



Gotejadores operados sob condição de risco de obstrução por interações entre carbonato de cálcio e partículas sólidas de pequena granulometria

1.0 Introdução

A obstrução de emissores é considerada um dos maiores problemas de manutenção em microirrigação (CAPRA; SCICOLONE, 1998; NIU; LIU; CHEN, 2012; ZHANG et al., 2010), estando diretamente associada à qualidade da água de irrigação (DURAN-ROS et al., 2009; NAKAYAMA; BUCKS, 1991) e à geometria dos emissores (LI et al., 2008; PATIL; NIMBALKAR; JOSHI, 2013).

Dentre os agentes causadores de obstrução química, destacam-se nesta pesquisa os precipitados de carbonato de cálcio (CaCO_3). No Brasil, problemas de obstrução em sistemas de irrigação devido a precipitados de CaCO_3 são relatados em regiões de São Paulo, no norte de Minas Gerais e em parte do nordeste do país (DUARTE, 2010; LEITE, 1995; MAIA; MORAIS; OLIVEIRA, 2001; MELO; COELHO; TEIXEIRA, 2008).

Realizou-se ensaios em laboratório com a finalidade de avaliar e comparar variações na vazão de modelos comerciais de gotejadores operados sob condição de risco de obstrução por precipitados de CaCO_3 e interações entre precipitados de CaCO_3 e partículas sólidas de pequena granulometria. Os resultados obtidos servirão como indicadores de desempenho de gotejadores operados em condições de risco de obstrução por agentes das referidas naturezas.

2.0 Resumo das atividades desenvolvidas

2.1 Bancada de ensaios

Os experimentos de obstrução foram conduzidos em bancada de ensaio construída em alumínio estrutural que apresenta 6 m de comprimento por 1,5 m de largura (Figuras 1 e 2). A bancada é caracterizada como um circuito hidráulicamente fechado, equipado com reservatório plástico de 250 L, motobomba com rotor e carcaça em inox, agitador dotado de hélice, linha de derivação com bifurcações simétricas, conjunto de coletores para medição da vazão dos emissores, calha para coleta e retorno da água para o reservatório. A bancada conta ainda com plataforma móvel para posicionamento dos coletores durante as rotinas de determinação de vazão.

2.2 Tubo-emissores avaliados

Oito modelos comerciais de tubo-gotejadores fabricados pela empresa NaanDanJain foram submetidos à avaliação simultaneamente. As principais características desses modelos são apresentadas na Tabela 1. Os modelos A, B, C, D, E e F são do tipo plano (pastilha), enquanto os modelos G e H são do tipo cilíndrico (bóbi).

Tabela 1 – Modelos dos gotejadores com suas respectivas características.

Modelo	Tipo	Diâmetro nominal (mm)	Vazão nominal (L/h)	Espaçamento entre emissores (m)	
A	AmnonDrip	PC	17	1,1	0,50
B	TalDrip	NPC	17	0,55	0,30
C	TopDrip	PC/AS	16	1,6	0,50
D	TurboExcel	NPC	17	1,6	0,30
E	TopDrip	PC/AS	16	1,0	0,29
F	AmnonDrip	PC/AS	17	1,6	0,55
G	NaanTif	NPC	16	1,0	0,50
H	NaanPC	PC	16	1,8	0,50

*PC = auto-compensante; NPC = não auto-compensante AS = anti-sifão

2.3 Obtenção de partículas sólidas

As partículas sólidas utilizadas nos experimentos constituíram-se de mistura de areia fina, silte e argila (partículas < 125 µm), obtidas a partir de amostra de solo natural. O solo foi coletado em uma trincheira a uma profundidade de aproximadamente 3 m, a fim de evitar a presença de raízes na amostra.

2.4 Determinações analíticas

As determinações analíticas foram realizadas conforme metodologias estabelecidas em APHA (2017). As determinações analíticas foram: pH, Dureza total, Alcalinidade total, Cálcio, Bicarbonato, Carbonato, Condutividade elétrica e Temperatura.

