

DINÂMICA DO ENTUPIMENTO DE GOTEJADORES EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CARBONATO DE POTÁSSIO

Pedro Róbinson Fernandes de Medeiros; Rubens Duarte Coelho; Allan Cunha Barros; Ralini Ferreira de Melo

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

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica do entupimento de gotejadores em função da aplicação de carbonato de potássio e posterior aplicação de ácido nítrico na água de irrigação. O ensaio foi conduzido em bancada no laboratório de Hidráulica da ESALQ, utilizando 26 tipos de tubogotejadores diferentes, submetendo-os a diferentes concentrações (200, 300 e 400ppm) de carbonato de potássio via água de irrigação, com um tempo de 360h de irrigação. Os resultados mostraram que ocorreu uma significativa obstrução parcial e gradual para o modelo T1, se comparado com os outros modelos ensaiados. Os valores de vazão relativa em média obtiveram um coeficiente de variação de 7,91% no geral. E concluindo, o tratamento com ácido nítrico não foi satisfatório, devendo-se estudar uma melhor adequação do manejo deste produto.

UNITERMOS: Vazão media, obstrução química, ácido nítrico

**MEDEIROS, P. R. F. de; COELHO, R. D.; BARROS, A. C.; MELO, R. F. de.
DRIPPER CLOGGING DUE TO POTASSIUM CARBONATE APPLICATION**

2 ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the clogging dynamics due to potassium carbonate application after nitric acid application in water irrigation. The test was performed in benches in the Hydraulics laboratory at ESALQ-USP, using 26 different types of drip lines and three different concentrations of potassium carbonate (200, 300 and 400 ppm) in irrigation water. Irrigation time was 360 h. The results showed that a significant partial and gradual clogging in model T1 occurred when compared to other studied models. Relative flow values presented a variation coefficient of 7.91% in general, and the treatment with nitric acid was not satisfactory. New research should be carried out for this product better management.

KEY WORDS: average outflow, chemical clogging, nitric acid.

3 INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira e mundial vem se desenvolvendo devido às inovações de diversas tecnologias que abrangem todos os sistemas produtivos, e em áreas onde as

precipitações são escassas ou irregulares, como por exemplo, a região nordeste, onde a irrigação, principalmente a localizada, vem contribuindo para um aumento significativo de produção e produtividade.

Um sistema de irrigação localizada bem projetado permite que se obtenham uniformidade de aplicação de água acima de 90%, o que se considera um ótimo índice para esse sistema; no entanto, segundo Teixeira (2006), com o seu intensivo uso, observa-se uma diminuição na uniformidade de emissão (UE) e um aumento no coeficiente de variação de fabricação (CVf), ao longo do tempo, ocasionados por diversos fatores que, de acordo com Resende et al. (2000), estão relacionados ao processo de obstrução, cuja principal responsável é a qualidade da água usada na irrigação.

Existem vários parâmetros que devem ser analisados antes de se adotar um sistema de irrigação. No caso específico da irrigação localizada por gotejamento, um dos principais parâmetros analisados é a qualidade da água que será usada no projeto, podendo tal índice apresentar vários problemas de obstrução, principalmente por causa do escoamento da água, que se dá por pequenos orifícios e com velocidade lenta.

São conhecidos três tipos de processos de obstrução: o físico, o biológico e o químico. Este último é provocado por íons como o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, o cloreto, o sulfato, o carbonato e o bicarbonato. Em especial referência ao carbonato e bicarbonato, que são os principais responsáveis pelo equilíbrio que governa o pH da água de irrigação.

Os principais efeitos do excesso de carbonato e bicarbonato são os problemas de precipitação nas tubulações, diminuindo a eficiência de aplicação de água e fertilizantes quando se utiliza a irrigação localizada e se pratica a fertirrigação (Burt et al, 1995).

Ayers & Westcot (1999) afirmam que as obstruções causadas pelas precipitações químicas de materiais como o carbonato e o sulfato de cálcio ocorrem gradualmente e, portanto, são mais difíceis de localizar. As obstruções oriundas de material em suspensão são as de mais fácil solução, haja visto que um eficiente sistema de filtragem pode reduzir significativamente o problema. No entanto, uma água de boa qualidade pode representar menores problemas de obstrução no campo.

