</sup>	1,25 <sup>aA</sup>	2,43 <sup>aA</sup>	2,26 <sup>aA</sup>	2,06 <sup>aA</sup>	2,15 <sup>aA</sup>
7	2,20 <sup>aA</sup>	1,82 <sup>aA</sup>	1,56 <sup>aA</sup>	1,25 <sup>aA</sup>	1,82 <sup>aA</sup>	1,62 <sup>aA</sup>	2,26 <sup>aA</sup>	2,33 <sup>aA</sup>	2,02 <sup>aA</sup>	2,13 <sup>aA</sup>
8	2,00 <sup>aA</sup>	1,60 <sup>aA</sup>	1,59 <sup>aA</sup>	1,12 <sup>aA</sup>	1,70 <sup>aA</sup>	1,49 <sup>aA</sup>	2,48 <sup>aA</sup>	2,40 <sup>aA</sup>	1,84 <sup>aA</sup>	1,89 <sup>aA</sup>
9	1,92 <sup>aA</sup>	1,47 <sup>aA</sup>	1,36 <sup>aA</sup>	1,00 <sup>aA</sup>	1,58 <sup>aA</sup>	1,30 <sup>aA</sup>	2,31 <sup>aA</sup>	2,41 <sup>aA</sup>	1,52 <sup>abA</sup>	1,83 <sup>aA</sup>
10	1,54 <sup>aA</sup>	1,74 <sup>aA</sup>	1,14 <sup>aA</sup>	0,92 <sup>aA</sup>	1,39 <sup>aA</sup>	2,01 <sup>aA</sup>	2,40 <sup>aA</sup>	2,50 <sup>aA</sup>	0,94 <sup>bB</sup>	1,70 <sup>aA</sup>
11	2,03 <sup>aA</sup>	1,91 <sup>aA</sup>	1,19 <sup>aA</sup>	1,01 <sup>aA</sup>	1,67 <sup>aA</sup>	2,18 <sup>aA</sup>	2,52 <sup>aA</sup>	2,50 <sup>aA</sup>	1,62 <sup>abA</sup>	1,83 <sup>aA</sup>

\* Média com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. \*\* Média com a mesma letra maiúscula na linha (tratamento A versus B para cada modelo) não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 7.** Vazão média ( $q_m$ ), expresso em  $l\ h^{-1}$  dos gotejadores avaliados, no período do ensaio, para os emissores 16, 17, 18, 19 e 20, e teste de média, respectivamente – Bloco A (aplicação de  $Fe_{total}$ ) e Bloco B (aplicação de  $Fe_{total}$  + solo argiloso+ alga).

