

AValiação de Danos Químicos em Membranas de Compensação de Gotejadores, Causado pela Aplicação Estática de Ácido Nítrico

Marconi Batista Teixeira; Rubens Duarte Coelho; Ralini Ferreira de Melo; Áureo Santana de Oliveira

Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, marconiirri@hotmail.com

1 RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar a susceptibilidade de membranas de compensação de pressão de 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. O sistema de irrigação foi composto por tubogotejadores envolvidos por tubos de PVC e vedados em suas extremidades para permitir o contato da solução de ácido nítrico a pH 2,0 com todo o tubogotejador. Foi avaliada a vazão das linhas gotejadoras com o uso de um medidor magnético de vazão e o método gravimétrico tanto no início quanto no final do experimento com a retirada dos tubos de PVC que envolviam as linhas gotejadoras. Posteriormente, foram calculados: vazão média (q_m), vazão relativa (Q_r) 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 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.

UNITERMOS: entupimento, tempo de exposição, gotejamento.

TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; MELO, R. F. de; OLIVEIRA, Á. S. de. EVALUATION OF DAMAGES IN DRIPPER COMPENSATION MEMBRANES UNDER DIFFERENT CONTACT PERIODS WITH NITRIC ACID

2 ABSTRACT

This work aimed to evaluate the resistance of fourteen pressure compensation models, caused by the static application of nitric acid for ½ h with product rest inside the line for 1 week. The experiment was conducted in the Irrigation Laboratory of the University of São Paulo/Brazil. The irrigation system consisted of 14 drip lines. For treatments with ½ h application, drip lines were involved by PVC pipes closed in their extremities to allow the contact of the pH 2.0 nitric acid solution. Flow rate of the dripper lines were measured with the use of a magnetic flow rate meter in the beginning and in the end of the experiment. Gravimetric method was used to quantify individual flow rate of emitters in each line. Later

on, average flow rate (q_m), relative flow rate (Qr) and percentage of emitters according to flow rate reduction were calculated. The statistical analysis of the treatments was done by “F” tests for variance analysis and Tukey’s, at 5% of significance, for comparison of averages. For all emitters, the static application of pH 2.0 nitric acid for ½ h and the solution rest in the line for 1 week, did not result in damage to the membrane, because the maximum reduction observed for flow rate was 5% for emitter H; 3% for emitters D, I and M; 1% for emitter B and J; and almost 0% for the other models.

KEYWORDS: clogging, exposure time, drip irrigation.

3 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. Recomenda-se que se aplique o tratamento, em nível de subunidades de irrigação, ou de unidades operacionais, caso as mesmas não sejam muito grandes (Silva Júnior et al., 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 & 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.

A prevenção ao aparecimento da obstrução parcial ou total, dos emissores e linhas de distribuição, mostra-se como a melhor solução em relação à recuperação de todo o sistema (Resende, 1999).

Deste modo, objetivou-se avaliar os danos químicos causados às membranas de compensação de gotejadores pela verificação da alteração de vazão, devido à utilização do tratamento químico da água com ácido nítrico com pH na faixa de 2,0 a 3,0 por ½ h e descanso da solução na linha por uma semana.

4 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 (Figura 1).



Figura 1. Detalhe do experimento conduzido na bancada de ensaios em estrutura metálica.

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

Fabricante	Modelo	Vazão	$\varnothing N$	Pressão de serviço
		L h ⁻¹	mm	kPa
Irrimon	Irridrip	2,5	16	100 – 350
Carborundum	Carbodrip PC	2,3	16	100 – 400
Netafim	Uniram	1,6	17	50 – 400
Naan	Naan PC	3,8	16	100 – 350
Plastro	Hydro PCND	2,35	16	80 – 350
Netafim	Ram	2,3	17	50 – 400
Drip In	Drip In PC	2,4	16	100 – 350
Naan	Naan PC	2,1	16	100 – 350
Netafim	Ram	1,6	16	50 – 400
Irrimon	Twin Plus	1,8	17,5	100 – 350
Plastro	Hydro PC	2,2	16	80 – 350
Netafim	Dripnet PC	1,6	17	50 – 400
Plastro	Hydro PC	2,0	17	80 – 350
Irrimon	Vip Line	3,6	16	100 – 350

Fonte: Catálogos dos fabricantes.

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. Selecionaram-se 14 modelos de gotejadores autocompensantes existentes no mercado nacional, utilizando-se os mais comercializados segundo os fabricantes, embora ocorra uma variação em relação às regiões e às culturas em que o sistema é implantado. Os espaçamentos dos emissores na linha gotejadora, bem como

as vazões e diâmetros de tubulação foram adotados conforme a disponibilidade comercial. Como os emissores ensaiados são produtos comerciais, os dados e análises aqui apresentados 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 seqüência de emissores apresentada na Tabela 1.