2.5 Sistema de injeção de reagentes químicos

De modo a manter padrão nas características da água em relação aos constituintes causadores de precipitação do CaCO₃, isto é, concentração dos íons Ca⁺² e HCO₃⁻, foram preparadas soluções de CaCl₂.2H₂O (0,3 M) e de NaHCO₃ (0,6 M) a serem injetadas no tanque contendo a mistura utilizada nos ensaios. As concentrações utilizadas de cada solução, bem como a taxa de injeção, foram calculadas previamente de modo que se obtivesse 200 mg L⁻¹ de dureza, o que caracteriza uma água de risco moderado de obstrução de emissores em termos de dureza.

2.6 Rotina de ensaio

Os ensaios foram realizados utilizando-se água deionizada, proveniente de uma unidade de purificação de água (osmose reversa). Os ensaios foram realizados em ciclos de 8 horas por dia, durante 25 dias, totalizando 200 horas. A bancada de ensaios é equipada com temporizador que aciona as rotinas nos horários programados.

No início de cada ensaio foi calculada a massa de cada reagente que deveria ser adicionada à água deionizada para obter 200 mg L⁻¹ em CaCO₃ de dureza da água. A massa obtida de cada reagente foi devidamente pesada em balança analítica de precisão e dissolvidas manualmente em dois recipientes separados contendo um volume de água conhecido.

A cada 40 horas foi determinada a vazão de 12 emissores de cada modelo de tubogotejador avaliado. A vazão é determinada por meio da Equação 2, utilizando a massa específica da água corrigida pela Equação 3 (TANAKA et al., 2001):

$$q = \frac{(m_F - m_I)}{\rho t} 3600 \quad (2)$$

$$\rho = 999,974950 \left[1 - \frac{(T - 3,983035)^2 (T + 301,797)}{522528,9 (T + 69,34881)} \right] \quad (3)$$

em que: q : vazão ($L h^{-1}$); t : tempo de coleta (s); m_F : massa do coletor + água (g); m_I : massa do coletor (g); ρ : massa específica da água ($kg m^{-3}$); T : temperatura da água ($^{\circ}C$).

2.7 Análise da sensibilidade do emissor à obstrução

Foi considerado obstruído o emissor que apresentou variação de vazão de $\pm 25\%$ em relação ao valor determinado no início do ensaio (Equação 4). Deste modo, problemas de obstrução também podem ser expressos por aumentos na vazão de gotejadores, sendo que tais ocorrências são esperadas somente em emissores auto-compensantes. Um lote de gotejadores é considerado obstruído quando 25% dos gotejadores do lote são classificados como obstruídos (Equação 5) (NIU; LIU; CHEN, 2012). Dessa forma, é possível verificar o desempenho dos emissores à obstrução em cada condição de ensaio.

$$q_a \leq 0,75q_0 \text{ ou } q_a \geq 1,25q_0 \quad (4)$$

$$N_o \geq 0,25N_t \quad (5)$$

Em que: q_a : vazão atual do gotejador; q_0 : vazão do gotejador determinada no início do ensaio; N_o : número de gotejadores obstruídos, e; N_t : número total de gotejadores na amostra.

3 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Condição 1: água com ausência de partículas sólidas e com dureza total de $200 mg L^{-1}$ em $CaCO_3$

Na Figura 5 pode ser observada a vazão relativa dos emissores de cada modelo nos ensaios realizados sem adição de partículas sólidas, ou seja, apenas com água com elevada dureza. Com 72 horas de ensaio, todos os modelos de gotejadores encontravam-se obstruídos, encerrando-se então os testes.