Leitura	Emissores									
	16		17		18		19		20	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
0	2,10 <sup>ia</sup>	2,25 <sup>aA</sup>	2,25 <sup>aA</sup>	2,04 <sup>aA</sup>	1,13 <sup>aA</sup>	1,18 <sup>aA</sup>	1,61 <sup>aA</sup>	1,61 <sup>aA</sup>	1,48 <sup>aA</sup>	1,50 <sup>aA</sup>
1	2,52 <sup>abA</sup>	2,29 <sup>aA</sup>	2,26 <sup>aA</sup>	1,94 <sup>aA</sup>	0,50 <sup>abA</sup>	0,74 <sup>aA</sup>	1,61 <sup>aA</sup>	1,60 <sup>aA</sup>	1,48 <sup>aA</sup>	1,47 <sup>aA</sup>
2	2,54 <sup>abA</sup>	2,35 <sup>aA</sup>	2,26 <sup>aA</sup>	1,93 <sup>aA</sup>	0,50 <sup>abA</sup>	0,77 <sup>aA</sup>	1,64 <sup>aA</sup>	1,59 <sup>aA</sup>	1,50 <sup>aA</sup>	1,33 <sup>aA</sup>
3	2,44 <sup>abA</sup>	2,29 <sup>aA</sup>	2,06 <sup>aA</sup>	1,86 <sup>aA</sup>	0,51 <sup>abA</sup>	0,82 <sup>aA</sup>	1,62 <sup>aA</sup>	1,53 <sup>aA</sup>	1,39 <sup>aA</sup>	1,35 <sup>aA</sup>
4	2,34 <sup>bcdA</sup>	2,18 <sup>aA</sup>	2,09 <sup>aA</sup>	1,91 <sup>aA</sup>	0,42 <sup>abA</sup>	0,81 <sup>aA</sup>	1,64 <sup>aA</sup>	1,57 <sup>aA</sup>	1,29 <sup>aA</sup>	1,18 <sup>aA</sup>
5	2,44 <sup>abA</sup>	2,21 <sup>aA</sup>	2,34 <sup>aA</sup>	1,96 <sup>aA</sup>	0,47 <sup>abA</sup>	0,78 <sup>aA</sup>	1,60 <sup>aA</sup>	1,60 <sup>aA</sup>	1,02 <sup>aA</sup>	1,15 <sup>aA</sup>
6	2,42 <sup>abcdA</sup>	2,11 <sup>aA</sup>	2,10 <sup>aA</sup>	1,87 <sup>aA</sup>	0,39 <sup>ba</sup>	0,67 <sup>aA</sup>	1,65 <sup>aA</sup>	1,24 <sup>bB</sup>	0,76 <sup>aA</sup>	0,79 <sup>aA</sup>
7	2,31 <sup>bcdA</sup>	2,30 <sup>aA</sup>	2,02 <sup>aA</sup>	1,93 <sup>aA</sup>	0,29 <sup>ba</sup>	0,54 <sup>aA</sup>	1,52 <sup>aA</sup>	1,52 <sup>aA</sup>	1,19 <sup>aA</sup>	1,34 <sup>aA</sup>
8	2,68 <sup>aA</sup>	2,24 <sup>ab</sup>	1,95 <sup>aA</sup>	1,83 <sup>aA</sup>	0,33 <sup>ba</sup>	0,99 <sup>aA</sup>	1,61 <sup>aA</sup>	1,49 <sup>aA</sup>	0,98 <sup>aA</sup>	1,12 <sup>aA</sup>
9	2,14 <sup>cdA</sup>	2,21 <sup>aA</sup>	1,81 <sup>aA</sup>	1,94 <sup>aA</sup>	0,27 <sup>ba</sup>	0,59 <sup>aA</sup>	1,70 <sup>aA</sup>	1,51 <sup>aA</sup>	0,89 <sup>aA</sup>	0,95 <sup>aA</sup>
10	2,26 <sup>bcdA</sup>	2,15 <sup>aA</sup>	1,53 <sup>aA</sup>	1,97 <sup>aA</sup>	0,35 <sup>ba</sup>	0,63 <sup>aA</sup>	1,71 <sup>aA</sup>	1,57 <sup>aA</sup>	0,85 <sup>aA</sup>	0,97 <sup>aA</sup>
11	2,44 <sup>abA</sup>	2,38 <sup>aA</sup>	1,87 <sup>aA</sup>	2,08 <sup>aA</sup>	0,45 <sup>abA</sup>	0,76 <sup>aA</sup>	1,62 <sup>aA</sup>	1,61 <sup>aA</sup>	1,13 <sup>aA</sup>	1,18 <sup>aA</sup>

\* Média com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. \*\* Média com a mesma letra maiúscula na linha (tratamento A versus B para cada modelo) não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.



## DISTÚRBIOS DE VAZÃO EM GOTEJADORES DEVIDO O USO DE ÁGUA COM PRESENÇA DE FERRO

Do ponto de vista prático, a vazão média de emissores pode ser considerada um bom parâmetro para avaliar o processo de entupimento (RAVINA et al., 1992). Os emissores avaliados apresentaram comportamento diferenciado quanto à redução de vazão, em função do entupimento causado pelo aumento progressivo da concentração de ferro total e sedimentos em suspensão. Estes resultados confirmam a hipótese da susceptibilidade dos gotejadores disponíveis no mercado a aplicação de ferro. Segundo Teixeira (2006) a obstrução de emissores, causada por bactérias que oxidam o ferro apresentam um difícil controle. Até mesmo concentrações férricas muito pequenas, inferiores à  $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ , são suficientes para promover o crescimento bacteriano, que geralmente apresenta coloração avermelhada. A precipitação do ferro e o rápido crescimento das bactérias criam um material volumoso que pode entupir um sistema de irrigação por gotejamento completamente em um curto espaço de tempos. Nesse aspecto, a observação dos dados de redução de vazão, em relação ao diâmetro de orifício de passagem de água, mostra não ter ocorrido boa correlação entre ambos.

Não foi observada diferença significativa entre ambos os tratamentos ( $\text{Fe}_{\text{total}}$  versus  $\text{Fe}_{\text{total}}$  + solo argiloso + alga) a 5% de probabilidade pelo teste Tukey para os seguintes modelos de gotejadores: 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 18 e 20. Já os gotejadores 1, 5, 10, 15, 16 e 19 apresentaram diferença a 5% de significância pelo teste de Tukey para no máximo seis leituras de vazão ao longo do experimento quando comparados ambos os tratamentos.

