RECUPERAÇÃO DE GOTEJADORES OBSTRUÍDOS DEVIDO À UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS FERRUGINOSAS[1]

Gustavo Haddad Souza Vieira[2], Everardo Chartuni. Mantovani[3], José Geraldo Ferreira da Silva[4], Márcio Mota. Ramos[5], Cláudio Mudado Silva[6] e Élio de Almeida Cordeiro [7],

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a eficiência da utilização de produtos químicos, bem como o impacto mecânico na desobstrução de gotejadores entupidos, devido à utilização de águas com elevado teor de ferro. Um sistema de irrigação por gotejamento foi adaptado para realização dos testes. Foram testados oito tratamentos de desobstrução, sendo sete com aplicação de produtos químicos e um com impacto mecânico. Para os tratamentos químicos, utilizaram-se: o ácido fosfórico com pH 2 e pH 3; o hipoclorito de sódio com as dosagens de 100, 50 e 25 mg L^{-1} de cloro; e Reciclean com as dosagens de 50 e 25 mg L^{-1}. Diante dos resultados obtidos conclui-se: o tratamento com ácido fosfórico em pH 2,0 forneceu o melhor resultado quanto ao aumento da uniformidade de aplicação de água pelo sistema, apresentando o maior aumento nos valores de CUD e CUC, mas possui um custo elevado. O tratamento com 25 mg L^{-1} de cloro apresentou a melhor relação benefício/custo, sendo o mais econômico e o segundo melhor quanto à melhoria da uniformidade de irrigação do sistema. O impacto mecânico é uma alternativa para recuperação de sistemas de irrigação por gotejamento em geral, com destaque para sistemas de cultivos orgânicos.

PALAVRAS-CHAVE: Irrigação por gotejamento, desentupimento, águas ferruginosas, uniformidade de aplicação de água.

INTRODUÇÃO

Um dos aspectos mais importantes a ser observado no manejo da irrigação é a uniformidade de distribuição de água pelo sistema. Na irrigação localizada, vários fatores podem comprometer esta uniformidade. O entupimento de emissores pode resultar de causas físicas, biológicas, ou química. Segundo MARTINKO et al. (1997), o entupimento ocorre devido à ação bacteriana associada ao ferro, que ao ser oxidado da forma ferrosa (Fe^{2+}) para a forma férrica (Fe^{3+}), forma precipitados de hidróxido férrico ($Fe(OH)_3$) muito insolúveis em água. Na região Sudeste do Brasil, freqüentemente encontram-se águas que apresentam elevados teores de ferro total, elemento este que pode provocar sérios problemas de entupimento, principalmente quando presente em forma reduzida, podendo precipitar-se no interior das tubulações quando oxidado, favorecendo,ainda, o desenvolvimento de ferrobactérias (CORDEIRO, 2002). Podem ser usados diversos produtos para recuperação de gotejadores obstruídos, como o cloro,

---

[1]Extraído de Dissertação de Mestrado do 1° autor, apresentada à UFV. Trabalho financiado pelo PNP&D-café / EMBRAPA.
[2]Eng. Agrônomo, M.S. Engenharia Agrícola. DEA-UFV. Irrigação e Drenagem. Campus Universitário, Viçosa-MG. CEP 36571-000. (31)3899-2852. ghsv2000@yahoo.com.br
[3]Professor Titular, DEA-UFV, Viçosa-MG. Fone: (31) 3899-1913. everardo@ufv.br
[4]INCAPER, Caixa Postal 62, CEP 29900-970, Linhares, ES. jgeraldo@incaper.es.gov.br
[5]Professor Titular, DEA-UFV, Viçosa-MG. mmramos@ufv.br
[6]Professor Titular, DEF-UFV, Viçosa-MG. mudado@ufv.br
[7]Lic. em Ciências Agrícolas, M.S. em Eng. Agrícola. Prof. da Escola Agrotécnica Federal de Santa Teresa/ES,

