

**II Workshop Internacional de Inovações
Tecnológicas na Irrigação
&
I Simpósio Brasileiro sobre o uso
Múltiplo da Água**
10 a 13 de junho de 2008
Fortaleza - CE

**DANOS QUÍMICOS EM MEMBRANAS
DE COMPENSAÇÃO DE GOTEJADORES,
CAUSADO PELA APLICAÇÃO DE ÁCIDO NÍTRICO**

**Marconi Batista Teixeira¹; Lilian Cristina Castro de Carvalho²; Rubens Duarte Coelho³; Ralini
Ferreira de Mélo⁴; Aureo Santana de Oliveira⁵;**

¹ Prof. Dr. Hidráulica, Universidade Estadual de Goiás – Unidade Ipameri, Rodovia GO 330 km 241 – Anel Viário, CEP 75780-000, Ipameri, GO, Fone: (64) 3491-1556, e-mail: marconi@esalq.usp.br
² Doutoranda, Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP
³ Prof. Dr. Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP
⁴ Doutora em Irrigação e Drenagem, ESALQ/USP
⁵ Técnico do Laboratório, DER - ESALQ/USP

RESUMO: Este trabalho objetivou avaliar quatorze modelos de gotejadores autocompensantes ao processo de dano químico, causado pela aplicação estática de ácido nítrico por ½ h com descanso do produto na linha por 1 semana. O experimento foi conduzido no Laboratório de Irrigação do DER–ESALQ/USP em uma bancada de ensaios. Foram avaliadas a vazão média (q_m), e o percentual do total de gotejadores, por faixa de redução de vazão. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente aleatorizado em esquema fatorial, sendo utilizados os testes “F” para análise de variância e Tuckey, a 5% de significância, para comparação de médias. Para todos os emissores avaliados, a aplicação estática de ácido nítrico com pH na faixa de 2,0 a 3,0 por ½ h e descanso da solução na linha por 1 semana, não resultou em danos à membrana de compensação, pois a redução máxima observada para a vazão média foi de 5% para o emissor H.

Palavras-chave: ácido nítrico, tempo de exposição, gotejamento.

EVALUATION OF DAMAGES IN MEMBRANES OF COMPENSATING UNDER DIFFERENT CONTACT PERIODS WITH NITRIC ACID

SUMMARY: This work aims to evaluate fourteen pressure compensating models, caused by the static application of nitric acid by ½ h with rest of the product inside the line for 1 week respectively. The experiment was realized in the Irrigation Laboratory at the University of São Paulo/Brazil. Later on, it was calculated: average flow rate (q_m) and percentage of emitters according to flow rate reduction. The statistical analysis of the treatments was accomplished by tests “F” for variance analysis and Tukey, at 5% of significance, for comparison of averages. For all emitters, the static application of acid nitric with pH 2,0 for ½ h and rest of the solution in the line for 1 week, didn't result damage to the membrane, because the maximum reduction observed for flow rate was of 5% for emitter H.

Keywords: nitric acid, exposure time, drip irrigation.

INTRODUÇÃO

O processo de recuperação dos emissores por meio de injeção de ácidos, geralmente, adiciona custos de manutenção ao sistema e em algumas circunstâncias, podem ser ineficientes quando o entupimento for total (GILBERT et al., 1979).

Quando as obstruções já se produziram nas instalações, a maneira mais eficaz de destruí-las é com aplicação de ácido em altas concentrações para baixar o pH da água para 2,0. Dependendo do grau de obstrução, pode ser necessária mais de uma aplicação para que seja possível a remoção de todos os precipitados (SILVA JÚNIOR, 2003).

Os ácidos que podem ser usados para prevenir a formação de precipitados em sistema de irrigação por gotejamento são: ácido clorídrico (ClH) 12 N, ácido sulfúrico (SO_4H_2) 36 N, ácido nítrico (NO_3H) 16 N e ácido fosfórico (PO_4H_3) 45 N (NAKAYAMA e BUCKS, 1986).

