

TRATAMENTO PARA DESENTUPIMENTO DE GOTEJADORES CONVENCIONAIS

Marconi Batista Teixeira; Ralini Ferreira de Melo; Rubens Duarte Coelho; Osvaldo Rettore Neto; Pablo Atahualpa de Aguiar Ribeiro

Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, marconi@esalq.usp.br

1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo verificar a recuperação de emissores convencionais que apresentavam, em campo, problemas de entupimento causados por problemas biológico ou químico. O experimento foi realizado em uma Bancada de ensaios instalada no Laboratório de Irrigação do DER – ESALQ – USP, utilizando-se os seguintes tratamentos químicos da água para recuperação dos emissores: a) 10 mg L⁻¹ de cloro livre; b) 50 mg L⁻¹ de cloro livre; e c) ácido nítrico a pH 2,0. A fonte de cloro utilizada foi hipoclorito de sódio (10%), sendo que o pH foi mantido na faixa de 5,5 a 6,0 para maior ação do ácido hipocloroso. A aplicação das dosagens foi feita durante 2 horas, deixando as linhas gotejadoras descansarem expostas à ação dos tratamentos por 24 horas, quando, então, realizava-se a leitura de vazão. O delineamento experimental adotado foi o DIC em esquema fatorial 5x3, sendo utilizados os testes “F” para análise de variância e Tuckey a 5% de significância para comparação de médias. O tratamento com 50 mg L⁻¹ de cloro livre foi o mais eficiente estatisticamente a 5% de significância pelo teste de Tukey para recuperação da vazão dos gotejadores a valores próximos da vazão nominal de catálogo.

UNITERMOS: irrigação localizada, tratamento químico, uniformidade de distribuição de água.

TEIXEIRA, M. B.; MELO, R. F. de; COELHO, R. D.; RETTORE NETO, O.; RIBEIRO, P. A. de A. TREATMENT FOR CLOGGED EMITTERS

2 ABSTRACT

This work aimed to verify the recovery of conventional emitters that presented blockage problems in the field caused by biological or chemical problems. The experiment was performed in a trial counter installed in the Irrigation Laboratory at ESALQ-USP, using the following chemical water treatments for clogged emitters: a) 10 mg L⁻¹ of free chlorine, b) 50 mgL⁻¹ of free chlorine, and c) nitric acid at 2.0 pH. The used chlorine source was sodium hypochlorite (10%) and pH was kept from 5.5 to 6.0. The application was done for 2 hours, then the line emitters rested and exposed to the action of the treatments for 24 hours, when then the flow reading was made. The adopted experimental outline was DIC in a 5x3 factorial scheme, using Tests “F” for variance analysis and Tukey’s at 5% to compare averages. The treatment to recover emitter discharge to its original value was statistically more efficient according to Tukey’s test at 5%, when 50 mgL⁻¹ of free chlorine was applied.

KEY WORDS: trickle irrigation, chemical treatment, uniformity of dripper discharge

3 INTRODUÇÃO

A uniformidade de emissão de água pelos gotejadores é fator fundamental ao sucesso do empreendimento. Os sistemas de irrigação localizados apresentam como principal vantagem a eficiência de uso e de aplicação da água cujos fatores que afetam sua uniformidade seguem a seguinte ordem: obstruções, coeficiente de variação de fabricação, expoente de descarga do emissor, sensibilidade do emissor à temperatura, variações de pressão, dentre outros (Solomon, 1985). O entupimento dos emissores na malha hidráulica é um grande desafio para operação e manutenção de um sistema de irrigação por gotejamento, tendo levado muitos irrigantes ao insucesso com essa tecnologia (Ghaemi & Chieng, 1999).

As principais fontes causadoras de entupimento em sistemas localizados, identificados por Gilbert e Ford (1986), são: de natureza química, relacionadas à precipitação de elementos como cálcio e ferro; de natureza física, como partículas de solo, restos de material plástico e pequenos animais (formigas, aranhas, ovos de lesmas, etc.); e de natureza biológica, relacionada a algas e mucilagem bacteriana, principalmente. Outro fator que pode causar entupimento de gotejadores é a intrusão radicular em linhas gotejadoras enterradas. Resende (2003) observou em seus estudos que, quanto ao aspecto construtivo (barreiras físicas), nenhum dos emissores ensaiados demonstrou possuir mecanismos que impeçam efetivamente a penetração das raízes em seu interior, mesmo aqueles que usualmente são recomendados para uso no gotejamento subsuperficial.

Para o tratamento de recuperação dos emissores, existem produtos que removem o limo aderido às paredes das tubulações e gotejadores, deixando, assim, a passagem de água novamente livre (Pizarro, 1996; Resende, 1999; Cordeiro, 2002).

Para a minimização do entupimento são sugeridas diversas técnicas na literatura. Entre as práticas mais usuais, estão a filtragem e a cloração. O conjunto de medidas adotadas visando reduzir ou evitar o entupimento de emissores irá variar em função da fonte causadora do entupimento. A avaliação sistemática do sistema de irrigação e o monitoramento da qualidade da água são essenciais para prevenir o entupimento.

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 (Nakayama e Bucks, 1991).

