

DESENVOLVIMENTO DE OBSTRUÇÕES EM GOTEJADORES E EFICIÊNCIA DO CONTROLE USANDO DOIS TIPOS DE ÁCIDOS

Manoel Januário da Silva Júnior¹; José Francismar de Medeiros²

¹*Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, mjanuari@esalq.usp.br*

²*Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, Mossoró, RN*

1 RESUMO

Em irrigação localizada a qualidade da água é fundamental para o desempenho dos emissores. Uma consequência é a obstrução que reduz a uniformidade de emissão. Assim, os objetivos deste trabalho foram estudar o efeito da qualidade da água sobre o desenvolvimento de obstruções, bem como testar a eficiência de dois tipos de ácidos no controle dessas obstruções. O experimento foi instalado no delineamento inteiramente aleatorizado, no esquema fatorial 4x2 com duas repetições. Os tratamentos foram quatro tipos de água e dois ácidos (nitríco e clorídrico). Foi feita uma avaliação do sistema antes e outra após a acidificação. Para cada tratamento foram calculados a vazão, o coeficiente de variação de fabricação e a uniformidade de emissão. A qualidade da água de irrigação não influenciou a vazão, o coeficiente de variação de fabricação e a uniformidade de emissão. O uso de ácido nitríco e clorídrico foi eficiente no controle de obstruções. O uso do ácido clorídrico fica limitado a águas com menores teores de bicarbonatos.

UNITERMOS: Gotejamento, qualidade de água, uniformidade de emissão, acidificação

SILVA JÚNIOR, M. J. da; MEDEIROS, J. F. de. DEVELOPMENT OF DRIPPER CLOGGING AND CONTROL EFFICIENCY USING TWO TYPES OF ACIDS

2 ABSTRACT

In drip irrigation water quality is fundamental for emitter performance. Clogging is a consequence that reduces emission uniformity. Thus, this paper aimed to study water quality effect on the development of clogging and efficiency of acid types in clogging control. The experiment was installed in a completely randomized design with a 4x2 factorial scheme and two replications. The treatments were four types of water and two acids (nitric and hydrochloric). System evaluations were made before and after the acidification. For each treatment the following were calculated: flow, manufacturer's variation coefficient and emission uniformity. Water quality did not affect flow, manufacturer's variation coefficient and emission uniformity. The use of nitric and hydrochloric acids was efficiency on clogging control. The use of hydrochloric acid is limited to waters with low bicarbonate levels.

KEYWORDS: Drip irrigation, water quality, emission uniformity, acidification

3 INTRODUÇÃO

A principal forma de irrigação praticada no Estado do Rio Grande do Norte, mais especificamente no Pólo de Irrigação Mossoró - Baraúna é a irrigação localizada, principalmente nas culturas do melão, manga e banana. De acordo com Nakayama & Bucks (1986), esse método de irrigação é vantajoso devido aos seguintes requisitos: maior eficiência no uso de água; possibilidade de obtenção de uma maior produtividade; possibilidade de uso de água salina ou solos salinos; maior eficiência na aplicação de fertilizantes; limitação do crescimento de plantas daninhas; requerimento de pequena necessidade de mão-de-obra; e não interferência em práticas culturais. No entanto, é desvantajosa devido à possibilidade de obstrução total ou parcial dos emissores; acúmulo de sais na periferia do bulbo molhado; e elevado custo inicial.

Considerando a possibilidade de obstrução dos emissores, Hernandez & Petinari (1998) afirmam que a qualidade da água é fundamental para o desempenho dos emissores, devido, principalmente, a pequena dimensão do orifício que pode ser obstruído pela presença de agentes físicos, químicos e/ou biológicos na água de irrigação.

Rodrigo Lopez et al. (1992) definem três tipos de obstruções: as físicas, que são provocadas por materiais minerais e/ou orgânicos em suspensão na água, ou que são transportados por ela, e aderem aos emissores interrompendo a livre passagem de água; as biológicas, que são ocasionadas por organismos vivos ou partes desses incorporados na água de irrigação, que se desenvolvem posteriormente por dentro da instalação, ocasionando problemas; e as químicas, que são aquelas que se desenvolvem através de precipitações de substâncias dissolvidas na água, tais como bicarbonatos e sulfatos.