A quantidade de ácido para ser injetado depende da capacidade tampão da água de irrigação e a concentração do ácido a ser injetado. Um miliequivalente de ácido neutraliza um miliequivalente de bases completamente.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, utilizando-se uma bancada de ensaios em estrutura metálica, com 11,0 m de comprimento por 4,0 m de largura e 5,80 m de altura. Optou-se por ensaiar tubulações gotejadoras utilizando o espaçamento comercializado e não separar os gotejadores para o ensaio na bancada, evitando assim, diferenças relacionadas à influência de emendas e da proximidade dos emissores, adotando assim condições semelhantes a dos irrigantes, porém foi assegurado um número mínimo de 10 emissores para cada modelo analisado. Como os emissores ensaiados são produtos comerciais, os dados e análises aqui apresentadas foram codificados para evitar qualquer tipo de especulação comercial dos

resultados apresentados, uma vez que os ensaios conduzidos não são normatizados. As letras utilizadas na codificação dos modelos de emissores (A, B, C, ..., N), não têm nenhuma relação com os nomes comerciais dos produtos e nem com a sequência de emissores apresentada na Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta a listagem dos emissores que foram utilizados na pesquisa, com suas características técnicas e a vazão mais comercializada no mercado nacional.

Tabela 1 – Características técnicas dos modelos com fluxo autocompensante, vazões, diâmetro nominal (\varnothing N), pressão de serviço, utilizados na pesquisa

| Código | Fabricante | Modelo | Vazão | \varnothing N | Pressão de serviço |
|--------|-------------|--------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| | | | L h ⁻¹ | mm | kPa |
| A | Irrimon | Irridrip | 2,5 | 16 | 100 – 350 |
| B | Carborundum | Carbodrip PC | 2,3 | 16 | 100 – 400 |
| C | Netafim | Uniram | 1,6 | 17 | 50 – 400 |
| D | Naan | Naan PC | 3,8 | 16 | 100 – 350 |
| E | Plastro | Hydro PCND | 2,35 | 16 | 80 – 350 |
| F | Netafim | Ram | 2,3 | 17 | 50 – 400 |
| G | Drip In | Drip In PC | 2,4 | 16 | 100 – 350 |
| H | Naan | Naan PC | 2,1 | 16 | 100 – 350 |
| I | Netafim | Ram | 1,6 | 16 | 50 – 400 |
| J | Irrimon | Twin Plus | 1,8 | 17,5 | 100 – 350 |
| K | Plastro | Hydro PC | 2,2 | 16 | 80 – 350 |
| L | Netafim | Dripnet PC | 1,6 | 17 | 50 – 400 |
| M | Plastro | Hydro PC | 2,0 | 17 | 80 – 350 |
| N | Irrimon | Vip Line | 3,6 | 16 | 100 – 350 |

Fonte: Catálogos dos fabricantes.

Foi adotado o delineamento inteiramente aleatorizado, em esquema fatorial, com utilização dos testes “F” para análise de variância e Tuckey, a 5% de significância, para comparação de médias. A repetição foi dada pelo número mínimo de gotejadores presentes na linha gotejadora (10), e não pelo número de linhas.

A água utilizada nos ensaios foi proveniente da estação de tratamento de água da ESALQ/USP - Piracicaba, SP. Foram realizadas análises de água no início e após 3 e 6 meses de coleta de dados para monitoramento da qualidade da mesma.

Foram montadas 14 linhas gotejadoras, sendo as mesmas envolvidas por tubo PVC com diâmetro nominal de 25 mm e vedadas junto aos registros no início e no final com o uso de fita isolante de alta fusão, para manter a solução de ácido nítrico com pH

na faixa de 2,0 a 3,0 em contato com toda a parede interna e externa da mangueira e do gotejador.

O procedimento para a aplicação da solução de ácido nítrico com pH na faixa de 2,0 a 3,0, consistiu da pressurização do sistema com estabilização da pressão em 200 kPa no início de cada linha, utilizando-se um manômetro de Bourdon, sendo que todos os finais de linha foram fechados. O sistema de aplicação permitia a recirculação da solução aplicada conforme o seguinte esquema: reservatório → gotejadores → telha → calha → tubo de PVC 100 mm → reservatório.

Para realizar-se a leitura de vazão das linhas gotejadoras que receberam aplicação de ácido nítrico por $\frac{1}{2}$ h, após uma semana de aplicação, utilizou-se um medidor magnético de vazão Conaut – Krohne modelo IFS 4000 W/6 com faixa de leitura de 0-90 m³ h⁻¹ e precisão de 99%.