Muitos estudos de campo mostraram que o entupimento de emissores pode ser a causa principal da variação de descarga do emissor dentro de um sistema de irrigação por gotejamento (Pitts et al., 1996b). Outras condições como construção do emissor, temperatura de água e envelhecimento do emissor também podem causar variações de vazão. A operação do sistema com respeito ao dia ou ano, temperatura da água, variações na qualidade da água, e adição química, diferente para cada tratamento de água, afeta o entupimento de emissores e a variabilidade de uniformidade de aplicação de água no sistema. A manutenção preventiva continua sendo a melhor solução para reduzir ou eliminar o aparecimento de problemas de entupimento de emissores.

De modo geral, uma das medidas mais utilizadas, é o tratamento químico da água, com o uso da acidificação e a cloração para controlar o entupimento de origem biológica.

A cloração pode ser contínua ou intermitente. No entanto, deve-se selecionar um método adequado à necessidade de cada sistema. A aplicação contínua é feita utilizando-se

baixas dosagens de cloro (1 a 10 mg L⁻¹ de cloro livre), e a intermitente pode ser efetuada utilizando-se aplicações de choque, fazendo uso de altas dosagens de cloro (acima de 100 mg L⁻¹), na última meia hora ou uma hora de irrigação, deixando o sistema hidráulico desativado por pelo menos 12 horas. De modo geral, o tratamento com utilização combinada de ácido e cloro apresenta vantagens, em relação ao uso exclusivo de ácidos ou cloro, tanto em termos de efetividade como também de economia, sendo que o tratamento com ácido é normalmente efetuado com frequência semanal, utilizando-se o mesmo tempo da aplicação do cloro (Cordeiro, 2002; Souza et al., 2006).

Resende (1999), em condições artificiais provocou o entupimento e avaliou o efeito do cloro na limpeza. Segundo este autor, o melhor tratamento foi de 300 mg L⁻¹ de cloro livre, utilizando-se hipoclorito de sódio.

Cordeiro (2002) aplicou continuamente uma concentração de 0,5 a 1,0 mg L⁻¹ de cloro livre em um sistema de gotejamento montado com cinco diferentes modelos de gotejadores, abastecido com água com teor de ferro em torno de 3,0 mg L⁻¹. O autor utilizou, associado à cloração, aeração e decantação como medida preventiva. Após 300 horas de funcionamento, não foi observada redução significativa de vazão em nenhum modelo testado.

A limpeza de linhas pela abertura do final das mesmas, assim como o cloro, também é um tratamento usual recomendável na manutenção de sistemas de irrigação por gotejamento (Bucks et al., 1979), porém há necessidade do efeito dessa prática em tubulação entupida e mantida sem irrigações por certo período, assim como do efeito de altas pressões como solução.

Deste modo, objetivou-se avaliar o desentupimento de um modelo comercial de tubogotejador com emissor tipo convencional, utilizando-se o tratamento químico da água com ácido nítrico a pH 2,0 e diferentes dosagens de cloro, buscando estabelecer relação entre a uniformidade de distribuição de água, bem como a eficiência do tratamento para o desentupimento de emissores convencionais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido 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.

Para a coleta de dados, foi utilizada uma bancada de ensaios em estrutura metálica, composta por três andares, com 11,0 m de comprimento por 4,0 m de largura e 5,80 m de altura. Os andares foram divididos em duas partes, sendo possível a realização de ensaios de pesquisa em cada um dos seis setores que compõem a estrutura simultaneamente. O ensaio com gotejadores convencionais foi desenvolvido no Nível 5 do Setor 1 da Bancada de ensaios (Figura 1).

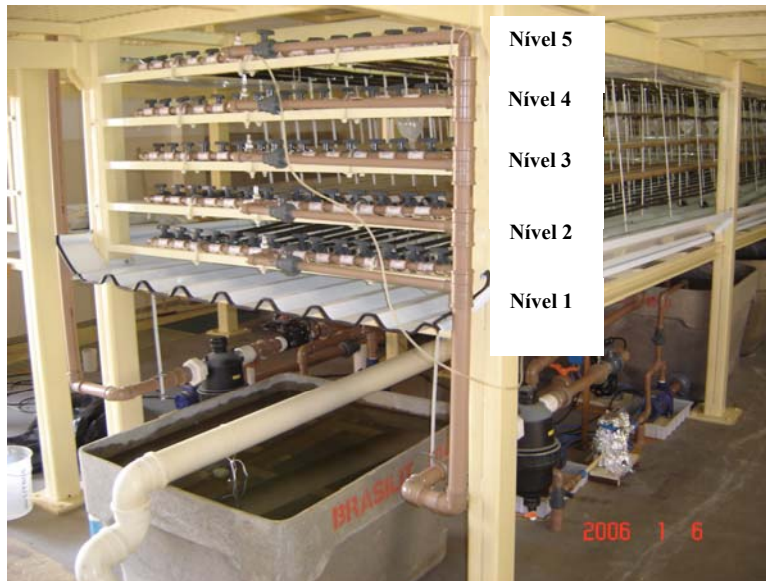


Figura 1. Foto ilustrativa do Setor 1 da bancada de ensaios (térreo), mostrando a localização do Nível 5, onde foi desenvolvido o experimento com recuperação de emissores convencionais.

A Figura 2 mostra o esquema geral do experimento.