Na região produtora de Mossoró/RN, a água usada na irrigação é em sua maioria proveniente de poços instalados no aquífero calcário, as quais são ricas em bicarbonatos e sulfatos de cálcio, que rotineiramente se precipitam formando incrustações no interior das tubulações. Segundo Rodrigo Lopez et al. (1992), a precipitação acontece quando a concentração dos íons problemáticos ultrapassa o produto de solubilidade para o pH e temperatura da água. Em Mossoró e região, em condições normais, a água confinada no aquífero calcário possui temperatura elevada. Quando essa é bombeada à superfície, entra em contato com uma maior concentração de oxigênio, que possibilita uma transformação de parte do dióxido de carbono dissolvido em carbonatos e bicarbonatos, provocando um aumento de pH. Ao mesmo tempo, ocorre redução na temperatura da água criando condições ótimas para o aparecimento de precipitados químicos.

Uma consequência da obstrução é a redução na uniformidade de emissão, a qual reduz a eficiência de aplicação de água e ainda leva a uma perda de controle sobre o manejo da água, e em casos extremos inutilização do sistema (Hernandez & Petinari, 1998).

Ayers & Westcot (1991) afirmam que uma das formas de reduzir a precipitação de carbonato de cálcio é a adição de materiais ácidos à água. Pizarro (1990) recomenda para o controle de obstruções oriundas de precipitados químicos, a utilização de ácido para reduzir o pH da água para 2,0 e depois aplicar água não acidificada sob pressão.

Assim, os objetivos deste trabalho foram estudar o efeito da qualidade da água sobre o desenvolvimento de obstruções, bem como testar a eficiência de dois tipos de ácidos no controle dessas obstruções.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização do sistema de irrigação

Realizou-se o estudo em um sistema de irrigação por gotejamento constituído de 16 linhas laterais de 40 m cada, com gotejadores autocompensantes de 3,75 L.h⁻¹ espaçados de 1,0 m em média. O sistema de irrigação era composto de quatro unidades operacionais que funcionavam independentemente e cada unidade operacional era composta de quatro linhas laterais com válvulas de acionamento manual. Assim, cada linha lateral representou uma subunidade de irrigação.

4.2. Água de irrigação

Na irrigação do experimento foram utilizados quatro tipos de água de salinidade e composição diferentes (S1, S2, S3 e S4), aplicando-se uma em cada unidade operacional. As águas S1 e S4 foram oriundas, respectivamente, do aquífero arenito (poço profundo, baixa salinidade) e do aquífero calcário (poço raso, alta salinidade) (Tabela 1). As águas S2 e S3 foram formadas através de misturas, sendo, respectivamente, duas partes de água arenítica e uma parte de água calcária (Mistura 2:1), e uma parte de água arenítica e duas partes de água calcária (Mistura 1:2).

Tabela 1. Características químicas e físico-químicas das águas dos poços arenítico e calcário utilizadas na irrigação do experimento

Origem da água	pH	CEa (dS.m ⁻¹)	Cátions (mmol _c .L ⁻¹)				Ânions (mmol _c .L ⁻¹)			RAS (mmol.L ⁻¹) ^{0,5}
			Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	Cl	
Arenítica	8,0	0,55	2,0	0,9	2,8	0,4	4,0	0,2	1,8	2,32
Calcária	7,1	4,00	14,3	18,2	9,6	0,7	5,2	-	9,2	2,38

4.3. Aplicação dos ácidos

Os dois tipos de ácidos utilizados (nitríco e clorídrico) foram aplicados em duas linhas laterais de cada unidade operacional, tendo-se como base as recomendações de Pizarro (1990) para tratamento de limpeza. De acordo com a curva de titulação para a água usada no momento da aplicação dos ácidos (S1), utilizou-se uma dosagem de 1,4 mL.L⁻¹ de ácido clorídrico e 1,12 mL.L⁻¹ de ácido nítrico.

A concentração das soluções ácidas no tanque de fertirrigação variou de acordo com a vazão do injetor. Essa foi medida antes de cada bateria de aplicação de ácidos e de acordo com a taxa de injeção medida, as soluções ácidas foram diluídas de forma a assegurar na água de irrigação àquelas dosagens indicadas pela curva de titulação. A aplicação foi feita através de um injetor tipo *venturi* a uma pressão de 20 kPa no cabeçal de controle. Um tempo de aplicação foi estabelecido em função do volume de água que toda a rede do sistema de irrigação comportava. Quando se atingiu o tempo de aplicação pré-estabelecido, checkou-se o valor do pH no último gotejador das linhas laterais através de um medidor portátil com resolução de 0,1. Com isso desligou-se o sistema, mantendo-o parado durante uma hora com a água acidificada. Após isto, fez-se uma lavagem do sistema, abrindo-se inicialmente as extremidades das mangueiras e aplicando-se no cabeçal de controle a maior pressão possível (98,1 kPa) até a água sair limpa, momento em que as pontas foram fechadas para a limpeza dos emissores durante 15 minutos, aproximadamente.