O procedimento para as leituras de vazão de cada gotejador no início e no final do experimento consistiu da pressurização do sistema (200 kPa), posicionamento de recipientes coletores sob os respectivos gotejadores com uma defasagem de 5 segundos, retirada seqüencial dos coletores após cinco minutos com defasagem de cinco segundos, transporte dos mesmos à bancada de pesagem, pesagem e tabulação dos dados.

A distribuição empírica foi utilizada para calcular a distribuição percentual do número de emissores para diferentes faixas de redução de vazão.

Cálculos estequiométricos foram realizados para a determinação da dosagem de ácido nítrico a ser utilizada, sendo que para efeito de monitoramento, amostras de água foram coletadas para determinar o pH da solução.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores de vazão da linha gotejadora, expresso em L h⁻¹ para cada modelo avaliado e teste de média, respectivamente.

A redução máxima observada para a vazão média e vazão relativa foi de 5% para o emissor H, 3% para os emissores D, I e M, 1% para os emissores B e J e para os demais modelos não ocorreu redução de vazão, ou seja, a aplicação estática de ácido

nítrico com pH na faixa de 2,0 a 3,0 por $\frac{1}{2}$ h e descanso da solução na linha por 1 semana, não resultou em danos à membrana de compensação.

Tabela 2 – Vazão da linha gotejadora (q_L), expresso em $L\ h^{-1}$, no período do ensaio, utilizando o medidor magnético de vazão, para os modelos A a N, com aplicação de ácido nítrico por $\frac{1}{2}$ h com pH na faixa de 2,0 a 3,0 e teste de média, respectivamente

| Modelos | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
| horas | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | Média |
| 0 | 50,64 | 50,80 | 29,82 | 25,2 | 51,07 | 33,19 | 32,10 | 31,03 | 21,88 | 29,41 | 29,85 | 38,4 | 50,65 | 23,00 | 35,36 ^a |
| 168 | 50,67 | 51,04 | 29,71 | 23,29 | 51,04 | 33,35 | 32,26 | 31,15 | 21,25 | 29,54 | 29,73 | 38,52 | 50,56 | 22,97 | 35,36 ^a |
| 336 | 50,84 | 48,63 | 29,79 | 23,17 | 51,05 | 33,26 | 32,02 | 30,89 | 21,87 | 29,51 | 29,86 | 38,32 | 49,9 | 23,04 | 35,22 ^a |
| 504 | 50,71 | 50,24 | 29,67 | 23,12 | 50,86 | 33,21 | 31,83 | 30,82 | 21,44 | 29,19 | 29,78 | 38,38 | 50,65 | 23,05 | 35,25 ^a |
| 672 | 50,68 | 50,18 | 29,86 | 23,29 | 50,88 | 33,29 | 31,87 | 30,81 | 21,83 | 29,23 | 29,93 | 38,32 | 50,22 | 23,08 | 35,28 ^a |
| 840 | 50,48 | 50,20 | 29,33 | 23,14 | 50,9 | 33,11 | 31,36 | 30,83 | 21,13 | 29,2 | 29,81 | 38,37 | 49,47 | 23,05 | 35,04 ^a |
| 1008 | 50,75 | 50,41 | 29,92 | 23,09 | 50,87 | 33,17 | 31,99 | 31,18 | 21,20 | 29,22 | 29,85 | 38,44 | 50,58 | 23,11 | 35,27 ^a |
| 1176 | 50,42 | 50,15 | 29,86 | 23,23 | 50,61 | 33,04 | 31,65 | 30,55 | 21,12 | 29,17 | 29,71 | 38,31 | 50,04 | 23,05 | 35,16 ^a |
| 1344 | 50,60 | 50,09 | 29,46 | 24,67 | 50,44 | 33,28 | 32,18 | 30,36 | 21,34 | 29,19 | 29,8 | 38,57 | 50,38 | 23,04 | 35,29 ^a |
| 1512 | | 49,53 | 24,41 | 23,95 | 46,82 | 33,22 | 30,43 | 29,77 | 21,29 | 29,17 | 29,86 | 38,57 | 49,49 | | 33,87 ^b |
| 1680 | | 50,92 | 29,73 | 25,23 | 51,18 | 33,22 | 31,33 | 29,87 | 21,63 | 29,36 | 29,79 | 38,49 | 49,88 | | 35,44 ^a |
| 1848 | | 50,67 | 30,57 | 25,17 | 51,32 | 33,2 | 31,99 | 30,32 | 21,00 | 29,3 | 29,8 | 38,43 | 49,68 | | 35,43 ^a |
| 2016 | | 49,23 | 29,83 | 24,76 | 50,11 | 33,19 | 32,03 | 30,16 | 21,29 | 29,25 | 29,8 | 38,01 | 49,45 | | 34,94 ^a |
| 2184 | | 49,58 | 29,74 | 24,31 | 50,91 | 33,2 | 32,14 | 30,31 | 21,80 | 29,28 | 29,75 | 38,49 | 48,7 | | 35,27 ^a |
| 2352 | | 49,88 | 29,7 | 24,39 | 51,23 | 33,29 | 31,98 | 30,54 | 21,67 | 29,19 | 29,91 | 38,32 | 48,92 | | 35,29 ^a |
| 2520 | | 50,77 | 29,56 | 25,34 | 51,09 | 33,17 | 32,18 | 30,07 | 21,67 | 29,35 | 29,99 | 38,57 | 49,6 | | 35,83 ^a |
| 2688 | | 50,18 | 29,76 | 24,39 | 51,06 | 33,2 | 31,99 | 29,54 | 21,26 | 29,18 | 29,9 | 38,32 | 49,13 | | 35,28 ^a |