O potássio tem uma grande influência sobre as plantas, sendo o segundo elemento mais exigido. Possui funções importantes que estão associadas, principalmente, com a translocação de açúcares. Produz ativação das enzimas que atuam na fotossíntese e respiração; auxilia a formação de amidos e açúcares; dá-lhes vigor, aumentando-lhes a resistência; melhora a qualidade dos frutos; promove maiores colheitas e melhor desenvolvimento dos grãos e sementes e, principalmente, melhora o uso da água aplicada. Justifica-se, assim, a aplicação do carbonato de potássio via fertirrigação nos cultivos, como fonte de potássio.

A eventual causa da obstrução pode ser revertida através de um tratamento preventivo com uso de cloro, e/ou se o problema já está instalado, pode-se optar pelo tratamento com ácido nítrico ou sulfúrico, tendo o cuidado com a concentração usada e o tempo de aplicação para ambos, todos via água de irrigação. E, para no caso de um problema mais grave pode ser usado um tratamento utilizando os dois produtos, o ácido e o cloro, melhorando assim a eficiência dos mesmos, como também a abertura do final das linhas, permitindo dessa maneira uma melhor saída do material indesejável seja químico, físico ou biológico.

O tratamento químico da água de irrigação compreende a adição de ácido e/ou cloro no interior da tubulação com o objetivo de prevenir ou de até mesmo de solucionar um problema de obstrução que já venha acontecendo, causado por alguma precipitação química ou biológica. O tratamento com ácido tem como principal função a redução do pH da água e, com isso, manter os precipitados químicos em solução. O cloro e os ácidos são os produtos

mais utilizados, tanto como medida preventiva quanto para recuperar emissores obstruídos (James, 1988).

Os ácidos podem ser usados para baixar o pH da água, para reduzir o potencial de precipitação química. 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 são os mais utilizados para este propósito (Nakayama; Bucks, 1986).

Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar o desenvolvimento de obstrução em tubos gotejadores, utilizando água com diferentes teores de carbonatos de cálcio, magnésio e potássio com posterior tratamento químico utilizando ácido nítrico.

4 MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi realizado no laboratório de Irrigação do Departamento de Engenharia Rural, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba-SP, nas seguintes coordenadas geográficas: 22° 42’ de latitude Sul e 47° 38’ de longitude Oeste, a uma altitude de 540m. Foi conduzido em uma bancada de ensaios com as seguintes dimensões: 5,80 m de altura, 11,0 m de comprimento e 4,0 m de largura; metálica, onde foram instaladas 26 linhas laterais de emissores, para avaliação individual.

Foram avaliados 26 tipos de emissores de várias marcas comerciais como também diferentes vazões (Tabela 1), sendo cada um caracterizado como um tratamento.

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 e números utilizadas na codificação dos modelos de emissores (T1, T2, T3, ..., T26) não têm nenhuma relação com os nomes comerciais dos produtos e nem com a seqüência de emissores apresentada na Tabela 1.

Cada linha lateral tinha 10,8m de comprimento onde foram selecionados 10 emissores, para medição de vazões. A pressão de serviço utilizada no experimento foi de 150 kPa, utilizado-se um manômetro. Utilizou-se o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor, com o tempo de 5 min, para expressar os valores de vazão em L h^{-1} .

A água de abastecimento do laboratório utilizada no ensaio provém do sistema de abastecimento da ESALQ/USP onde foi feito o monitoramento da água com a realização de uma análise química (Tabelas 2). Para o preparo das soluções, foi utilizada uma caixa de cimento amianto com capacidade de 1000 L.

As soluções usadas para as irrigações foram preparadas mediante adição do produto carbonato de potássio K_2CO_3 à água proveniente do abastecimento da ESALQ/USP, de forma a se obter diferentes concentrações de 200, 300 e 400 ppm. Para o auxílio da elaboração das concentrações, foi realizado um teste de solubilidade, evitando assim o máximo de precipitado no fundo das caixas.

As irrigações eram de 12h seguidas, com 36h de descanso, sendo efetuada leitura de vazão a cada 3 irrigações, ou seja, após 36h de aplicação. Quando era efetuada a leitura de vazão, era preparada uma nova solução, que dependia da concentração que se estava utilizando, sendo adotado duas repetições para cada concentração em uso. Foi monitorada a temperatura da água antes e depois das irrigações com um termômetro em °C.