Foi feita avaliação do sistema antes e após a aplicação dos ácidos, medindo-se a vazão dos 16 gotejadores equidistantes ao longo das linhas laterais. Para cada tratamento foram

calculados as vazões médias, o coeficiente de variação de fabricação (C.V._f) e a uniformidade de emissão (U.E.), conforme Keller & Bliesner (1990):

$$C.V._f = \frac{\sqrt{\frac{\sum (q_i - \bar{q})^2}{n-1}}}{\bar{q}} \times 100$$

$$U.E. = \frac{\bar{q}_{25}}{\bar{q}} \times 100$$

Em que:

q_i - Vazão do i -ésimo emissor avaliado;

\bar{q} - Vazão média dos emissores avaliados;

n - Número de emissores avaliados;

\bar{q}_{25} - Vazão média do menor quartil.

Para análise de variância, primeiro estudou-se o efeito do tipo de água na performance dos gotejadores, usando o delineamento inteiramente aleatorizado com 4 tratamentos e 4 repetições. Em seguida, consideraram-se os fatores, tipo de água (4 níveis) e tipo de ácido (2 níveis) em fatorial 4 x 2, no delineamento inteiramente aleatorizado com 2 repetições.

Quando um emissor avaliado não apresentava nenhum fluxo de água, esse foi considerado totalmente obstruído e contabilizado como obstrução, não o excluindo da contagem para o coeficiente de variação de fabricação e para a uniformidade de emissão. Para essa variável não foi possível fazer análise de variância, pois o seu aparecimento era aleatório podendo ou não ter repetição ou mesmo nem aparecer.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação do sistema de irrigação antes da aplicação dos ácidos mostra que a vazão para os diferentes tipos de água não difere estatisticamente, ficando com média de 3,65 L. h⁻¹ (Tabela 2). Entretanto, o sistema apresentou uma uniformidade de emissão baixa, em média 68,5%, que juntamente com o alto valor do coeficiente de variação de fabricação (em média 24,65%) confirmam que o sistema está fora dos padrões da irrigação localizada. Apesar das vazões não serem estatisticamente diferentes entre os tipos de água, a porcentagem de gotejadores obstruídos foi maior para o caso da água arenítica (3,13%) (Tabela 2). Isso se deve, provavelmente, ao fato da água ser armazenada em tanques que ficam parte do dia descobertos, facilitando o desenvolvimento de algas, que de acordo com Rodrigo Lopez et al. (1992) provoca obstruções de causa biológica. Além disso, essa água, apesar de ser de baixa salinidade, apresenta valores de bicarbonato elevados e pH mais alto do que as demais, que favorecem as obstruções químicas.

Pode-se verificar que quando se aplicou os ácidos os gotejadores obstruídos desapareceram, confirmando as afirmações de Pizarro (1990) e Ayers & Westcot (1991) de que o uso de ácidos é eficiente no controle das obstruções dos emissores de irrigação localizada (Tabela 3).

Tabela 2. Vazão (Q), coeficiente de variação de fabricação (C.V._f) e uniformidade de emissão (U.E.) antes de ser realizado o tratamento com os ácidos, em função da água de irrigação aplicada

Água de Irrigação	Médias ¹			Obstrução (%)
	Q (L.h ⁻¹)	C.V. _f (%)	U.E. (%)	
Arenítica	3,66 a	26,2 a	68,2 a	3,13
Mistura 2:1	3,80 a	18,2 a	74,8 a	1,56
Mistura 1:2	3,48 a	32,0 a	58,0 a	1,56
Calcária	3,66 a	22,2 a	71,2 a	1,56
Média geral	3,65	24,65	68,5	1,95
C.V. (%)	7,5	41,8	22,0	

¹ Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey à 5%.

Tabela 3. Vazão (Q), coeficiente de variação de fabricação (C.V._f) e uniformidade de emissão (U.E.) depois de ser realizado o tratamento com os ácidos

FATOR	Médias ¹			Obstrução (%)
	Q (L.h ⁻¹)	C.V. _f (%)	U.E. (%)	
Água de Irrigação				
Arenítica	3,92 a	6,25 b	92,0 a	0,0
Mistura 2:1	3,87 a	6,50 b	91,8 a	0,0
Mistura 1:2	3,85 a	15,00 a	83,8 b	0,0
Calcária	4,08 a	7,00 b	91,2 a	0,0
Ácido				
Nítrico	3,95 a	7,50 b	91,00 a	0,0
Clorídrico	3,91 a	9,88 a	88,44 b	0,0
Media geral	3,93	8,69	89,72	0,0
C.V. (%)	3,2	15,5	2,4	

¹ Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (fator água) ou pelo teste “t” (fator ácido) à 5% de probabilidade.