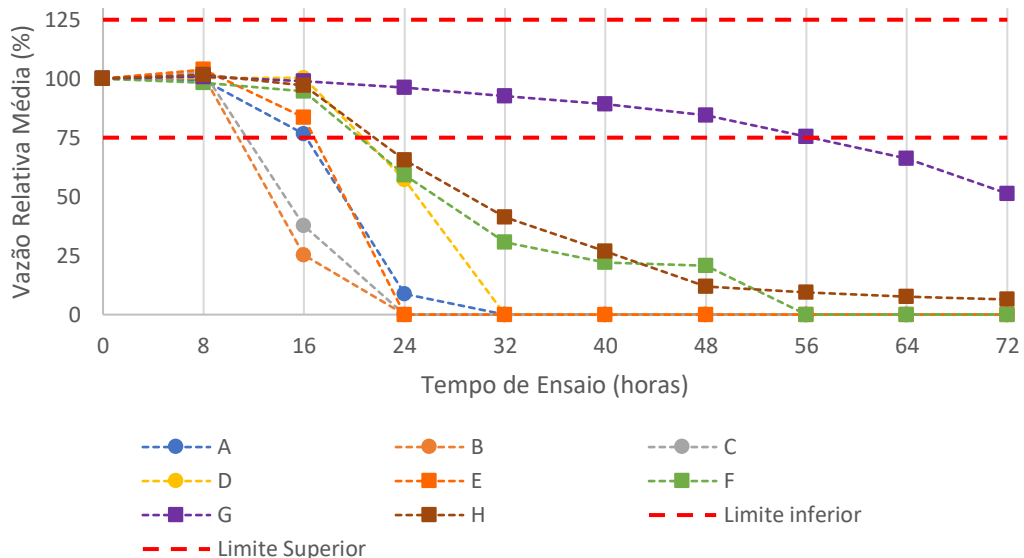


Figura 1 – Comportamento da vazão relativa dos modelos de gotejadores durante 72 horas de ensaio sem adição de partícula.

Dentre os modelos de emissores avaliados, o modelo B mostrou-se mais sensível à obstrução por precipitados de $CaCO_3$, apresentando vazão relativa média inferior a 75% antes das primeiras 16 horas de ensaio. O emissor apresenta seção de escoamento menor

que os demais emissores avaliados, assim, é esperado que a sensibilidade de obstrução do emissor aumente à medida que a seção de escoamento se torna menor (LAVANHOLI et al., 2018). Por outro lado, o modelo G mostrou-se mais resistente à obstrução por CaCO_3 .

3.2 Condição 2: água com 125 mg L^{-1} de partículas sólidas e dureza total de 200 mg L^{-1} em CaCO_3

Nos ensaios de interação entre CaCO_3 e partículas sólidas, foi observado que somente o modelo de emissor A obstruiu (Figura 9). Emissores do modelo A, apresentam vazão relativamente baixa ($1,1 \text{ L h}^{-1}$) em comparação com outros modelos estudados, portanto, também é esperado menor área de escoamento nesse modelo de gotejador, o que pode favorecer o comprometimento da seção de escoamento mais rapidamente por processos de acúmulo e depósitos de partículas e precipitado químico.