Tabela 1. Característica técnicas dos modelos, fluxo, vazão, diâmetro nominal de bocal (\emptyset N) e distância entre gotejadores (DEG) dos fabricantes que foram utilizados nos ensaios

Fabricante	Emissores (modelo)	Fluxo	Vazão (L/h)	\emptyset N (mm)	DEG (cm)
Azud	AzudLine	NC	1,4	17	0,50
Carborundum	Carbodrip	NC	2,0	17	0,80
Carborundum	Carbodrip	AC	2,2	16	0,50
Toro Ag	Drip In	AC	2,5	17	0,75
Netafin	Dripnet	AC	1,6	16	0,75
	Hydro Drip	NC	2,0	16	0,80
	Hydro Pc	AC	2,0	17	0,80
Plastro	Hydro Pc	AC	2,2	17	0,80
	Hydro Pc	AC	2,2	16/25	0,75
	Hydro Pc/Nd	AC	2,35	16/40	0,80
	Hydrogol	NC	3,0	17	0,40
Irrimon	Irridrip Plus	AC	2,5	16	1,00
	Irriloc	AC	1,1	16,4	0,40
	Naan Paz	NC	2,0	16	0,75
Naandan	Naan Pc	AC	2,1	16	0,80
	Naan Pc	AC	3,8	16	0,90
	Naan Tif	AC	1,6	16	0,50
Petroísa	Petrodrip	NC	1,5	16	0,30
Queen Gil	Queen Gil	NC	4,0	16,5	0,10
	Ram	AC	2,3	17	0,50
Netafin	Ram	AC	2,3	16	0,50
	Super Typho	NC	2,0	16	0,60
	Tiran	NC	2,05		0,75
Irrimon	Twin Plus	AC	1,8	17,5	1,00
Netafin	Uniran	AC	1,6	16	0,33
Irrimon	Vip Line	AC	3,6	16	1,00

AC – alto-compensante

NC – não compensante

Tabela 2. Análise química da água do laboratório de irrigação - ESALQ/USP, utilizada para o preparo das águas com os diferentes índices de Langelier

Análise da água do laboratório de irrigação - ESALQ/USP		
Parâmetro	Unidade	Resultado
Alcalinidade ($2\text{CO}_3^{2-} + \text{HC}_3^-$)	mg L ⁻¹	49,0
Cloreto (Cl ⁻)	mg L ⁻¹	30,5
Sódio (Na ⁺)	mg L ⁻¹	37,0
Cálcio (Ca ²⁺)	mg L ⁻¹	66,1
Magnésio (Mg ²⁺)	mg L ⁻¹	4,3
Ferro (Fe)	mg L ⁻¹	0,08
Condutividade elétrica (CE)	mS cm ⁻¹	0,40
pH		7,4
Gás carbônico (CO ₂)	mg L ⁻¹	3,1
Acidez (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	8,2
Dureza total (CaCO ₃)*	mg L ⁻¹	182,7

No final do experimento, quando as duas repetições de cada concentração foram aplicadas, totalizando 216h de irrigação, continuaram as irrigações com 400 ppm de concentração durante mais 144h, com leituras de vazão agora em intervalos de 72h, e, finalmente, depois de 360h de irrigações, totalizando 8 leituras manuais de vazão, foi realizado o tratamento com ácido nítrico (HNO_3).

Na aplicação do ácido, inicialmente, lavou-se as linhas com água, deixando os finais de linhas abertos na pressão de serviço (150Kpa). Em seguida, aplicou a solução com ácido de pH 2,0, realizando quatro aplicações durante dez minutos cada e posterior aplicação de água durante 24h. Contando com as irrigações efetuadas no tratamento, o sistema teve, assim, 456h de funcionamento.

A partir dos dados obtidos foram analisados os seguintes parâmetros: Vazão média dos emissores (q); Uniformidade de distribuição (UD); Coeficiente de variação (Cv); Grau de entupimento (GE); vazão relativa dos emissores (Q_r).

Os emissores avaliados foram, inicialmente, submetidos à água com carbonato de cálcio e magnésio (Fase 1 do projeto), objetivando também a obstrução dos tubos gotejadores, totalizando 360h de irrigações e posterior tratamento com ácido nítrico. Tendo assim duas vazões relativas, uma quando os emissores eram novos, ou seja, na Fase 1 do projeto ($Q_r(1)$) e outra na Fase 2 com carbonato de potássio, início do presente trabalho, ($Q_r(2)$).