O modelo 1 mostrou-se mais susceptível a aplicação de  $\text{Fe}_{\text{total}}$  do que a aplicação de  $\text{Fe}_{\text{total}}$  + solo argiloso + alga na leitura 1 e 4, sendo inferior

63,4 e 66,7% respectivamente. Entretanto para a aplicação de  $\text{Fe}_{\text{total}}$  entre as leituras não foram observadas diferenças significativas, já para a aplicação de  $\text{Fe}_{\text{total}}$  + solo argiloso + alga, verificou-se uma maior ocorrência de distúrbios de vazão entre as leituras; a leitura 1 foi igual as leituras 0, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 e 11, diferindo-se 57,7 e 48% das leituras 7 e 9, após a recuperação da vazão do modelo 1 (leitura 11) esta mostrou-se diferente apenas da leitura 7.

O modelo 5 apresentou a maior vazão média na 6ª avaliação para ambos os tratamentos ( $\text{Fe}_{\text{total}}$  e  $\text{Fe}_{\text{total}}$  + solo argiloso + alga). Para o tratamento com  $\text{Fe}_{\text{total}}$  foi observado um comportamento de recuperação de vazão até a 3ª avaliação de vazão e decréscimo na avaliação 4 e 5. Após a leitura 6 de vazão ocorreu um decréscimo na vazão dos gotejadores com uma suave recuperação na leitura 11 devido à aplicação do tratamento químico com cloro + “pig” sobre pressão (300 kPa) para desentupimento dos gotejadores.

O tratamento químico para a recuperação da vazão não foi tão eficiente para o modelo 5, para a aplicação de  $\text{Fe}_{\text{total}}$  o quanto foi para a aplicação de  $\text{Fe}_{\text{total}}$  + solo argiloso + alga, demonstrando uma diferença de 22,3%, enquanto que para as demais leituras não foram verificadas diferenças significativas. A aplicação de  $\text{Fe}_{\text{total}}$  causou mais distúrbios de vazão entre as leituras, sendo a maior diferença de 33,1%, observada entre a leitura 6 e 10, sendo deste modo bastante superior às observadas para a aplicação de  $\text{Fe}_{\text{total}}$  + solo argiloso + alga que não ultrapassaram 22%.

O modelo 10 diferiu estatisticamente a 5% de significância pelo teste de Tukey em relação aos tratamentos ( $\text{Fe}_{\text{total}}$  versus  $\text{Fe}_{\text{total}}$  + solo argiloso + alga) nas leituras 1, 2, 3, 5, 6 e 8 com uma diferença máxima de 71,7%. Para o tratamento de  $\text{Fe}_{\text{total}}$ , somente foi observado uma

redução da vazão dos gotejadores a partir da avaliação 9 de aproximadamente 30%, o que foi seguido de uma expressiva diminuição de vazão de 61,4% com suave recuperação na última leitura de 25%. Já o tratamento  $Fe_{total}$  + solo argiloso + alga apresentou severa redução de vazão de 72% logo após a primeira aplicação. Mesmo após o uso do tratamento para desentupimento (avaliação 11) os gotejadores não recuperaram a vazão, além de indicar uma queda ainda mais relevante na vazão de 76%, mostrando que esse emissor foi bastante sensível à aplicação de água contendo  $Fe_{total}$  + solo argiloso + alga e conseqüentemente ao entupimento total.

A vazão verificada no modelo 15 apresentou comportamento similar para ambos os tratamentos, até a leitura 8. A leitura 9 e 11 apresentaram valores de vazão igual a leitura 10 onde foi utilizado  $Fe_{total}$ , a qual foi significativamente diferente da observada no tratamento com  $Fe_{total}$  + solo argiloso + alga, demonstrando uma diferença de 44,7%.

O  $Fe_{total}$  provocou aumentos de vazão consideráveis ( $> 27\%$ ) no modelo 16, desde a primeira leitura, alcançando a maior vazão na leitura 8, nesta leitura também observou-se diferença entre a aplicação de  $Fe_{total}$  e  $Fe_{total}$  + solo argiloso + alga de 19,6%, entretanto a aplicação de  $Fe_{total}$  + solo argiloso + alga não causou variações significativas na vazão entre as leituras.