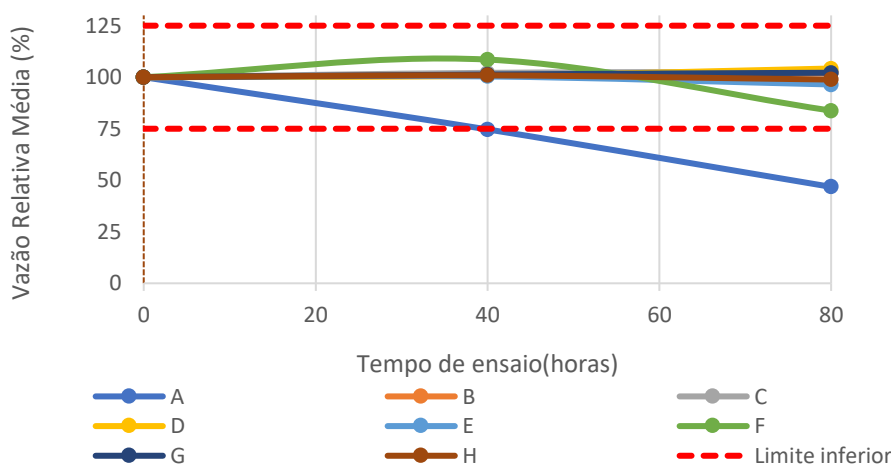


Figura 2 – Vazão relativa média dos emissores ao longo dos dias de ensaio.

Os modelos B, C, D, E, F e G não obstruíram durante os dias de ensaio, obtendo assim melhor desempenho hidráulico na condição estudada. Comparando os resultados obtidos nesta condição com os testes realizados apenas com CaCO_3 , verifica-se que, para um mesmo total de horas de ensaio, determinados modelos não obstruíram nos testes de interação entre partículas de solo e CaCO_3 . A interação existente entre esses agentes, certamente inibiu o crescimento dos cristais de CaCO_3 nucleados, mantendo-os em um determinado tamanho que não interferisse no fluxo de água nos labirintos. Por outro lado, no estudo apenas com CaCO_3 , as condições do meio foram favoráveis para a nucleação e crescimento dos cristais, uma vez que não havia interferentes.

4 CONCLUSÃO

Os problemas de obstrução foram mais severos nas condições em a água ofereceu risco de obstrução por CaCO_3 do que nas condições em que a água ofereceu risco de obstrução por interações entre partículas sólidas e precipitados químicos.

O emissor cilíndrico não autocompensante possui características geométricas que propiciaram desempenho superior aos demais modelos de gotejadores no requisito resistência à obstrução por CaCO_3 .

A pesquisa proposta é essencialmente experimental e foi prejudicada pela pandemia. Infelizmente os resultados que encerram essa pesquisa de Iniciação Científica ainda são parciais, devendo haver sequência em oportunidades futuras.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water Quality and Distribution Uniformity in Drip/Trickle Irrigation Systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 4, p. 355–365, ago. 1998.
- DUARTE, F. V. **Influência da aplicação de gás carbônico na redução de precipitação de carbonatos em sistema de irrigação localizada**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.
- DURAN-ROS, M. et al. Effect of filter, emitter and location on clogging when using effluents. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 1, p. 67–79, jan. 2009.
- LAVANHOLI, R. et al. Methodology to Evaluate Dripper Sensitivity to Clogging due to Solid Particles: An Assessment. **The Scientific World Journal**, v. 2018, p. 1–9, 23 out. 2018.
- LEITE, J. A. O. **Avaliação da susceptibilidade de tubogotejadores ao entupimento por precipitados químicos de carbonato de cálcio**. [s.l.] Universidade Federal de Lavras, 1995.
- LI, Y. et al. CFD and digital particle tracking to assess flow characteristics in the labyrinth flow path of a drip irrigation emitter. **Irrigation Science**, v. 26, n. 5, p. 427–438, 26 mar. 2008.
- MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. DE; OLIVEIRA, M. DE. Estimativa de carbonato de cálcio aplicado via água de irrigação nas regiões da Chapada do Apodi e Baixo Açu , RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 71–75, 2001.
- MELO, R. F. DE; COELHO, R. D.; TEIXEIRA, M. B. Entupimento de gotejadores convencionais por precipitados químicos de carbonato de cálcio e magnésio, com quatro Índices de Saturação de Langelier. **Irriga**, v. 13, n. 4, p. 525–539, 2008.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. **Irrigation Science**, v. 12, n. 4, p. 187–192, dez. 1991.
- NIU, W.; LIU, L.; CHEN, X. Influence of fine particle size and concentration on the clogging of labyrinth emitters. **Irrigation Science**, v. 31, n. 4, p. 545–555, 14 mar. 2012.