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. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa SAS (1999), pelo procedimento GLM. 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.

A água, após passar através 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.

Foram montadas 14 linhas gotejadoras aleatoriamente no Nível 3, 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 em contato com toda a parede interna e externa da mangueira e do gotejador (Figura 2).



Figura 2. Linhas gotejadoras envolvidas por tubos de PVC 25 mm, no nível 3 da bancada de ensaios.

Antes de cada aplicação foi feita uma lavagem das linhas (cinco minutos) com a abertura do final de linha numa pressão correspondente a 200 kPa. Adaptações nos tubos de 100 mm conectados ao fundo de cada uma das calhas permitia descartar a água utilizada para lavagem das linhas em um canal dentro do Laboratório de Irrigação, utilizado para descarte de água proveniente de ensaios.

Após a lavagem das linhas, fechavam-se os registros no final de linha correspondente a cada linha gotejadora, e preparava-se uma solução de ácido nítrico com pH na faixa de 2,0 a

3,0 utilizando-se um volume de água correspondente a 150 L. Em seguida, realizava-se a leitura do pH e da temperatura da solução.

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.

Após a aplicação, o reservatório utilizado para aplicação da solução ácida era higienizado para a completa retirada de resíduos da solução de ácido nítrico, e a água utilizada para a limpeza do mesmo, descartada no canal dentro do Laboratório de Irrigação. Com esse procedimento, utilizava-se em seqüência o reservatório para outro tipo de aplicação.

Para realizar-se a leitura de vazão das linhas gotejadoras que receberam aplicação de ácido nítrico por ½ h, após uma semana de aplicação, 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 m³ h⁻¹ e precisão de 99%.

Após a leitura realizava-se a leitura com o registro fechado para observar a vazão residual e a tabulação dos dados. A leitura de vazão no medidor foi feita em m³ h⁻¹, conforme a equação 1, sendo que para cada leitura aguardava-se a estabilização do medidor magnético de vazão.

A eq. (1) demonstra o cálculo da vazão média (L h⁻¹) de cada modelo de gotejador ensaiado, a partir da vazão total (m³ h⁻¹) obtida pelo uso do medidor magnético de vazão.

$$q_m = \frac{Q}{1000 N} \quad (1)$$

em que:

q_m – vazão média do gotejador, L h⁻¹;

Q – vazão total, m³ h⁻¹; e

N – número de emissores na linha gotejadora.

Devido às linhas gotejadoras estarem envolvidas cada uma por tubos de PVC 25 mm, foram feitos furos em cada tubo na parte superior correspondente ao centro da mangueira. Estes furos permitiam a recirculação da solução e que ao estabilizar a pressão de funcionamento do sistema motobomba, não ocorresse vazamento junto às emendas com fita isolante de alta fusão feitas nas extremidades das mangueiras. Estes também foram posicionados para cima, para evitar perda da solução após o encerramento da aplicação. Ao final da aplicação os registros eram fechados com o sistema ainda em funcionamento, para evitar retorno da solução para o reservatório, garantindo assim que a solução permanecesse em contato com toda a superfície interna e externa da linha gotejadora.

Foram realizadas leituras de vazão individual dos gotejadores em cada uma das 14 linhas gotejadoras no início e no final do experimento, após a retirada dos tubos de PVC que envolviam as mesmas, utilizando, no entanto, o método gravimétrico. O procedimento para as leituras de vazão de cada gotejador consistiu da pressurização do sistema (200 kPa), posicionamento de recipientes coletores (garrafas plásticas) sob os respectivos gotejadores. Para apoiar os recipientes coletores junto aos gotejadores, foram utilizadas placas de madeira (25 x 15 cm²) apoiadas sobre o nível inferior.

O procedimento para leitura, consistiu do posicionamento dos 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.

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 (OHAUS) com precisão de 0,01 g. Cada coletor com água foi pesado; descontando-se sua tara e dividido pela densidade da água, para obtenção em volume. A densidade da água foi obtida pela determinação do peso da água em um balão volumétrico de 500 mL, visando considerar a incorporação de ar, que pode chegar a $21 L m^{-3}$ água.

Diariamente foi feita a medida da temperatura e o pH da solução para o monitoramento adequado do ensaio.