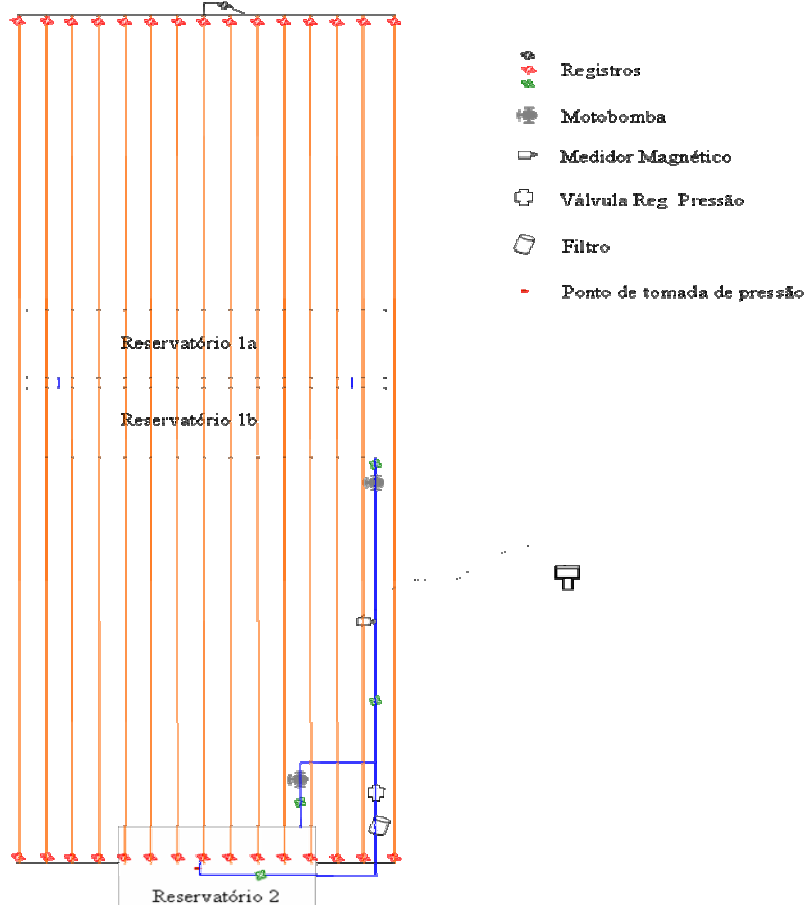


Figura 2. Esquema geral do experimento.

As linhas gotejadoras em cada nível foram sustentadas por um dispositivo que possui uma angulação (10°) 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 entre as linhas gotejadoras na vertical é de 0,15 m e de 0,095 m na horizontal (Figura 3).

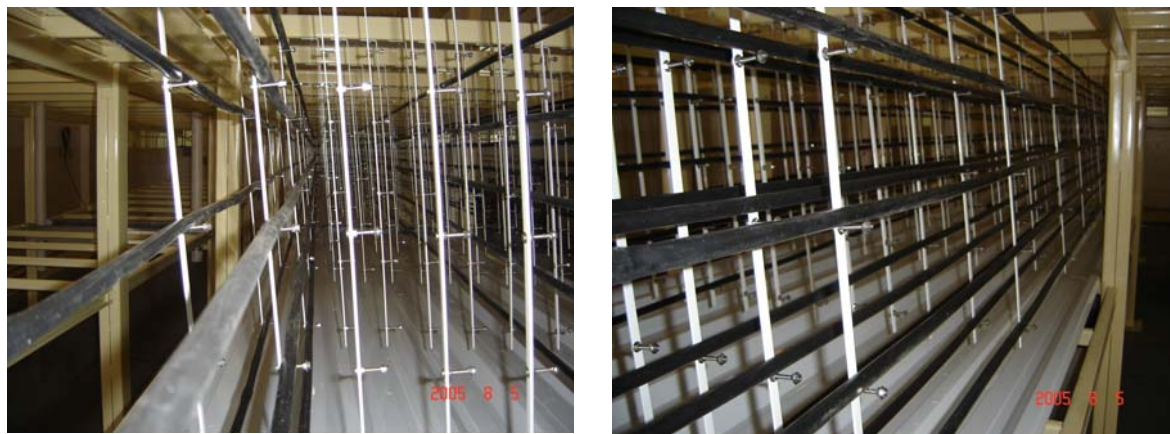


Figura 3. Detalhamento do desalinhamento das linhas gotejadoras na bancada

A Tabela 1 apresenta os dados do emissor utilizado no experimento.

Tabela 1. Características técnicas do modelo, vazão, diâmetro nominal do tubogotejador ($\varnothing N$), faixa de pressão operacional e distância entre gotejadores

Modelo	Vazão ($L h^{-1}$)	$\varnothing N$ (mm)	Faixa de pressão operacional (kPa)	Distância entre gotejadores (m)
Modelo A	4,0	16	100 a 200	0,75

Estes gotejadores são normalmente utilizados em projetos de irrigação na região de Petrolina – BA, apresentando, no entanto, problemas de entupimento, utilizando a água do Rio São Francisco.

Os tratamentos utilizados na Bancada de ensaios para a recuperação destes emissores trazidos do campo foram: a) $10 mg L^{-1}$ de hipoclorito de sódio (10%) com pH na faixa de 5,5 a 6,0 (5 linhas); b) $50 mg L^{-1}$ de hipoclorito de sódio (10%) com pH na faixa de 5,5 a 6,0 (5 linhas); e c) ácido nítrico a pH 2,0 (5 linhas).

Foi definida pressão operacional para a realização dos ensaios igual a 150 kPa por ser um valor médio da faixa operacional do emissor.

Primeiramente, foi realizada uma leitura de vazão para cada gotejador inserido em cada uma das 15 linhas gotejadoras, para observar a situação dos mesmos em campo, sendo que cada linha possuía 16 gotejadores espaçados entre si por 0,75 m.