o peróxido de hidrogênio e ácidos. Segundo PITTS et al. (1990), o ácido pode ser usado para abaixar o pH da água e reduzir o potencial de precipitação química, aumentando a efetividade do cloro injetado. Ácido sulfúrico, clorídrico, fosfórico e nítrico são usados para esse propósito. Portanto, o presente trabalho tem como objetivos: Avaliar a desobstrução de gotejadores, utilizando diferentes concentrações de hipoclorito de sódio, de ácido fosfórico, bem como um produto comercial (Reciclean) e um tratamento com impacto mecânico; determinar a concentração do produto mais eficiente no processo de desobstrução e fazer análise de custo das aplicações.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Vista Alegre, Jaboticatubas – MG. A área é irrigada por um sistema de irrigação por gotejamento marca Plastro, emissores Katif, com vazão nominal de 2,3 L h^{-1}, autocompensantes, espaçados de 0,8 m entre si, em linhas de 90 m de comprimento com cerca de oito anos de funcionamento. Uma análise preliminar da água de irrigação indicou um teor de ferro total igual a 0,7 mg L^{-1}, o que a classifica como sendo de moderado poder de entupimento, segundo BUCKS & NAKAYAMA (1980). Constataram-se problemas de entupimento dos emissores, além da formação de mucilagem nas paredes internas das tubulações. Para realização do experimento, foi necessário fazer uma alteração no sistema de irrigação. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições. Cada repetição constou de quatro linhas laterais consecutivas. Foram testados três produtos químicos, sendo dois deles com duas concentrações, um com três concentrações e um tratamento físico de impacto mecânico na recuperação de gotejadores obstruídos, totalizando oito tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Especificação dos tratamentos aplicados

TRATAMENTO	PRODUTO	CONCENTRAÇÃO	OBSERVAÇÃO
T1	Ácido Fosfórico (85%)	Titulação até pH 2	Recomendação
T2		Titulação até pH 3	Acima da recomendação
T3	Hipoclorito de Sódio (12%) + Ácido	100 mg L^{-1}	200% da recomendação
T4		50 mg L^{-1}	Recomendação
T5		25 mg L^{-1}	50% da recomendação
T6	-------	-------	Impacto mecânico
T7	Reciclean	50 mg L^{-1}	200% da recomendação
T8		25 mg L^{-1}	Recomendação

Nos tratamentos com ácido fosfórico, foram testados dois níveis de pH diferentes, sendo que no Tratamento T1 utilizou-se um pH da água igual a 2, conforme recomendado na literatura, e no Tratamento T2, o pH igual a 3, para testar o efeito de uma concentração menor do ácido. Foram realizados três tratamentos com hipoclorito, denominados T3, T4 e T5, utilizando-se uma concentração de cloro ativo igual a 100, 50 e 25 mg L^{-1}, respectivamente. Nesses tratamentos, usou-se o hipoclorito de sódio (NaOCl), que contém 12% de cloro livre, juntamente com ácido fosfórico (H_3PO_4) 85%, mantendo o pH da solução em torno de 5. O tratamento com impacto mecânico consistiu na aplicação de golpes, com uma vareta metálica, sobre toda a extensão das mangueiras, a fim de desprender as incrustações das paredes internas das mangueiras e do interior dos gotejadores. Este procedimento foi feito com o sistema ligado e os finais de linha abertos. Reciclean é um produto comercial desenvolvido com a finalidade de limpeza de