A redução na vazão no modelo 19 foi ocasionada pelo tratamento com  $Fe_{total}$  + solo argiloso + alga na leitura 6, determinando um decréscimo de aproximadamente 23%, diferindo assim das demais leituras e do tratamento com  $Fe_{total}$  (24,8%).

O tratamento químico utilizado no  $Fe_{total}$  alterou significativamente a vazão dos modelos de gotejadores 2, 5, 7, 8, 10, 15, 16 e 18 ao decorrer

do ensaio. Já o tratamento com  $Fe_{total}$  + solo argiloso + alga alterou significativamente a vazão dos gotejadores 1, 2, 5, 10 e 19 ao decorrer do ensaio.

O modelo 18 diferiu estatisticamente apenas para o tratamento  $Fe_{total}$ , sendo que a maior vazão média ocorreu para a “leitura 0”, ou seja, a aplicação de água contendo elevado teor de ferro total ocasionou severa redução de vazão (76%), sendo verificada diferença estatística a 5% de significância pelo teste de Tukey a partir das avaliações enumeradas de 6 a 10 quando comparadas à “leitura 0”, além disso o tratamento químico (leitura 11) não proporcionou a recuperação da vazão.

O tratamento químico com cloro ( $150 \text{ mg L}^{-1}$  durante 24 horas com pH na faixa de 5,5 a 6,0) + passagem de um pedaço de esponja “pig” sobre pressão (300 kPa) com água limpa e leitura de vazão após tal procedimento mostrou ser mais eficiente para recuperação da vazão do gotejador modelo 11 (ambos os tratamentos) com recuperação de 103 e 97% da vazão ( $Fe_{total}$  e  $Fe_{total}$  + solo argiloso + alga) e para os modelos 15 e 16 ( $Fe_{total}$  + solo argiloso + alga) com recuperação de 96,8 e 105,8%. O comportamentos diferenciados quanto à redução de vazão, em função dos tratamentos impostos, decorrente da arquitetura de cada gotejador, concordando com resultados observados por Ribeiro (2012), onde as características construtivas são diferentes em cada modelo de gotejadores fazendo com que a intensidade de entupimento mostre-se de forma heterogenia.

Os 20 modelos de gotejadores foram separados em 2 grupos de acordo com a faixa de vazão que operam (Tabela 8) para análise do coeficiente de variação de vazão (CV) e uniformidade de distribuição de água (UD).

**Tabela 8** – Classificação dos modelos de gotejadores segundo a vazão média.

Grupo 1:	Vazão média de 1,0 a 2,05 l h <sup>-1</sup>	Modelos: 1, 2, 7, 10, 11, 12, 15, 18, 19, 20
Grupo 2:	Vazão média de 2,1 a 3,8 l h <sup>-1</sup>	Modelos: 3, 4, 5, 6, 8, 9, 13, 14, 16, 17

Os modelos do grupo 1 quanto ao tratamento com Fe<sub>total</sub> na leitura 10 demonstraram um CV médio de 49,7%, sendo os modelos 1, 11, 12, 15 e 18 os que apresentaram as maiores variações de vazão de aproximadamente 66, 68,7, 114,8, 50 e 104% respectivamente, enquanto que os modelos do grupo 2 indicaram uma menor propensão a distúrbios de vazão com CV médio de 35,3%, principalmente o modelo 13 com CV de 5,1%, já a maior variação foi observada no modelo 5 de 51,8%. De acordo com a classificação da ABNT (1986), onde o de CV inferior a 10 % tem uniformidade boa; de 10 a 20 % é média; de 20 a 30 % é marginal e superior a 30 % é inaceitável.

Os modelos do grupo 1 quanto ao tratamento com Fe<sub>total</sub> + solo argiloso + alga na leitura 10 mostrou um CV médio de 55,8%, o qual foi superior ao verificado no tratamento com Fe<sub>total</sub>, a maior variação foi observada no modelo 12 de 193,9%, os demais modelos apresentaram CV entre 13 e 78%, exceto o modelo 10 com CV de 3,3%. Os modelos do grupo 2 quanto ao tratamento com Fe<sub>total</sub> + solo argiloso + alga novamente apresentaram melhor desempenho do que os modelos do grupo 1, com um CV médio de 21,5%. Os modelos 4, 5, 6 e 8 mostraram CV abaixo de 8,3%, enquanto que os demais modelos

tiveram CV variando de 23,6 até 56,5% (grupo 2). Resultados variáveis de suscetibilidade ao entupimento e coeficiente de variação com aplicação de ferro solúvel em gotejadores variados também foram encontrados por Carvalho (2009), onde o autor relacionou este comportamento a arquitetura interna dos emissores avaliados, também foi observado que quando orifício disposto para baixo houve um agravamento neste efeito.