Sendo:

q – vazão média (L/h)

P – peso da água coletada, g

t – tempo de coleta, min

$$q = \frac{P}{1000.t} .60$$

UD – uniformidade de distribuição (%)

$q_{25\%}$ – vazão média de $\frac{1}{4}$ dos menores valores

$q_{média}$ – vazão média, L/h

$$UD = \frac{q_{25\%}}{q_{média}} .100$$

CV – coeficiente de variação (%)

S – desvio padrão

$$CV = \frac{S}{q_{média}} .100$$

GE – grau de entupimento (%)

q_{atual} – vazão atual, L/h

q_{novo} – vazão do gotejador no início do experimento, L/h

$$GE = \left(1 - \frac{q_{atual}}{q_{novo}} \right) .100$$

Q_r – vazão relativa (%)

$q_{inicial}$ – vazão inicial, L/h

$$Q_r = \frac{q_{inicial}}{q_{atual}} .100$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Parchomchuk (1976), Solomon (1979) e Lopez et al. (1997), a uniformidade de aplicação poderá sofrer influência da temperatura, características de fabricação dos emissores, diferenças de pressão no sistema e relevo da área.

Durante a execução do experimento, foi observado um aumento de temperatura em média de 4°C na água de irrigação durante a aplicação das 12h. E, segundo Oliveira et. al. (2000), utilizando um tubo gotejador Hidrodrip II, vazão nominal de $2,3\text{L.h}^{-1}$, mostra que não

houve relação linear entre a vazão e a temperatura da água, indicando que a vazão de gotejadores de última geração são pouco sensíveis ao efeito da temperatura. Demonstrou-se o assim, que o aumento da temperatura não interferiu nos resultados observados.

Tabela 3. Dados referentes às vazões relativas dos emissores quando novos (Qr(1)) e com o início do referente trabalho (Qr(2))

Emissores	Qr (1) (%)	Qr (2) (%)	Emissores	Qr (1) (%)	Qr (2) (%)
T1	100,0	98,1	T14	100,0	122,0
T2	100,0	115,1	T15	100,0	107,2
T3	100,0	101,6	T16	100,0	118,8
T4	100,0	100,9	T17	100,0	109,4
T5	100,0	104,4	T18	100,0	111,9
T6	100,0	113,9	T19	100,0	112,3
T7	100,0	85,1	T20	100,0	132,9
T8	100,0	102,5	T21	100,0	96,5
T9	100,0	104,4	T22	100,0	104,8
T10	100,0	103,6	T23	100,0	94,9
T11	100,0	105,0	T24	100,0	123,8
T12	100,0	133,6	T25	100,0	109,3
T13	100,0	106,8	T26	100,0	102,8

A Tabela 3 mostra os valores em percentual das vazões relativas de todos os tubos gotejadores quando novos e com o início do respectivo trabalho (Fase 2 do projeto). E que para os tubos gotejadores T1, T7, T21 e T23 os mesmos estão abaixo de 100%, demonstrando assim uma redução de vazão decorrente do efeito da aplicação dos produtos (carbonato de cálcio e magnésio) usados na primeira fase do projeto. Já para os restantes, ocorreu um aumento de vazão. Ficando assim os T2, T6, T7, T12, T14, T16, T18, T19, T20 e T24 com variação maior que 10% nos respectivos valores e os outros 14 tubos gotejadores dentro da faixa de variação.

Coefficiente de variação e vazão relativa dos emissores

A Tabela 4 (anexo) mostra os valores do coeficiente de variação e vazão relativa para todos os gotejadores estudados durante o período de ensaio.

Em relação ao comportamento do coeficiente de variação da vazão, que é uma característica hidráulica da peça em individual, ao longo de todo o tempo decorrido de irrigação e levando em consideração a média, os modelos T2, T5, T6, T8, T9, T10, T11, T13, T14, T15, T18, T20, T25 e T26 se mantiveram entre 0-5% de variação; os modelos T3, T4, T7, T12, T16 e T17 se mantiveram-se entre 5-10%, classificados como excelentes quando novo ($C_{vf} < 10\%$) e os modelos T1, T19, T21, T22, T23 e T24 obtiveram valores acima de 10% de variação. Valores altos de coeficiente de variação podem estar relacionados principalmente à obstrução total ou parcial dos tubos gotejadores Oliveira et. al.(2000). E em relação à diminuição ou aumento do mesmo, para os tubos gotejadores ensaiados, o T8, T12, T13 e T21 diminuíram os valores; o T3, T5, T6, T7, T9, T10, T11, T15, T16, T18, T20, T23, T25 e T26 mantiveram os valores e já para os T1, T2, T4, T14, T19, T22 e T24 ocorreram um aumento. O pior comportamento ficou para o tratamento T24.