Depois de tabulados os pesos, efetuaram-se os cálculos da vazão, pela eq. (2).

$$q = \frac{P}{1000 t \gamma} 60 \quad (2)$$

em que:

q – vazão do gotejador novo (primeira leitura) ou usado, $L h^{-1}$;

P – peso da água coletada, g;

t – tempo de coleta, min; e

γ – peso específico da água, $N m^{-3}$ ($25^{\circ}C$)

A distribuição empírica foi utilizada para calcular a distribuição percentual do número de emissores para diferentes faixas de redução de vazão. Inicialmente, elaborou-se uma rotina para a divisão em classes de redução de vazão, de acordo com o total de gotejadores para cada modelo de emissor estudado.

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 dos furos feitos nos tubos de PVC 25 mm (localizado na metade do comprimento da linha gotejadora), para determinar o pH da solução.

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 uma curva de titulação conforme os dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Curva de titulação (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 $23,0^{\circ}C$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta o número de gotejadores de cada modelo utilizados para o cálculo da média.

Tabela 3. Número de emissores (NE) presentes na linha gotejadora para cada modelo de gotejador avaliado

Modelo	NE	Modelo	NE
Modelo A	33	Modelo H	11
Modelo B	13	Modelo I	11
Modelo C	14	Modelo J	14
Modelo D	15	Modelo K	14
Modelo E	22	Modelo L	15
Modelo F	15	Modelo M	21
Modelo G	11	Modelo N	15

As Tabelas 4a, b apresentam os valores de vazão média expresso em L h⁻¹ e como percentual da vazão nominal (%), dos gotejadores avaliados, no período do ensaio, utilizando o medidor magnético de vazão e 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.

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 ½ h e descanso da solução na linha por 1 semana, não resultou em danos à membrana de compensação.

A Tabela 5 apresenta os valores de vazão da linha gotejadora, expresso em L h⁻¹ para cada modelo avaliado e teste de média, respectivamente.

Tabela 4a. Vazão média (q_m), expresso em $L h^{-1}$ e Vazão Relativa (QR) expresso em %, dos gotejadores avaliados, no período do ensaio, utilizando o medidor magnético de vazão, para os modelos A, B, C, D, E, F e G, com aplicação de ácido nítrico por $\frac{1}{2}$ h com pH na faixa de 2,0 a 3,0

Aplicação	Modelo													
	A		B		C		D		E		F		G	
	q_m	QR	q_m	QR	q_m	QR	q_m	QR	q_m	QR	q_m	QR	q_m	QR
horas	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%
0	1,53	100	3,91	100	2,13	100	1,68	100	2,32	100	2,21	100	2,92	100
168	1,54	100	3,93	100	2,12	100	1,55	92	2,32	100	2,22	100	2,93	100
336	1,54	100	3,74	96	2,13	100	1,54	92	2,32	100	2,22	100	2,91	100
504	1,54	100	3,86	99	2,12	99	1,54	92	2,31	100	2,21	100	2,89	99
672	1,54	100	3,86	99	2,13	100	1,55	92	2,31	100	2,22	100	2,90	99
840	1,53	100	3,86	99	2,10	98	1,54	92	2,31	100	2,21	100	2,85	98
1008	1,54	100	3,88	99	2,14	100	1,54	91	2,31	100	2,21	100	2,91	100
1176	1,53	100	3,86	99	2,13	100	1,55	92	2,30	99	2,20	100	2,88	99
1344	1,53	100	3,85	99	2,10	99	1,64	98	2,29	99	2,22	100	2,93	100
1512			3,81	98	1,74	82	1,60	95	2,13	92	2,21	100	2,77	95
1680			3,92	100	2,12	100	1,68	100	2,33	100	2,21	100	2,85	98
1848			3,90	100	2,18	103	1,68	100	2,33	100	2,21	100	2,91	100
2016			3,79	97	2,13	100	1,65	98	2,28	98	2,21	100	2,91	100
2184			3,81	98	2,12	100	1,62	96	2,31	100	2,21	100	2,92	100
2352			3,84	98	2,12	100	1,63	97	2,33	100	2,22	100	2,91	100
2520			3,91	100	2,11	99	1,69	100	2,32	100	2,21	100	2,93	100
2688			3,86	99	2,13	100	1,63	97	2,32	100	2,21	100	2,91	100

Tabela 4b. Vazão média (q_m), expresso em $L h^{-1}$ e Vazão Relativa (QR) expresso em %, dos gotejadores avaliados, no período do ensaio, utilizando o medidor magnético de vazão, para os modelos H, I, J, K, L, M e N, com aplicação de ácido nítrico por $\frac{1}{2}$ h com pH na faixa de 2,0 a 3,0