A calda de $10 mg L^{-1}$ de cloro livre foi preparada no reservatório 2 e aplicada no Tratamento 1 por 2 horas. Após a aplicação, as linhas gotejadoras foram mantidas em descanso por 24 horas, e logo após a aplicação, o reservatório foi esvaziado e limpo para proceder-se à aplicação da dosagem correspondente ao Tratamento seguinte e assim sucessivamente.

Como o tempo de aplicação das diferentes dosagens foi curto (2 horas), fez-se uma marcação no reservatório correspondente a 150 L, que contribuiu para diminuição do tempo necessário para preparação da calda e consumo de cloro e ácidos.

Após o início da aplicação da calda, aferiu-se a pressão para 150 kPa, mediu-se 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.

A leitura de vazão foi feita diariamente para cada uma das 15 linhas gotejadoras, utilizando-se o medidor magnético de vazão. A leitura individual dos gotejadores em cada uma das 15 linhas gotejadoras foi realizada no início e no final.

O procedimento para leitura individual da vazão dos gotejadores consistiu da pressurização do sistema (150 kPa), posicionamento dos funis e coletores (garrafas plásticas) sob os respectivos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada sequencial dos coletores após 10 minutos com defasagem de 5 segundos, transporte dos coletores à bancada de pesagem, pesagem e tabulação dos dados.

Para posicionar cada funil junto ao gotejador a ser avaliado, utilizaram-se ganchos de arame flexível e assim, a água coletada do gotejador passava pelo funil sendo então conduzida por uma mangueira até o coletor. A mangueira utilizada para conduzir a água coletada do gotejador até o coletor, consistiu da adaptação de uma mangueira de dispositivo utilizado para aplicação de soro fixada ao fundo do funil.

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 $L h^{-1}$. Foi utilizada uma balança de precisão certificada com precisão de 0,01 g.

As Figuras 4 e 5 mostram os acessórios (funil, mangueira e garrafa plástica) utilizados para a coleta do volume de água aplicado pelo gotejador no tempo pré-determinado.

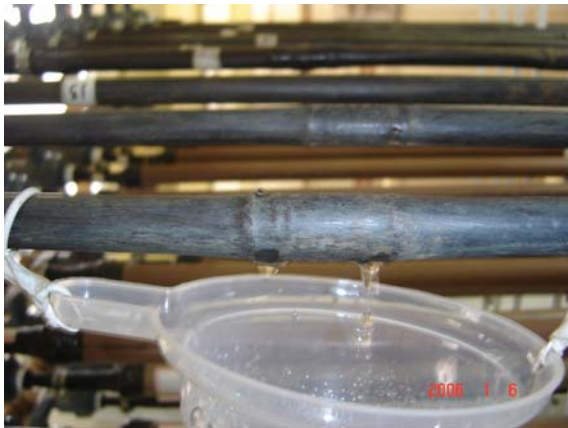


Figura 4. Coleta da água pelo funil.



Figura 5. Coleta da água (mangueira e garrafa plástica).

Para leitura de vazão das linhas gotejadoras, utilizou-se a água dos reservatórios 1a e 1b (Figura 2). Antes da leitura de vazão das linhas gotejadoras, realizou-se a lavagem das redes pela abertura dos registros instalados nos finais de cada linha. A pressão de serviço utilizada foi de 150 kPa. Logo a seguir, foram realizadas as leituras de vazão dos gotejadores (método gravimétrico) ou da linha (medidor magnético de vazão). Um tubo de 100 mm conectado ao fundo da calha foi utilizado para descartar a água provinda da lavagem das linhas gotejadoras em um canal dentro do Laboratório de Irrigação.

Para a leitura de vazão da linha gotejadora, utilizou-se um medidor magnético de vazão Conaut – Krohne modelo IFS 4000 W/6 com conversor de sinal modelo IFC 090 D e com faixa de leitura de $0-90 m^3 h^{-1}$ e precisão de 99% (Figura 6).



Figura 6. Medidor magnético de vazão.

O procedimento para a leitura de vazão da linha gotejadora utilizando-se o medidor magnético consistiu da pressurização do sistema com estabilização da pressão em 150 kPa no início de cada linha, manutenção de todos os registros no início e final das linhas fechados, com exceção do registro no início da linha gotejadora a ser realizada a leitura. Também foi feita a leitura de vazão com o registro instalado na entrada da linha fechado para observar a vazão residual. Posteriormente, tabularam-se os dados e efetuaram-se os cálculos da vazão, do coeficiente de variação de vazão, uniformidade de distribuição e grau de entupimento pelas equações 1 a 5.

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

em que:

q_{usado} – vazão do gotejador usado, $L h^{-1}$;
 P – peso da água coletada, g; e
 t – tempo de coleta, min.

$$\bar{q}_{usado} = \frac{q_{linha}}{N} \quad (2)$$

em que:

\bar{q}_{usado} – vazão média do gotejador usado, $L h^{-1}$;
 q_{linha} – vazão da linha gotejadora, $L h^{-1}$; e
 N – número de emissores na linha.

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

em que:

CV_q – coeficiente de variação de vazão, %;
 S_{usado} – desvio padrão da vazão dos gotejadores usados, $L h^{-1}$; e

q_{usado} – vazão do gotejador usado, L h⁻¹.

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

em que:

UD – uniformidade de distribuição, %;

$q_{25\%}$ - vazão média de ¼ dos menores valores, L h⁻¹; e

$q_{média}$ – vazão média, L h⁻¹.