sistemas de irrigação e é fabricado pela empresa Kemira. É um produto composto de peróxido de hidrogênio e ácido fórmico. Foram testadas duas concentrações, sendo elas 50 e 25 mg L^{-1}, respectivamente aos tratamentos T7 e T8. Os produtos químicos foram injetados na tubulação por meio de um sistema de controle de injeção. O modo de aplicação foi semelhante em todos os tratamentos, fazendo-se três aplicações em cada um. Após a primeira avaliação, era feita a primeira aplicação, com duração de dez minutos. A segunda e a terceira aplicações foram feitas com duração de uma hora cada. Terminada a aplicação, o sistema era imediatamente desligado e deixado em repouso por aproximadamente 12 horas, quando era feita a abertura dos finais de linha e ligado o sistema novamente para realizar a lavagem das mangueiras. As avaliações foram realizadas, seguindo-se a metodologia proposta por KELLER & KARMELI (1975), modificada por Denículi et al. (1980), em que é medida a vazão de 8 gotejadores por linha lateral em cada uma das 4 linhas laterais, totalizando 32 gotejadores por setor. Com esses valores foi calculado o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) (KELLER & KARMELI, 1975) e o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (BERNARDO, 1995). A fim de selecionar o tratamento com a melhor relação benefício/custo, foi realizada uma análise de custo. Os resultados obtidos foram analisados, estatisticamente, com 5% de probabilidade, procedendo-se à análise de variância e aplicando o teste de Tukey para comparação de médias entre tratamentos. Foram comparados os aumentos nos valores de CUD e CUC da última avaliação em relação à primeira, ou seja, subtraiu-se o valor obtido na última avaliação pelo valor da primeira. Esses valores foram comparados pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Coeficiente de Uniformidade de Distribuição: Para avaliar os efeitos dos tratamentos na limpeza dos sistemas de irrigação, os valores de CUD foram classificados segundo a norma ASAE (1996). Na Figura 1 são apresentados os valores de CUD médio, antes e depois de cada aplicação dos tratamentos e sua classificação.

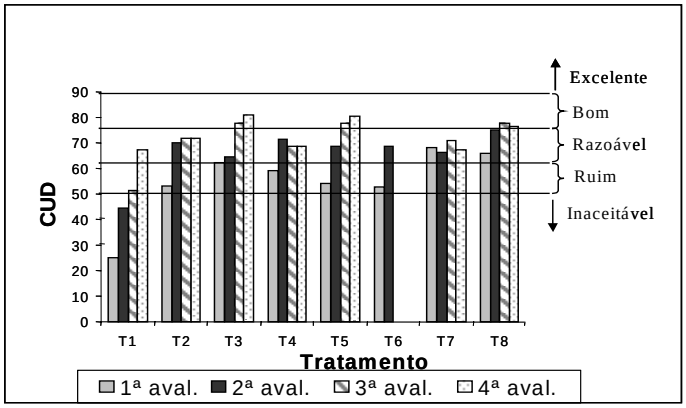

Figura 1 – Valores de CUD médio para os tratamentos e faixas de classificação quanto à norma ASAE EP 458 (1996).

Para o tratamento T1, observa-se que a uniformidade inicial (antes das aplicações) estava na faixa inaceitável, passando para ruim na terceira avaliação e razoável na quarta.. Mas, mesmo assim, houve um aumento no valor de CUD, melhorando as condições de distribuição da água na lavoura, o que pode ser considerado como um

efeito positivo deste tratamento. Os tratamentos T2, T4 e T6 passaram da faixa ruim para a razoável, mostrando também um efeito benéfico destes tratamentos. O tratamento T5 passou de ruim para bom. Os tratamentos T3 e T8 passaram da faixa razoável para bom, enquanto o tratamento T7 permaneceu na mesma faixa (razoável).

Coeficiente de Uniformidade de Christiansen: A figura 2 apresenta os valores de CUC médio, para os tratamentos em cada avaliação, e sua classificação, segundo Mantovani (2002). Observa-se uma heterogeneidade considerável nos valores iniciais de CUC, de maneira similar ao que ocorreu com os valores de CUD.

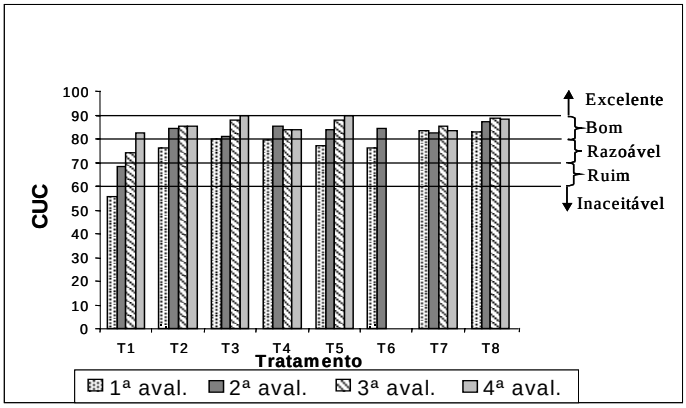

Figura 2 – Valores de CUC médio para os tratamentos e faixas de classificação, segundo Mantovani (2002).