Aplicação	Modelo													
	H		I		J		K		L		M		N	
	q_m	QR	q_m	QR	q_m	QR	q_m	QR	q_m	QR	q_m	QR	q_m	QR
horas	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%	$L h^{-1}$	%
0	2,82	100	1,99	100	2,10	100	2,13	100	2,56	100	2,41	100	1,53	100
168	2,83	100	1,93	97	2,11	100	2,12	100	2,57	100	2,41	100	1,53	100
336	2,81	100	1,99	100	2,11	100	2,13	100	2,55	100	2,38	99	1,54	100
504	2,80	99	1,95	98	2,09	99	2,13	100	2,56	100	2,41	100	1,54	100
672	2,80	99	1,98	100	2,09	99	2,14	100	2,55	100	2,39	99	1,54	100
840	2,80	99	1,92	97	2,09	99	2,13	100	2,56	100	2,36	98	1,54	100
1008	2,83	100	1,93	97	2,09	99	2,13	100	2,56	100	2,41	100	1,54	100
1176	2,78	98	1,92	97	2,08	99	2,12	100	2,55	100	2,38	99	1,54	100
1344	2,76	98	1,94	98	2,09	99	2,13	100	2,57	100	2,40	99	1,54	100
1512	2,71	96	1,94	97	2,08	99	2,13	100	2,57	100	2,36	98		
1680	2,72	96	1,97	99	2,10	100	2,13	100	2,57	100	2,38	98		
1848	2,76	98	1,91	96	2,09	100	2,13	100	2,56	100	2,37	98		
2016	2,74	97	1,94	97	2,09	99	2,13	100	2,53	99	2,35	98		
2184	2,76	98	1,98	100	2,09	100	2,13	100	2,57	100	2,32	96		
2352	2,78	98	1,97	99	2,09	99	2,14	100	2,55	100	2,33	97		
2520	2,73	97	1,97	99	2,10	100	2,14	100	2,57	100	2,36	98		
2688	2,69	95	1,93	97	2,08	99	2,14	100	2,55	100	2,34	97		

Tabela 5. 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

horas	Modelos														Média
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
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.

As Figuras 3 a 16 mostram, para os diferentes tipos de emissores e o tempo de operação do sistema avaliado, a distribuição percentual do número de emissores para diferentes faixas de redução de vazão, utilizando o tratamento com aplicação de ácido nítrico durante $\frac{1}{2}$ h com pH na faixa de 2,0 a 3,0 e descanso da solução na linha gotejadora por 1 semana.

Pelas Figuras 3 a 16 observa-se que os modelos A, C, D, K, L e N, praticamente mantiveram a vazão média constante durante todo o ensaio, apresentando, assim, o melhor desempenho. Já o padrão de distribuição do nível de entupimento para os modelos F, H, I, J e M resultou no final do experimento com 10% a 30% do total de emissores com 10% de redução de vazão.

O maior percentual de emissores com entupimento foi alcançado pelo modelo G seguido do modelo B. O modelo G mostrou um 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. Já para o modelo B o percentual de redução de vazão foi de 35% e 10% do total de gotejadores com 10% e 20% de redução de vazão.

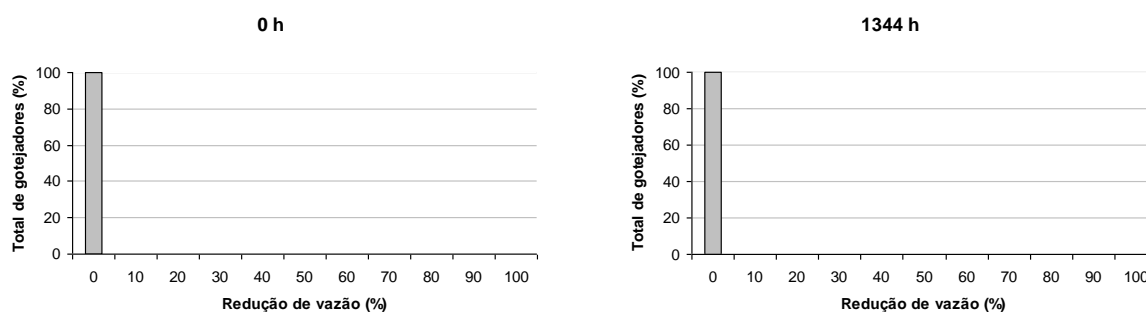


Figura 3. Percentual do número total de gotejadores ($n = 15$) por faixa de redução de vazão, para o modelo A, no período do ensaio.