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{usado(\text{primeira leitura})}} \right) 100 \quad (5)$$

em que:

GE – grau de entupimento, %;

Cálculos estequiométricos foram realizados para a determinação da dosagem de cloro livre a ser utilizada, sendo que, para efeito de monitoramento, amostras de água ao final das laterais foram coletadas para determinar 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⁻¹.

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 conforme os dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Dados para confecção da curva de titulação do ácido fosfórico 85% P.A. para manutenção do pH na faixa de 5,5 a 6,0

Becker	Ácido Fosfórico 85% P.A. (mL)	pH*
1 – Vol. Solução 200 mL	0,0	8,176
1 – Vol. Solução 200 mL	0,5	2,126
2 – Vol. Solução 200 mL	1,0	1,981
3 – Vol. Solução 200 mL	2,0	1,777
1 – Vol. Solução 1000 mL	0,2	2,843
2 – Vol. Solução 1000 mL	0,5	2,686
3 – Vol. Solução 1000 mL	1,0	2,435
1 – Vol. Solução 8000 mL*	0,2	6,710
2 – Vol. Solução 8000 mL*	0,3	6,324
3 – Vol. Solução 8000 mL*	0,4	6,093
4 – Vol. Solução 8000 mL*	0,5	5,594
5 – Vol. Solução 8000 mL*	0,6	5,375
6 – Vol. Solução 8000 mL*	0,7	4,275
7 – Vol. Solução 8000 mL*	0,8	3,182

* A temperatura de estabilização para leitura no medidor de pH foi de 22,4 °C.

Obs.: Foi retirada uma alíquota de 200 mL para fazer a leitura no medidor de pH.

Para o cálculo da dosagem de ácido nítrico 65% P.A. utilizada para manter o pH na faixa de 2,0 a 3,0, foi feita também uma curva de titulação conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Dados para confecção da curva de titulação do ácido nítrico 65% P.A. para manutenção do pH na faixa de 2,0 a 3,0

Becker	Ácido nítrico 65% P.A. (mL)	pH**
1 – Vol. Solução 200 mL	0,0	7,102
1 – Vol. Solução 500 mL	0,1	3,910
2 – Vol. Solução 500 mL	0,2	2,420
3 – Vol. Solução 500 mL	0,3	1,975
4 – Vol. Solução 1000 mL	0,6	1,978

* Foi retirada uma alíquota de 200 mL para fazer a leitura no medidor de pH.

** A temperatura de estabilização para leitura no medidor de pH foi de 23,0 °C.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta os valores de vazão média (VM) em L h⁻¹, coeficiente de variação de vazão (CV_q) em %, uniformidade de distribuição de água (UD) em %, vazão relativa (VR) em %, e grau de entupimento (GE) em %, quantificados pela medição individual da vazão dos gotejadores para os três tratamentos químicos utilizados para promover o desentupimento das linhas gotejadoras. A vazão relativa (VR) em % foi obtida pela relação entre a vazão do gotejador antes do tratamento químico (0 h) com a vazão do gotejador após 144 h de ensaio.

Tabela 4. Valores de vazão média (VM) em L h⁻¹, coeficiente de variação de vazão (CV_q) em %, uniformidade de distribuição de água (UD) em %, vazão relativa (VR) em %, e grau de entupimento (GE) em %, quantificados pela medição individual da vazão dos gotejadores para os três tratamentos químicos utilizados para promover o desentupimento das linhas gotejadoras

Solução	Linhas	VM (L h ⁻¹)		CV _q (%)		UD (%)		VR (%)		GE (%)	
		horas		horas		horas		horas		horas	
		0	144	0	144	0	144	0	144	0	144
Ácido nítrico (pH 2,0)	1	4,87	5,01	3,73	3,42	96,26	95,37	108,19	103,00	-8,19	-3,04
	2	5,20	5,01	2,45	3,76	96,82	95,11	115,58	96,00	-15,58	3,57
	3	5,12	5,12	3,78	4,30	95,44	95,24	113,68	100,00	-13,68	-0,08
	4	5,06	4,94	5,80	3,24	94,36	95,73	112,43	93,00	-12,43	6,69
	5	4,96	4,70	6,44	5,10	94,59	95,44	110,25	89,00	-10,25	10,52
Cloro livre (10 mg L ⁻¹)	6	4,94	4,74	8,48	6,86	95,12	93,50	109,77	93,00	-9,77	7,26
	7	5,01	4,91	4,26	3,82	94,13	95,58	111,27	98,00	-11,27	1,92
	8	5,09	5,07	3,54	3,13	96,00	96,26	113,07	100,00	-13,07	0,29
	9	5,16	5,14	3,02	2,79	95,73	96,61	114,72	100,00	-14,72	0,33
	10	4,83	4,57	3,86	2,97	96,23	96,94	107,23	89,00	-7,23	10,92
Cloro livre (50 mg L ⁻¹)	11	5,19	4,96	4,01	4,31	95,77	95,06	115,30	96,00	-15,30	4,43
	12	5,11	5,04	3,18	3,35	96,04	95,47	113,45	99,00	-13,45	1,18
	13	4,86	5,13	3,28	6,51	96,10	92,13	107,92	106,00	-7,92	-5,57
	14	4,94	5,18	3,74	3,70	95,42	95,14	109,78	105,00	-9,78	-4,88
	15	5,05	4,92	6,08	2,88	92,62	96,29	112,20	98,00	-12,20	2,33

A Figura 7 apresenta os valores de grau de entupimento (%) para as cinco linhas gotejadoras, quantificados pelo medidor magnético de vazão para o tratamento utilizando ácido nítrico a pH 2,0 para promover a recuperação dos gotejadores.