Nesta avaliação verificou-se, também que o tipo de água de irrigação não influenciou a vazão dos emissores. Entretanto, para os parâmetros, coeficiente de variação de fabricação (C.V._f) e uniformidade de emissão (U.E.), observou-se diferença estatística entre a água proveniente da mistura 2:1 e as demais (Tabela 3). Devido à mistura, essa água apresentava pH e HCO₃ elevados que, provavelmente, contribuíram para resistência ao controle das obstruções com a adição de ácido, haja vista que ao juntar as características das duas águas originais, resultou em outra mais “dura”, favorecendo a formação de encrustações mais rígidas, e difíceis de serem completamente removidas em uma única aplicação do tratamento.

Analisando-se o fator ácido, ainda na Tabela 3, verifica-se diferenças estatísticas para as variáveis, coeficiente de variação de fabricação e uniformidade de emissão e que o ácido nítrico foi mais eficiente do que o clorídrico no restabelecimento dos padrões avaliados.

Estudando-se a interação entre os fatores para as variáveis com efeitos significativos (Tabela 4), verificou-se que o ácido clorídrico foi menos eficiente que o nítrico apenas para mistura 1:2 a qual já tinha sido verificado anteriormente ser uma água mais “dura”. Esse comportamento pode ser observado tanto quando se estudam as águas dentro dos ácidos como

os ácidos dentro das águas. Assim, para águas com características semelhantes a mistura 1:2, o ácido clorídrico não deve ser recomendado para o controle de obstruções.

Tabela 4. Desdobramento da interação ácido x água para o coeficiente de variação de fabricação (C.V._f) e para a uniformidade de emissão (U.E.)

ÁGUA	C.V. _f (%)		U.E. (%)	
	Nítrico	Clorídrico	Nítrico	Clorídrico
Arenítica	6,0 a A ¹	6,5 b A	93,0 a A	91,0 a A
Mistura 2:1	6,5 a A	6,5 b A	91,5 a A	92,0 a A
Mistura 1:2	10,5 a B	19,5 a A	88,5 a A	79,5 b B
Calcária	7,0 a A	7,0 b A	91,5 a A	91,0 a A

¹ Médias seguidas por mesma letra maiúscula na horizontal, bem como as seguidas de mesma letra minúscula na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de “t” e de Tukey à 5% de probabilidade, respectivamente.

Na Tabela 5, pode-se analisar a relação entre o depois e o antes da aplicação dos ácidos. Essa relação representa o ganho que se teve em cada parâmetro avaliado com a aplicação dos tratamentos ácidos. Verifica-se que tal relação não apresentou diferenças estatísticas significativas em todas as variáveis, com aumento de 8 e 39%, respectivamente, na vazão e na uniformidade de emissão dos gotejadores, e redução de 58% no coeficiente de variação de fabricação. Vale ressaltar, no entanto, que é recomendável se fazer o controle preventivo do pH da água, pois quando se trabalha com águas de origem subterrânea, sobretudo calcária, Rodrigo Lopez et al. (1992) afirmam que os riscos de obstruções são bem maiores.

Tabela 5. Relação entre as médias obtidas depois e antes da aplicação dos ácidos para todas as variáveis estudadas (posterior/anterior)

Fator	Q (L.h ⁻¹)	C.V. _f (%)	U.E. (%)
Água de Irrigação			
Arenítica	1,07 a ¹	0,26 a	1,38 a
Mistura 2:1	1,02 a	0,48 a	1,32 a
Mistura 1:2	1,11 a	0,58 a	1,55 a
Calcária	1,12 a	0,34 a	1,29 a
Ácido			
Nítrico	1,09 a	0,35 a	1,46 a
Clorídrico	1,07 a	0,49 a	1,31 a
Media geral	1,08	0,42	1,39
C.V. (%)	7,16	59,3	23,3

¹ Médias seguidas de mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (fator água) ou pelo teste “t” (fator ácido) à 5% de probabilidade

6 CONCLUSÕES

A qualidade da água de irrigação não influenciou a vazão, o coeficiente de variação de fabricação e a uniformidade de emissão. O uso de ácido nítrico e clorídrico foi eficiente no

controle de obstruções. O uso do ácido clorídrico fica limitado a águas com menores teores de bicarbonatos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29).

HERNANDEZ, F. B. T.; PETINARI, R. A. **Qualidade da água para irrigação localizada**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras; Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.58-60.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652p.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier Science, 1986. 383p.

PIZARRO, F. **Riego localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersion, exudacion**. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1990. 471p.

RODRIGO LOPEZ, J. et al. **Riego localizado**. Santa Cruz de Tenerife: Mundi-Prensa, 1992. 405p.