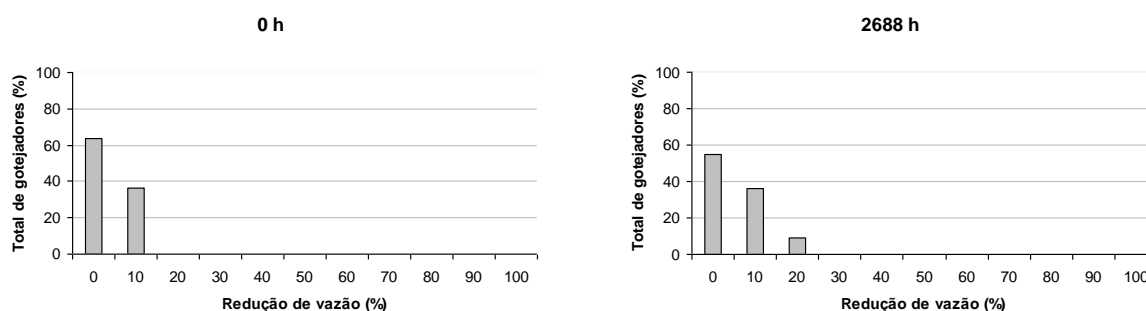


Figura 4. Percentual do número total de gotejadores ($n = 11$) por faixa de redução de vazão, para o modelo B, no período do ensaio.

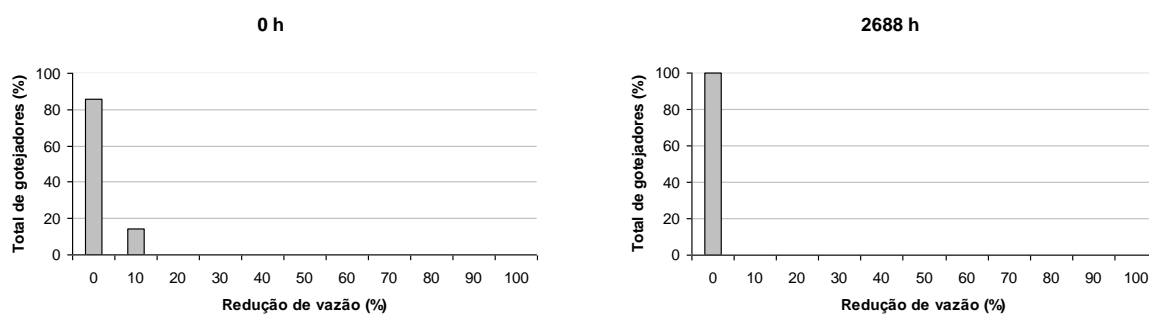


Figura 5. Percentual do número total de gotejadores ($n = 14$) por faixa de redução de vazão, para o modelo C, no período do ensaio.

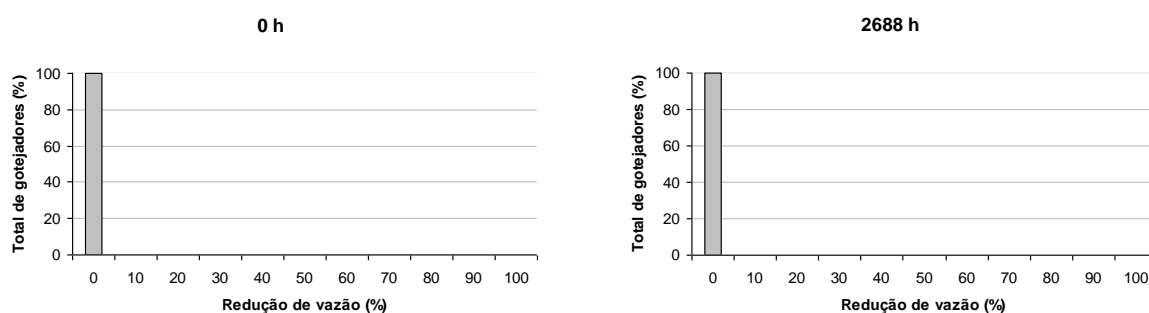


Figura 6. Percentual do número total de gotejadores ($n = 15$) por faixa de redução de vazão, para o modelo D, no período do ensaio.

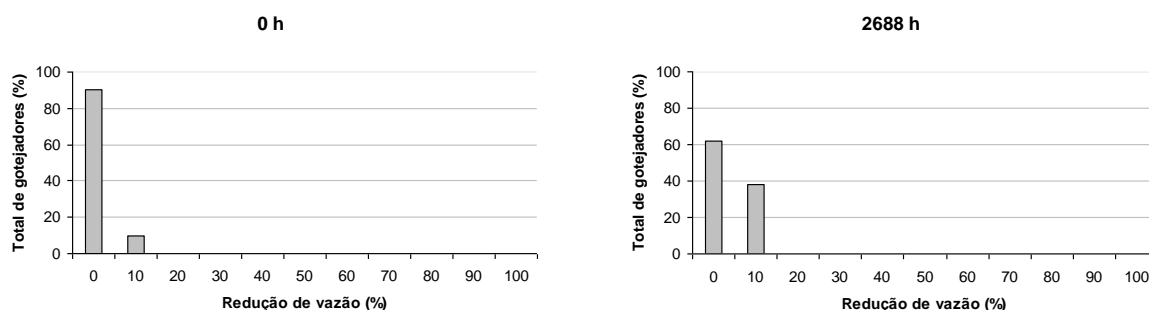


Figura 7. Percentual do número total de gotejadores ($n = 21$) por faixa de redução de vazão, para o modelo E, no período do ensaio.