Tabela 4. Dados médios referentes ao Coeficiente de variação (CV) e vazão relativa (Qr(2)) em função da aplicação de carbonato de potássio e posterior aplicação de ácido nítrico

Emissores	Tempo após o início do tratamento													
	0 hora		72 horas		144 horas		216 horas		288 horas		360 horas		Ácido Nítrico	
	Qr (%)	CV (%)	Qr (%)	CV(%)	Qr (%)	CV(%)	Qr (%)	CV(%)	Qr (%)	CV(%)	Qr (%)	CV(%)	Qr (%)	CV(%)
T1	100	5,23	88,29	8,86	71,17	4,35	72,97	4,66	70,61	13,01	47,20	53,26	47,83	45,55
T2	100	1,49	95,59	1,38	95,10	1,66	97,06	2,28	91,73	1,20	93,51	2,00	97,81	6,03
T3	100	10,53	92,24	4,52	92,24	5,29	94,06	4,98	91,73	6,82	98,27	7,72	87,39	9,46
T4	100	6,87	96,92	5,58	105,40	5,38	104,88	9,47	101,41	5,85	93,04	7,75	92,17	8,49
T5	100	5,94	101,04	2,47	89,62	3,97	94,81	2,77	92,73	2,38	90,52	3,00	93,42	2,18
T6	100	2,77	95,13	15,93	107,96	2,93	106,64	3,49	111,72	3,76	108,01	5,62	102,05	3,36
T7	100	5,09	86,10	8,88	81,08	4,39	89,96	4,26	83,08	9,13	84,94	5,36	79,74	3,73
T8	100	17,46	91,43	2,90	88,57	7,27	92,38	4,45	86,69	3,21	91,87	4,19	88,54	3,17
T9	100	4,63	94,61	4,85	92,65	4,28	94,12	4,29	91,60	4,58	91,51	5,32	91,31	4,33
T10	100	1,92	96,60	2,06	95,32	1,93	94,89	1,98	94,47	1,02	94,53	2,39	92,32	2,82
T11	100	4,05	95,52	4,54	91,48	4,82	93,27	4,15	88,28	5,17	93,33	5,50	89,05	3,40
T12	100	26,67	103,74	8,79	105,88	9,25	109,63	7,13	111,30	5,43	112,44	3,16	112,45	3,04
T13	100	2,75	101,96	7,24	90,98	4,37	96,08	3,96	94,51	3,48	90,57	3,96	93,56	1,79
T14	100	21,61	107,96	1,59	103,98	4,63	105,97	1,49	102,87	7,63	105,31	3,44	107,61	3,62
T15	100	2,74	108,24	5,21	98,82	4,26	102,94	2,43	98,24	2,79	97,32	4,20	95,30	4,39
T16	100	19,70	86,53	19,13	92,93	9,61	85,86	10,91	78,46	12,17	87,69	9,39	87,13	11,39
T17	100	4,83	99,61	10,68	119,07	7,07	103,89	6,93	95,65	8,99	100,20	8,60	102,27	3,43
T18	100	1,92	98,58	1,92	96,70	2,02	98,11	2,20	98,11	2,71	99,81	2,53	100,62	1,49
T19	100	4,48	105,33	24,69	106,67	27,95	95,33	5,50	99,88	14,95	90,86	16,46	94,91	4,82
T20	100	3,28	124,63	4,61	121,67	5,66	121,18	4,92	114,68	3,23	118,55	4,95	116,49	6,01
T21	100	28,47	96,53	28,89	84,97	4,16	89,60	4,25	91,33	6,83	92,14	15,83	87,66	5,24
T22	100	15,07	105,02	2,85	103,65	20,90	94,98	18,62	98,98	16,92	108,76	21,62	99,06	22,89
T23	100	10,89	93,94	9,78	89,39	12,80	86,36	4,51	98,85	25,42	82,08	9,91	87,03	11,29
T24	100	16,97	170,83	82,12	102,08	36,91	154,17	55,52	189,67	53,68	141,47	75,50	149,82	74,76
T25	100	2,75	98,15	1,58	109,26	3,07	110,49	5,83	108,96	5,31	106,49	4,35	103,29	4,12
T26	100	3,99	95,51	3,30	100,64	1,89	100,64	2,56	99,96	2,81	100,32	4,61	97,24	4,04

A análise dos valores de vazão relativa demonstrou que não ocorreu obstrução total e nem parcial. Porém, para o tubo gotejador T1, o produto aplicado realmente interferiu em sua vazão, apresentando, no final do ensaio, uma vazão relativa de 47%, permanecendo mesmo após o tratamento com ácido.