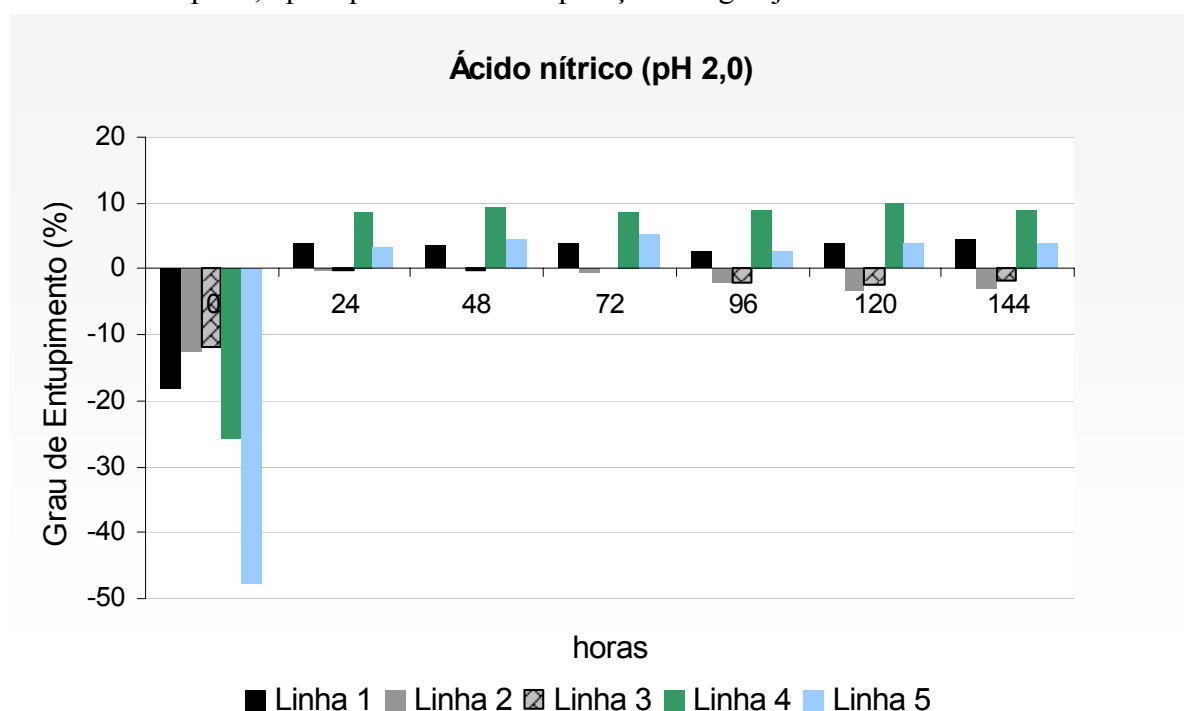


Figura 7. Valores de grau de entupimento (%) quantificados pelo medidor magnético de vazão para o tratamento utilizando ácido nítrico a pH 2,0.

Observou-se que as linhas gotejadoras apresentaram vazão superior à vazão de catálogo, no primeiro ensaio em laboratório (0 h), sendo que, em campo, segundo o produtor rural, as mesmas estavam entupidadas. A retirada e transporte das linhas gotejadoras até o laboratório para os ensaios com tratamento químico, provavelmente, contribuiu para o desentupimento das mesmas, mascarando a resposta ao tratamento com ácido. Outro fator que pode ter contribuído para o aumento de vazão dos gotejadores, após sua retirada do campo, foi o ressecamento do material após longo período de exposição à radiação solar, que pode ter provocado um aumento da seção de passagem da água (Parchomchuk, 1976; Zur e Tal, 1981).

A partir do tratamento com ácido, observou-se pela Figura 7 e Tabela 4 que o ácido contribuiu para uma melhor aproximação da vazão nominal de catálogo e redução do coeficiente de variação de vazão (CV_q).

A Figura 8 apresenta os valores de grau de entupimento (%) para as cinco linhas gotejadoras, quantificados pelo medidor magnético de vazão para o tratamento utilizando cloro livre (10 mg L^{-1}).

A Figura 8 e a Tabela 4 mostram que ocorreu aumento do grau de entupimento com a aplicação de 10 mg L^{-1} de cloro livre depois de 144 horas de exposição ao tratamento, sendo que para todas as linhas avaliadas a vazão, após a aplicação das dosagens de cloro, aproximou-se melhor da vazão nominal de catálogo fornecida pelo fabricante e ocorreu redução dos valores de coeficiente de variação de vazão (CV_q).

A utilização de pressão de serviço de 150 kPa somada à aplicação do tratamento químico, provavelmente, contribuiu para o desprendimento do material retido junto à parede do tubo que se depositou em parte na seção de passagem da água, reduzindo,

consequentemente, a vazão do gotejador. Uma alternativa utilizada por Vieira (2002) para solucionar problemas deste tipo foi a utilização de impacto mecânico sobre o gotejador para promover a desobstrução do mesmo.