No tratamento com ácido fosfórico em pH 2 (T1), a uniformidade passou da faixa inaceitável para bom na quarta avaliação. O tratamento com ácido fosfórico a pH 3 (T2) passou de razoável, na primeira avaliação, para bom na quarta. Para os tratamentos com hipoclorito de sódio, os valores de CUC mantêm-se na faixa bom, em todas as avaliações, com exceção da concentração de 25 mg L^{-1} (T5), que na primeira avaliação encontrava-se na faixa razoável, passando para bom nas outras avaliações. No tratamento com impacto mecânico (T6), houve um ganho de uniformidade, passando da faixa razoável, para bom. Os valores de CUC para os tratamentos com Reciclean (T7 e T8) não sofreram grande alteração, mantendo-se na faixa bom em todas as avaliações.

Análise estatística: Para comparar os efeitos dos tratamentos no aumento da uniformidade de distribuição, foram calculados os aumentos desses valores após a aplicação dos tratamentos, em relação aos valores iniciais, antes das aplicações. A Tabela 2 apresenta os aumentos nos valores de CUC e CUD da primeira para a última avaliação, analisados pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Aumento nos valores de CUC e CUD após aplicação dos tratamentos, em relação aos valores iniciais e análise estatística pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade

Tratamento	Aumento do CUC	Teste de Tukey*	Aumento do CUD	Teste de Tukey*
T1	27,10	a	42,29	a
T2	8,94	a b	18,55	a b
T3	9,31	a b	18,55	a b
T4	4,45	b	9,63	a b
T5	12,91	a b	26,64	a b
T6	8,06	a b	16,01	a b
T7	-0,30	b	-0,65	b
T8	5,36	b	10,50	a b

*As médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em um nível de 5% de probabilidade.

Observa-se, para os valores de CUD, que o tratamento T1 diferencia-se apenas do tratamento T7. Para os demais tratamentos, não houve diferença estatística. Para os valores de CUC, houve diferença estatística apenas entre o tratamento com ácido fosfórico a pH 2,0 (T1) e os tratamentos com Reciclean (T7 e T8) e 50 mg L^{-1} de hipoclorito de sódio (T4). Para os demais tratamentos, não houve diferença estatística.

Análise de Custo: O tratamento T1, embora superior nos quesitos aumento do CUD e do CUC, possui um custo muito elevado, inviabilizando seu uso em equipamentos instalados em lavouras de culturas de baixo a médio valor econômico. O tratamento T5, além de possuir a segunda maior posição no quesito citado anteriormente, possui o menor custo, mostrando-se o tratamento com a melhor relação benefício/custo, seguido pelos tratamentos T2, T3 e T6. Nos tratamentos de T3 a T5, observa-se que o custo maior é devido ao ácido fosfórico (Tabela 3). Esse custo poderia ser reduzido, usando-se outro ácido, como o clorídrico ou o sulfúrico, que possuem um valor de mercado aquém do utilizado no experimento. A análise de custos dos resultados é apresentada na Tabela 3. Para os tratamentos de T3 a T5, são mostrados os custos individualizados de hipoclorito e ácido. O tratamento T1 foi o que se mostrou mais oneroso, seguido pelo tratamento T7. O tratamento T5 mostrou-se mais econômico que os demais, seguido pelo tratamento T2. Como se observa, o tratamento T6 possui um custo bem abaixo daquele dos outros tratamentos, cujos resultados foram similares para a limpeza dos emissores. Entretanto, há de evidenciar o fato de que não há aplicação de nenhum produto químico, o que seria necessário para a morte das ferrobactérias e algas. Isto implica que, em curto prazo, o efeito seja satisfatório, mas o resíduo que fica na mangueira pode servir de inóculo para um novo desenvolvimento de colônias. Uma boa alternativa, seria associar este tratamento à utilização de um produto químico, como o cloro ou ácido, o que só seria possível caso não fosse utilizado em cultivos orgânicos, pois, neste tipo de agricultura, não é permitido o uso desses produtos.