No geral, o percentual de vazão relativa para todos os emissores variou pouco, diminuindo em torno de 10-20%, sendo que a maior variação foi logo após as 144h de funcionamento do sistema.

Após a aplicação de ácido nítrico, depois das 360h de funcionamento, houve alguns modelos de gotejadores que apresentaram diminuição da vazão, os tubos gotejadores T3 e T22. Também ocorreu um aumento da vazão, de 5-10% no geral, sendo bastante evidenciado nos tubos gotejadores T2, T13 e T19.

E os altos valores apresentados de coeficiente de variação (CV) da coluna zero hora, representam a fase 1 do projeto.

Uniformidade de distribuição dos emissores

Nas primeiras 72h de funcionamento observa-se uma pequena variação (diminuição) de uniformidade, em torno de 10% para os tubos gotejadores T1, T2, T3, T4, T5, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T18, T20, T22, T25 e T26. Cordeiro (2002) e Souza (2002) constataram aumento da vazão de gotejadores Netafim RAM 17, após dois anos de operação, o que alterou a uniformidade de distribuição de água do sistema e, conseqüentemente, reduziu a eficiência do uso da água. Uma variação de 10-20% para os tubos gotejadores T6, T16, T17, T19, T21 e T23. E para o T24 um valor de 26%, o que é totalmente inaceitável para um sistema de irrigação por gotejamento.

Para as 144h de funcionamento, os tubos gotejadores T12, T16, T19 e T23 apresentaram uma diminuição em torno de 10-20%. Os T22 e T24 mostraram valores muito baixos. Ficando assim o restante dos tubos gotejadores com uma pequena variação de 10%.

Para as 216h, somente os T16 e T22 apresentaram uma diminuição de 10-20%, e o T24 ocorreu uma diminuição de 53%. Ficando o restante com 10% de diminuição.

E com 360h de funcionamento, somente o T19 apresentou uma diminuição de 10-20%, e de 34, 23 e 62% para os tubos gotejadores T1, T22 e T24 respectivamente. E os demais, uma diminuição de 10% nos seus valores.

E após o tratamento com ácido nítrico, com exceção dos T1, T22 e T24, todos tiveram valores de uniformidade de distribuição elevados, constatando, assim, a superioridade de alguns materiais utilizados para as condições do ensaio analisado.

Obstrução e desobstrução dos emissores

A Figura 2 demonstra a obstrução de todos os emissores, antes e após o tratamento com ácido nítrico. Observou-se que os modelos mais sensíveis à obstrução química foram em ordem crescente T16, T7, T23 e T1. O T1 apresentou o maior grau de entupimento, na ordem de 52% antes da aplicação do ácido, como também para o tratamento T23, chegando a 17% de obstrução química. Todas bem distribuídas em toda a linha.

Houve, ainda, a ocorrência de aumento de vazão ao longo do tempo de funcionamento, sendo mais acentuado nos modelos T12, T20 e T24 que foi de 12, 18 e 41% respectivamente. E em relação aos outros modelos presentes, ocorreu uma variação de aumento de vazão de 0-12%.

Para no caso da análise após a aplicação do ácido nítrico, a ordem crescente de obstrução é T16, T23, T7 e T1. E, em particular para o modelo T1, o comportamento foi semelhante ao descrito anteriormente. Para o modelo T23, o tratamento teve um efeito

bastante significativo, abaixando a obstrução em 5% especificamente. Para o modelo T7, o tratamento com ácido nítrico foi bastante negativo, causando aumento na obstrução do mesmo, devido à ruptura de alguma eventual partícula presente no seu interior. E em relação ao aumento de vazão ocorrido após a aplicação do ácido, o modelo T24 agora se encontra com 49% de significativo aumento, e o modelo T20 teve uma queda de aumento de vazão de 2%. Ficaram assim os demais modelos de tubos gotejadores, em relação ao aumento de vazão depois do tratamento com ácido nítrico, entre 0 e 12%.