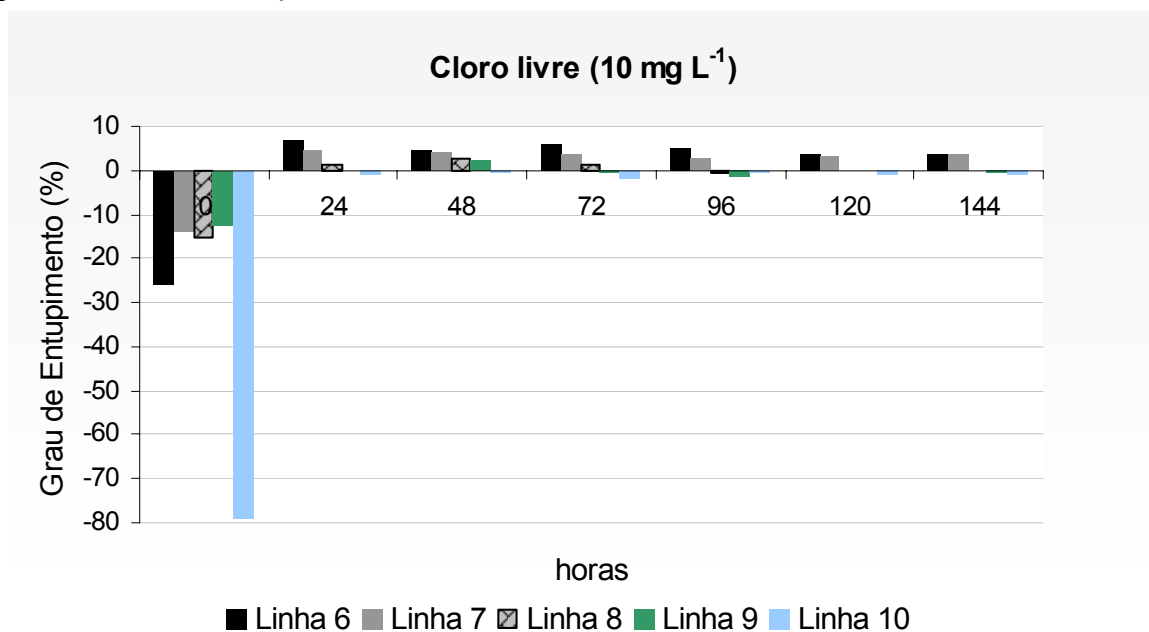


Figura 8. Valores de grau de entupimento (%) quantificados pelo medidor magnético de vazão para o tratamento utilizando cloro livre (10 mg L⁻¹).

A Figura 9 apresenta os valores de grau de entupimento (%) para as cinco linhas gotejadoras, quantificados pelo medidor magnético de vazão para o tratamento utilizando cloro livre (50 mg L⁻¹).

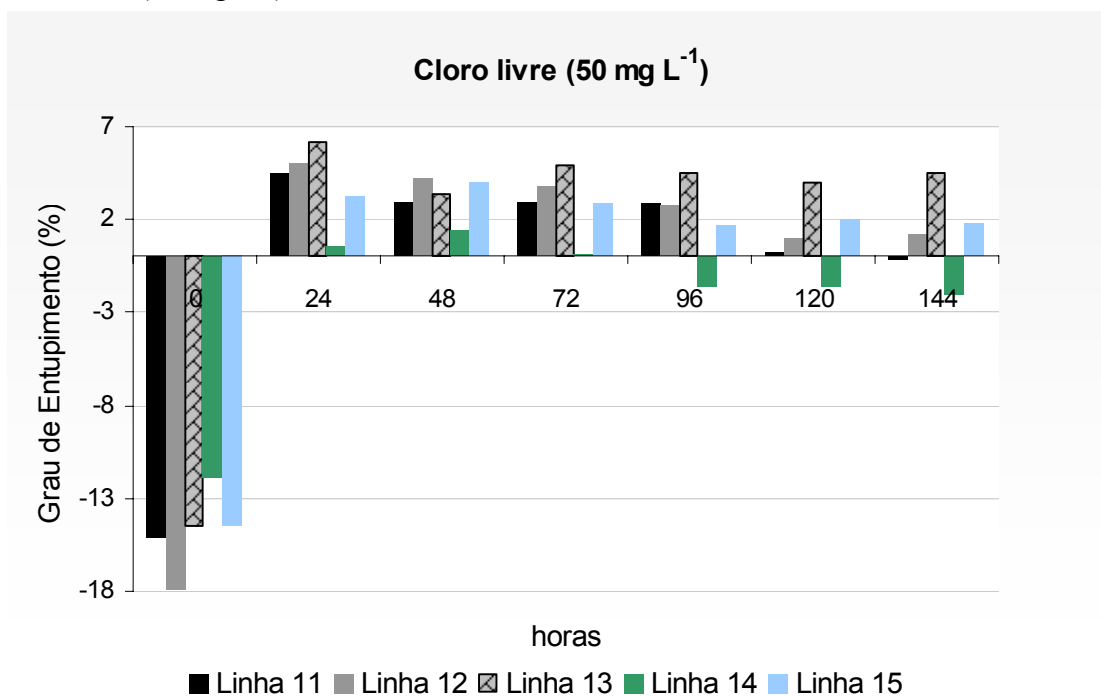


Figura 9. Valores de grau de entupimento (%) quantificados pelo medidor magnético de vazão para o tratamento utilizando cloro livre (50 mg L⁻¹).