Tabela 3 – Quantidades e custos dos produtos para as condições experimentais

		Concentração L m^{-3}	Valor (R$) L de Produto	Custo R$ m^{-3}	1 aplicação R$ ha^{-1}	3 aplicações R$ ha^{-1}	
T1	ácido	1,20	9,72	11,66	77,80		169,13
T2	ácido	0,20	9,72	1,94	12,97		28,19
T3	hipoclorito	1,22	0,6	0,73	4,88	10,61	
	ácido	0,25	9,72	2,43	18,64	35,24	45,85
T4	hipoclorito	0,61	0,60	0,37	2,44	5,31	
	ácido	0,18	9,72	1,75	13,42	25,37	30,68
T5	hipoclorito	0,43	0,60	0,26	1,72	3,74	
	ácido	0,15	9,72	1,46	11,18	21,14	24,88
T7	reciclean	0,25	17,00*	4,25	28,35		61,63
T8	reciclean	0,13	17,00*	2,13	14,17		30,81
			Hora homem ha^{-1}	Horas de trabalho por dia	Custo por pessoa por mês (R$)	Custo/ dia (R$)	Custo/ha (R$)
T6	Impacto mecânico		14	7	302,22	15,11	30,22

*O valor deste produto acompanha o dólar americano. A conversão para o Real foi feita no dia 26 de agosto de 2002. O valor do Reciclean é US$ 5,50 por litro.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, é possível concluir que: O tratamento com ácido fosfórico em pH 2,0 foi o que forneceu o melhor resultado, quando avaliou-se a melhoria da uniformidade de irrigação do sistema, pois, apresentou o maior aumento

nos valores de CUD e CUC; entretanto possui um custo elevado; o tratamento com 25 mg L^{-1} de hipoclorito de sódio foi o que apresentou a melhor relação benefício/custo, sendo o mais econômico e o segundo melhor na melhoria da uniformidade de irrigação do sistema; o tratamento com impacto mecânico constitui uma alternativa para recuperação de sistemas de irrigação por gotejamento em geral, com destaque para sistemas de cultivos orgânicos; o produto Reciclean não forneceu um resultado satisfatório, nas três aplicações realizadas, para a concentração de 50 mg L^{-1}; entretanto, para a concentração de 25 mg L^{-1}, pode ser necessário que se faça maior número de aplicações para que tenha uma conclusão sobre sua efetividade.

LITERATURA CITADA:

ASAE EP 458. Field evaluation of microirrigation systems. ASAE Standards. St. Joseph, p.792-797, 1996.

BERNARDO, S. Manual de irrigação, 6ª ed. Viçosa, Impr. Univ., 657p. : il. 1995.

BUCKS, D.A.; NAKAYAMA, F. S. Injection of fertilizer and other chemicals for drip irrigation. Proc. Agri-Turf Irrig. Conf., Houston, Texas, Irrigation Association, Silver Spring, Maryland. p 166-180. 1980.

CORDEIRO, E. A. Influência do tratamento de água ferruginosa no desempenho de sistema de irrigação por gotejamento. Dissertação de mestrado. UFV – Viçosa-MG. 92 p. 2002.

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-MG, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 133 p. 1975.

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

MARTINKO, J.; JOHN, M.; PACK, J. Biology of microorganisms. A Viacom Company Upper Saddle River, New Jersey. 1997.

PITTS, D.J. ; HAMAN, D.Z. ; SMAJSTRLA, A.G. Causes and prevention of emitter plugging in microirrigation systems. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida . Bulletin 258. 12 p. 1990.