A uniformidade de distribuição (UD) média, para o grupo 1 e 2 para o tratamento com Fe<sub>total</sub> foi de 39,2 e 42,8%. Os modelos que apresentaram melhor valores de UD (grupo 1) conforme Mantovani (2001), foram os 2, 7, 10 e 20 com uniformidade acima de 72% e os piores, com UD inferior a 10% foram os modelos 1, 11, 12, 15, 18 e 19. Os modelos 9, 13 e 17 do grupo 2 demonstraram a melhor uniformidade de aplicação (> 81%), os outros modelos apresentaram uma uniformidade ruim (< 52%).

A UD média para os modelos do grupo 1 e 2 foi de 31,3 e 67,8% (Fe<sub>total</sub> + solo argiloso + alga). Os modelos 10 e 11 no grupo 1 mostraram UD de 95,7 e 78% e os demais modelos UD abaixo de 45%, enquanto que para o grupo 2 os melhores foram os modelos 4, 5, 6, 8, 17 (> 89%), já os modelos 3, 9, 13 e 14 tiveram UD entre 42 e 66,8% e o modelo 16 UD de 0,1%.

A recuperação de vazão, de maneira geral não foi eficiente para que os modelos tivessem seu desempenho melhorado e conseqüentemente apresentassem uniformidade e variação adequada, pois o UD médio foi de 49,3 e 58,2% e o CV médio foi de 35,48 e 32,7% para os tratamento com Fe<sub>total</sub> e Fe<sub>total</sub> + solo argiloso + alga

respectivamente. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Teixeira (2006), trabalhando com efeitos de dosagens extremas de cloro e pH na vazão de gotejadores autocompensantes observou que em alguns modelos de tubos gotejadores autocompensantes houve uma tendência de acréscimo nos valores de CV ao longo do experimento, aonde chegaram a um aumento de 185% e de 220% no valor de CV em relação ao CV inicial.

Ravina et al. (1992) observaram uma maior ocorrência de entupimento no segmento final da linha lateral, diferindo dos resultados encontrados por Boman (1995), o qual para entupimento de origem física, observou que a ocorrência de obstrução foi caracterizada por ser uniformemente distribuída ao longo da linha lateral de irrigação. O resultado pode ser atribuído à menor velocidade da água no segmento final, o que provoca um maior efeito de sedimentação de partículas finas de material em suspensão na água, nesse ponto da rede.

## CONCLUSÕES

Os modelos de gotejadores ensaiados apresentaram maior redução de vazão quando se aplicou água contendo elevado teor de ferro total associado à carga orgânica (algas) mais solo argiloso.

Para a maioria dos tubogotejadores o material em suspensão utilizado em ambos os tratamentos não foi suficiente para ocasionar bruscas reduções de vazão, o que pode ser devido ao tamanho das partículas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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).

BOMAN, B.J. Effects of orifice size on microsprinkler clogging rates. Transactions of the ASAE, v.11, n.6, p.839-843, 1995.

CARVALHO, L. C. C. Dinâmica do entupimento de tubos gotejadores sob aplicação de ferro solúvel, sólidos em suspensão e fitoplâncton. 2009. 155p. Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2009.

MANTOVANI, E. C. **AVÁLIA**: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARTINS, C. C. **Efeito da cloração orgânica na uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por gotejamento utilizando água ferruginosa**. 2007. 99 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2007.

MICHALAKOS, G.D.; NIEVA, J.M.; VAYENAS, D.V.; LYBERATOS, G. **Removal of iron from potable water using a trickling filter**. Wat. Res. v. 31, n. 5, p.991-996. Elsevier Science Ltd.1997.

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

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3.ed. Madri: Mundi Prensa, 1996. 513p.

RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SCHISCHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, v.13, p.129-39, 1992.

RIBEIRO, P. A. A.; TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; FRANCO, E. M.; SILVA, N. F.; CARVALHO, L. C. C.; ALVES, M. E. B. Gotejadores submetidos a condições críticas de qualidade da água. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 368 - 379, 2012.

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.

TEIXEIRA, M. B. **Efeitos de dosagens extremas de cloro e pH na vazão de gotejadores autocompensantes (irrigação localizada)**. 2006. 322 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.

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