A Figura 9 e a Tabela 4 mostram um aumento do grau de entupimento com redução da vazão e coeficiente de variação de vazão (CV_q). Conforme trabalhos desenvolvidos por Koegelenberg & Reinders (2002) na África do Sul, avaliando a performance de emissores entupidos, a retirada de linhas gotejadoras do campo para análises em laboratório, sem os devidos cuidados como: embalagem das mesmas úmidas e cuidados no transporte, podem ressecar o material responsável pelo entupimento e ocorrer desprendimento do mesmo durante o transporte, dificultando as análises em laboratório e tomadas de decisões que sejam eficientes para a desobstrução de emissores entupidos.

Pode-se observar, pelas Figuras 7, 8 e 9, que as linhas gotejadoras apresentaram grau de entupimento negativo indicando uma vazão superior à da vazão nominal fornecida pelo fabricante, o que não condiz com a situação em campo que, conforme o irrigante, encontravam-se entupidas. Provavelmente a retirada dessas linhas gotejadoras do campo e o transporte das mesmas contribuíram para o desprendimento do material que causava a obstrução, sendo que a maior parte desse material, provavelmente, foi retirado das linhas durante a primeira avaliação na bancada de ensaios, pois antes da primeira leitura de vazão foi realizada a lavagem das linhas com os finais de linha lateral abertos, utilizando-se pressão de serviço igual a 150 kPa na entrada da linha.

Uma solução para os problemas encontrados seria a checagem em campo da pressão operacional utilizada para o funcionamento dos emissores e utilizar a mesma pressão operacional em laboratório, somados aos cuidados na retirada, transporte e instalação das linhas gotejadoras em uma bancada de ensaios.

Pelos resultados apresentados, é possível observar que ao sofrer influencia da causa obstrutora, este emissor permitiu um aumento de vazão ao invés de uma redução de vazão. Assim, ao reduzir a vazão com os tratamentos químicos, não significa entupimento, mas, provavelmente, um efeito de recuperação da vazão original (Tabelas 4 e 5).

Observou-se que a pressão de serviço aplicada (150 kPa) pode ter influenciado negativamente, aumentando a probabilidade de se encontrar emissores com excesso de vazão. Novos estudos poderiam ser realizados a fim de se caracterizar a causa obstrutora em sua forma, constituição, aparência, localização, para tubogotejadores que são mantidos sem irrigação por certo período (época das chuvas) e que, posteriormente, são utilizados para atender a demanda evapotranspirométrica exigida pela cultura.

A Tabela 5 apresenta o Teste de Tukey para a Fonte de Variação (Tratamento químico).

Tabela 5. Teste de Tukey para a Fonte de Variação (Tratamento químico)

Tratamento químico	Médias
50 mg L ⁻¹	80,6813 a
Ácido Nítrico a pH 2,0	81,9733 b
10 mg L ⁻¹	82,1913 b

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

6 CONCLUSÕES

Os tratamentos utilizando ácido nítrico a pH 2,0 e 10 mg L⁻¹ de cloro livre, diferiram estatisticamente a 5% de significância pelo teste de Tukey em relação ao tratamento que utilizou 50 mg L⁻¹ de cloro livre para desentupimento dos gotejadores.

O tratamento com 50 mg L⁻¹ de cloro livre foi o mais eficiente estatisticamente a 5% de significância pelo teste de Tukey para recuperação da vazão dos gotejadores a valores próximos da vazão nominal de catálogo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOMAN, B.J.; PARSONS, M.L. Changes in Microsprinkler Discharges Resulting from long-term use. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v. 9, n. 3, p. 281-284, 1993.

BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F.S.; GILBERT, R.G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural and Water Management**. Atlanta, v. 2, p. 149-162, 1979.

CORDEIRO, E.A. **Influência do tratamento de água ferruginosa no desempenho de sistema de irrigação por gotejamento**. 2002. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GHAEMI, A.; CHIENG, S. Emitter clogging and hydraulics in micro-irrigation lines. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1999, Toronto. St Joseph: ASAE, 1999. (Paper 992211).

GILBERT, R.G.; FORD, H.W. Operational principles/emitter clogging. In: NAKAYAMA, F.S.; BULKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p. 142-63.

KELLER, J.C.; BLISNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: van Nortrand Reinhold, 1990, 652 p.

KOEGELENBERG, F., REINDERS, F. Performance of drip irrigation systems under field conditions. ARC – Institute for Agricultural Engineering. Disponível em : <[http:// www.wca-infonet.org/servlet/BinaryDownloaderServlet?filename=documents/8723.Perfomance_of_drip_irrigation.pdf](http://www.wca-infonet.org/servlet/BinaryDownloaderServlet?filename=documents/8723.Perfomance_of_drip_irrigation.pdf)>. Acesso em : 14 jan. 2006.

PARCHOMCHUK, P. Temperature effects on emitter discharge rates. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 19, n. 4, p. 690-692, 1976.

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

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

RESENDE, R. S. **Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica e avaliação do desentupimento via cloração da água de irrigação.** 1999. 77 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

RESENDE, R.S. ***Intrusão radicular e efeito de vácuo em gotejamento enterrado na irrigação de cana-de-açúcar.*** 2003. 124 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SOLOMON, K.H. Global uniformity of trickle irrigation system. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 4, p. 1151-8, 1985.

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 – AGRIAMBI**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p 5-9, 2006.

VIEIRA, G. H. S. **Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas.** Viçosa, MG: Impr. Univer., 2002. 92p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ZUR, B.; TAL, S. Emitter discharge sensitivity to pressure and temperature. **Journal of the Irrigation and Drainage Engineering Division.** New York, v. 107, n.1, p. 1-9, 1981.