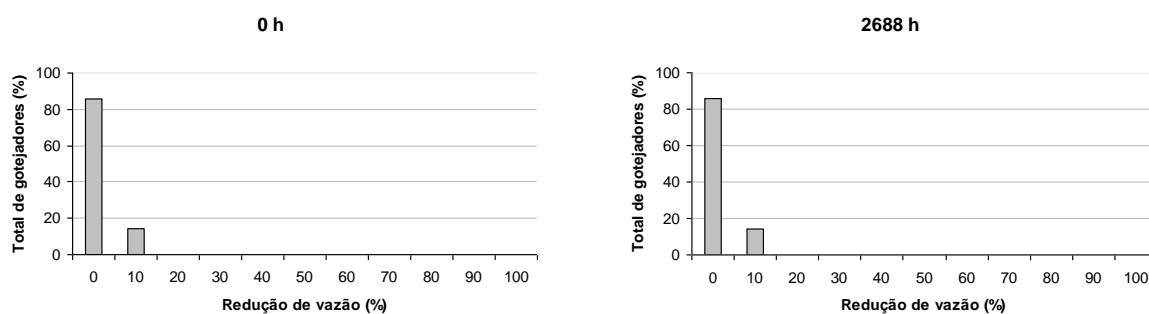


Figura 8. Percentual do número total de gotejadores ($n = 14$) por faixa de redução de vazão, para o modelo F, no período do ensaio.

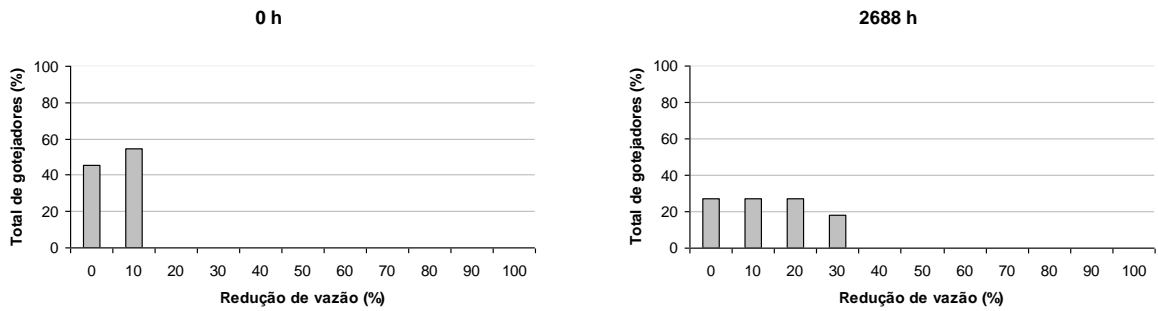


Figura 9. Percentual do número total de gotejadores ($n = 11$) por faixa de redução de vazão, para o modelo G, no período do ensaio.

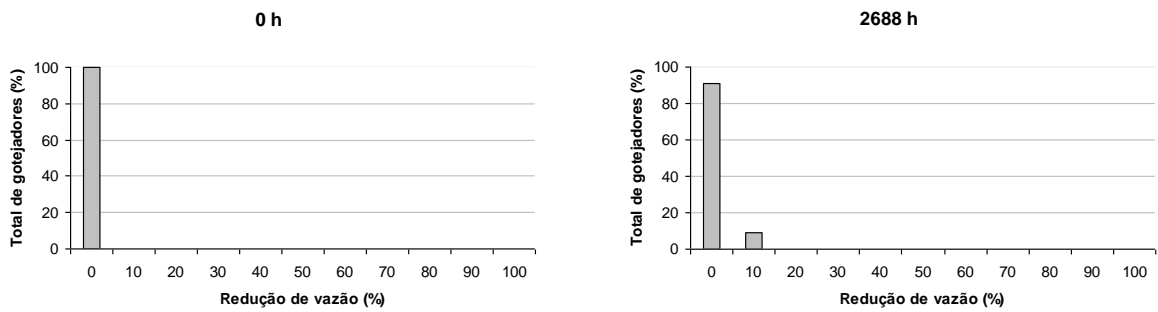


Figura 10. Percentual do número total de gotejadores ($n = 11$) por faixa de redução de vazão, para o modelo H, no período do ensaio.