* Média com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

A Figura 1 mostra a distribuição percentual do número de emissores por faixa de redução de vazão.

O maior percentual de emissores com entupimento foi alcançado pelo modelo G com aumento gradativo do entupimento ao longo do experimento, atingindo 10%, 20% e 30% de redução de vazão respectivamente para 27%, 27% e 19% do total de gotejadores.

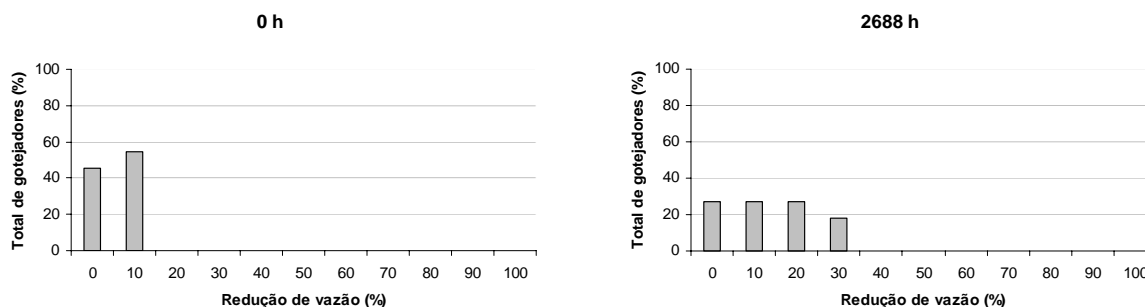


Figura 1 – Percentual do número total de gotejadores (n = 11) por faixa de redução de vazão, para o modelo G, no período do ensaio.

CONCLUSÕES

- a. Para todos os emissores avaliados, a aplicação estática de ácido nítrico com pH 2,0 por $\frac{1}{2}$ h e descanso da solução na linha por 1 semana, não resultou em danos à membrana de compensação, pois a redução máxima observada para a vazão média foi de 5% para o emissor H, enquanto que o maior percentual de emissores por faixa de redução de vazão com entupimento foi alcançado pelo modelo G com aumento gradativo ao longo do experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GILBERT, R. G.; NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Trickle irrigation: prevention of clogging. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22. n. 3, p. 133-148, 1979.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation of crop**. Production design, operation and management. Amsterdam, Elsevier, 1986. 383p.
- SILVA JÚNIOR, M.J. da.; R. A.; ALVES, L. P.; BEZERRA, C.A. de A.; SOUSA NETO, E.R. de.; SOUZA, E.R. de.; DANTAS, D. da C.; MOURÃO, A.C.; OLIVEIRA, J.C. Evolução e controle químico de obstruções em gotejadores em sistemas de irrigação com diferentes águas. **Caatinga**, Mossoró-RN, v.16, n.1/2, p.23-29, dez. 2003.