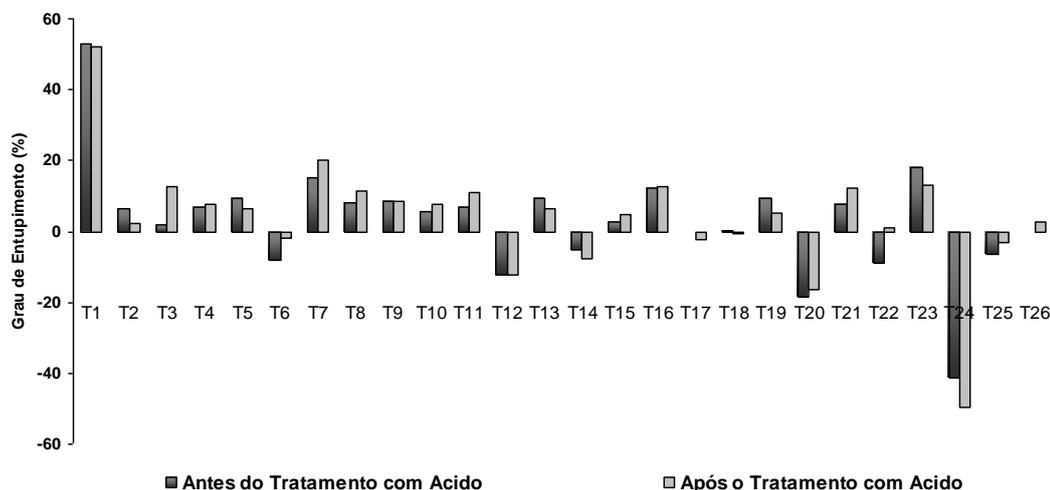


Figura 2. Evolução do grau de entupimento e de aumento de vazão para todos os emissores, ao longo de 360h de irrigação

6 CONCLUSÕES

Durante o experimento, não foi observado, visualmente, nenhuma ocorrência de obstrução química na saída dos orifícios. O parâmetro Uniformidade de Distribuição não foi eficiente para detectar casos de obstrução nos gotejadores.

A aplicação de carbonato de cálcio e magnésio, na primeira fase, afetou a vazão relativa de todos os emissores, sendo o T4 o menos afetado (Qr de 100,9 %).

Independentemente do espaçamento ou do fluxo, a precipitação química ocorrida por carbonato de potássio, principalmente no modelo T1, ocorreu de forma gradual.

A aplicação do carbonato de potássio não chegou a causar obstrução de 100% nos tubos gotejadores ensaiados, ocorrendo em algum deles aumento de vazão ou uma eventual desobstrução, para estas condições, o que se é importante para no caso do uso deste produto na fertirrigação.

A aplicação do ácido nítrico para posterior tratamento dos tubos gotejadores não foi satisfatória, devendo a necessidade de um melhor ajuste adequado.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de R.S. Gheyi et al. Campina Grande : UFPB, 1999. 218 p. (Estudos FAO: Irrigação e drenagem, 29).

BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: Califórnia Polytechnic State University, Irrigation Training and Research Center, 1995. 295 p.

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

JAMES, L. G. **Principles of farm irrigation system design**. Washington, USA: Washington State University, 1988. 543 p.

LOPEZ, R. J.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNANDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. 2.ed. Madri: Mundi-Prensa, 1997. 405 p.

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

OLIVEIRA, A. M. S. et al. Caracterização hidráulica do tubo gotejador Hidrodrip II. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 4, n. 3, p. 483-486, 2000.

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

RESENDE, R. S.; COELHO, R. D.; PIEDADE, S. M. S. Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 368-375, 2000.

SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle irrigation systems. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 22, n. 5, p. 1034-1038, 1043, 1979.

SOUZA, J. A. A. **Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento e eficiência da insetigação com imidacloprid no controle do bicho-mineiro (*Perileucoptera coffeella*) no cafeeiro**. 2002. 47 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

TEIXEIRA, M. B. **Efeitos de dosagens extremas de cloro e pH na vazão de gotejadores autocompensantes (irrigação localizada)**. Piracicaba: ESALQ, 2006. 318 p. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".