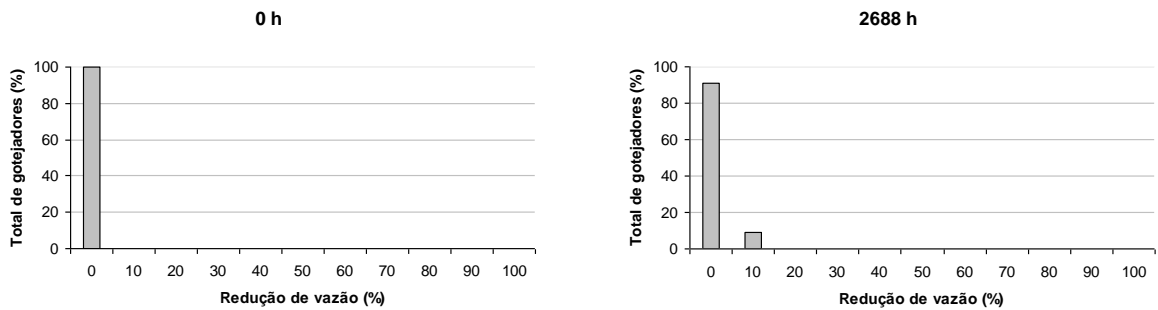


Figura 11. Percentual do número total de gotejadores ($n = 11$) por faixa de redução de vazão, para o modelo I, no período do ensaio.

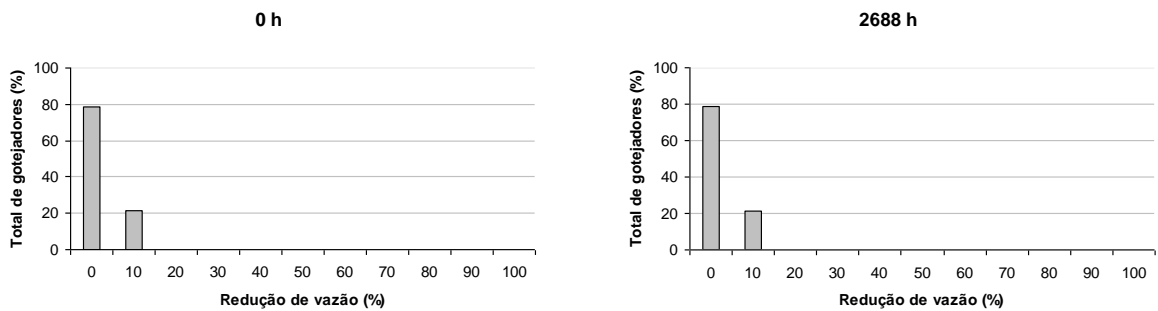


Figura 12. Percentual do número total de gotejadores ($n = 14$) por faixa de redução de vazão, para o modelo J, no período do ensaio.

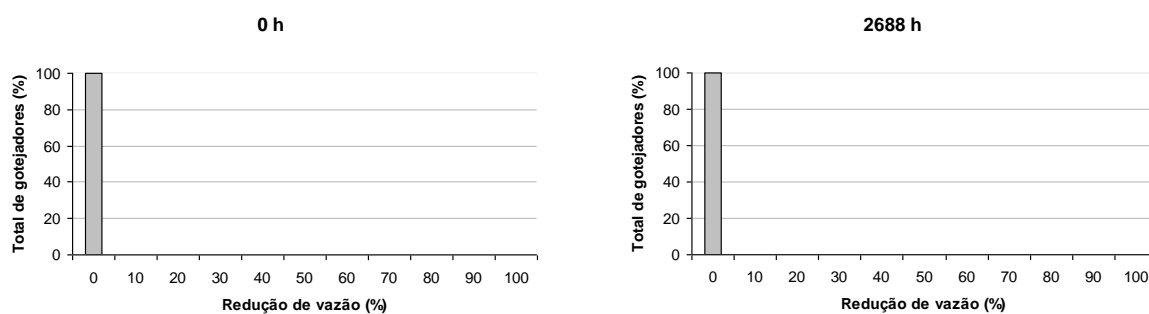


Figura 13. Percentual do número total de gotejadores ($n = 14$) por faixa de redução de vazão, para o modelo K, no período do ensaio.

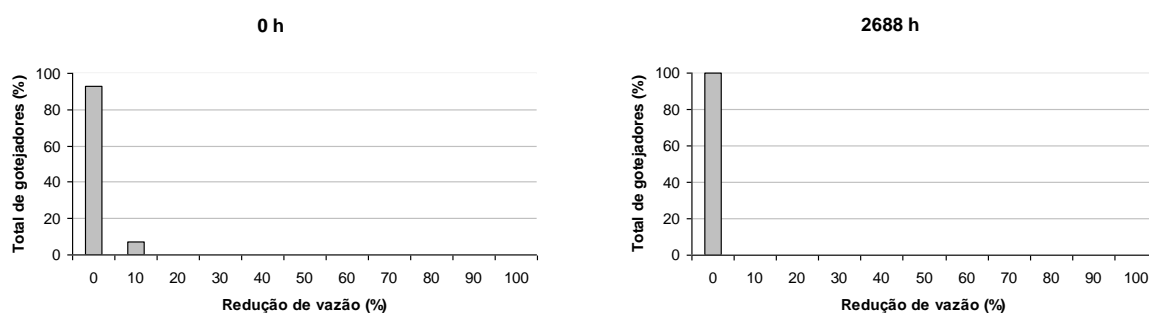


Figura 14. Percentual do número total de gotejadores ($n = 14$) por faixa de redução de vazão, para o modelo L, no período do ensaio.

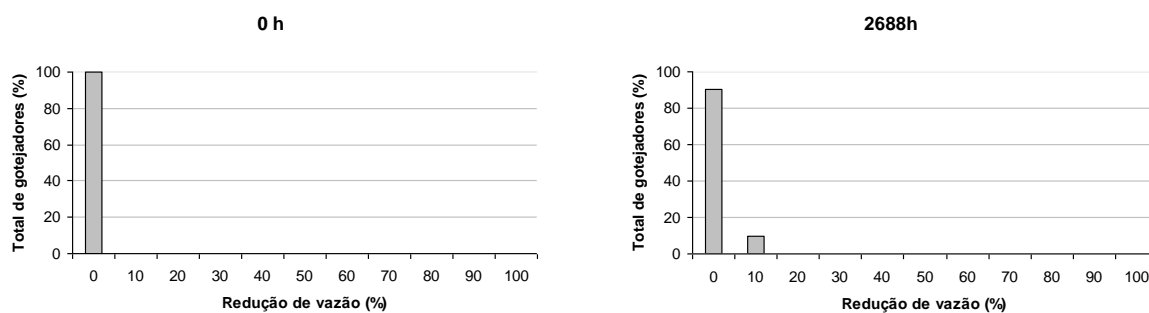


Figura 15. Percentual do número total de gotejadores ($n = 21$) por faixa de redução de vazão, para o modelo M, no período do ensaio.

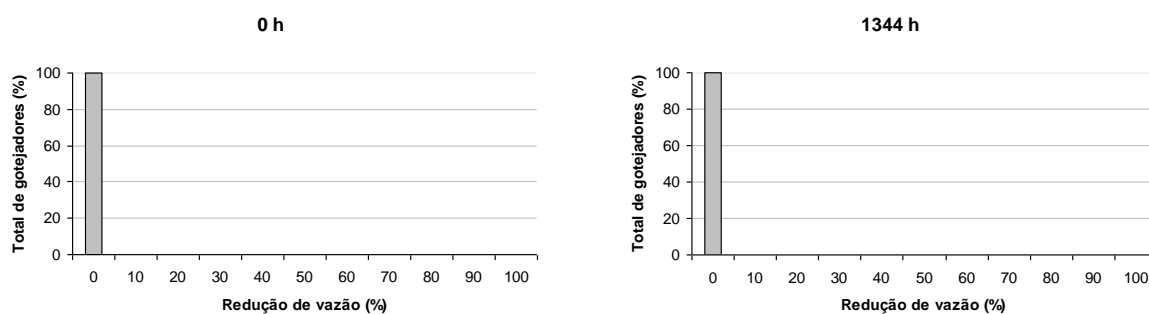


Figura 16. Percentual do número total de gotejadores ($n = 14$) por faixa de redução de vazão, para o modelo N, no período do ensaio.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na condução do ensaio permitiram chegar às seguintes conclusões:

- a. Para todos os emissores avaliados, a aplicação estática de ácido nítrico com pH 2,0 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 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 não ocorreu redução de vazão.
- b. O modelo G mostrou um aumento gradativo do entupimento ao longo do experimento quando avaliou-se a distribuição percentual do número de emissores para diferentes faixas de redução de vazão, atingindo 10%, 20% e 30% de redução de vazão respectivamente para 27%, 27% e 19% do total de gotejadores.

7 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. 383 p.

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 e, Irrigação e drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. **The SAS system for Windows Version 8**. 5th ed. Cary: 1999. v. 1.

SILVA JÚNIOR, M. J. da et al. 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.