

CARACTERÍSTICAS DE ESCOAMENTO E ACÚMULO DE SEDIMENTOS EM PROTÓTIPOS DE GOTEJADORES

GUSTAVO L. MUNIZ¹, DIEGO J. S. PEREIRA², NICOLAS D. CANO³, JONESMAR OLIVEIRA⁴, NASSIM AIT-MOUHEB⁵, ANTONIO P. CAMARGO⁶

¹ Eng. Agrícola e Ambiental, Doutorando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas – SP, Fone: (019) 3521-1019, gustavo.l.muniz@feagri.unicamp.br

² Eng. Agrícola e Ambiental, Doutorando em Engenharia de Biosistemas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da USP, Piracicaba - SP

³ Engo Agrícola, Doutorando em Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas - SP

⁴ Estudante de Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas - SP

⁵ Eng. Químico, Pesquisador, French National Research Institute for Agriculture, Food and the Environment (INRAe), Montpellier, France

⁶ Eng. Agrônomo, Professor doutor, Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, Campinas - SP

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: O acúmulo de partículas de pequena granulometria ($< 125 \mu\text{m}$) e os padrões de deposição, em função das características de escoamento, em protótipos de labirintos de emissores de irrigação foram investigados. Dois protótipos de labirintos com distintas configurações geométricas foram objetos de estudo. Água contendo partículas de solo nas concentrações de 125 e 500 mg L^{-1} foi utilizada na condução do experimento. Simulações de fluidodinâmica computacional foram realizadas a fim de identificar como as características de escoamento no labirinto influenciam a deposição de partículas. Foi observado que a deposição de partículas ocorre em função da geometria do labirinto. No labirinto de escoamento uniforme, o acúmulo de partículas ocorreu na seção de entrada do canal e o emissor permaneceu com o restante do canal limpo. Já no modelo de labirinto cujas características geométricas favorecem a formação de vórtices, a deposição ocorreu nas regiões de recirculação dos primeiros defletores. Regiões curvas no labirinto também favoreceram a deposição de partículas. Os perfis de velocidade obtidos nas simulações computacionais foram úteis para estimar locais propensos a deposição. Por fim, a concentração de partículas não afetou a vazão dos emissores em 200 h de ensaio.

PALAVRAS-CHAVE: qualidade da água, gotejamento, fluidodinâmica computacional

FLOW CHARACTERISTICS AND SEDIMENT ACCUMULATION IN DRIPPER PROTOTYPES

ABSTRACT: The accumulation of small particle size ($< 125 \mu\text{m}$) and deposition patterns, as a function of the flow characteristics, in dripper labyrinth prototypes were investigated. Two labyrinth prototypes of different geometric configurations were studied. Water containing soil particles at concentrations of 125 and 500 mg L^{-1} was used to conduct the experiment. Computational fluid dynamics simulations were performed to identify how flow characteristics in the labyrinth influence the deposition of particles. It was observed that the deposition of particles occurs as a function of the labyrinth geometry. In the uniform-flow labyrinth, accumulation of particles occurred at the channel inlet section and the emitter remained with the remainder of the channel clean. In the labyrinth model whose geometric characteristics favor

vortices formation, deposition occurred at the recirculation regions of the first deflectors. Curved regions in the labyrinth also favored particle deposition. The velocity profiles obtained on computer simulations were useful to estimate locations prone to deposition. Finally, particles concentration did not affect emitters discharge in 200 h of testing.

KEYWORDS: water quality, micro-irrigation, computational fluid dynamics

INTRODUÇÃO: A obstrução de emissores em sistemas de irrigação por gotejamento é um dos fatores mais importantes que contribui para a redução da uniformidade de aplicação de água (LILI et al., 2019). A susceptibilidade de emissores à obstrução está intimamente relacionada à qualidade da água de irrigação e às características geométricas do labirinto do gotejador (FENG et al., 2018). O uso de aplicativos para simulações de fluidodinâmica computacional (CFD) aplicada ao estudo de gotejadores tem sido útil para identificação de possíveis regiões susceptíveis à deposição de partículas em função das condições hidrodinâmicas de escoamento no canal e, assim, fornecer subsídios para o aprimoramento da geometria de emissores (CAMARGO et al., 2020). O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de protótipos de labirintos de emissores operando com água com diferentes concentrações de partículas sólidas em relação ao acúmulo de sedimentos no labirinto, bem como, usar CFD a fim de confrontar os resultados experimentais observados de padrões de deposição com os perfis de escoamento simulados no canal do emissor.

MATERIAL E MÉTODOS: Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Hidráulica e Irrigação (LHI) da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP). A bancada de ensaios utilizada nos experimentos consistiu em um circuito hidráulicamente fechado composto por reservatório de 80 L; agitador com hélice, motor elétrico e inversor de frequência para garantir a suspensão das partículas; motobomba com rotor e carcaça em aço inoxidável; calha plástica, que foi responsável por coletar e retornar a água ao reservatório; manômetro digital para controle da pressão (1 bar) na linha; câmera com lupa microscópica para aquisição de imagens; e, uma peneira no final da calha para a retenção de eventuais contaminantes. A velocidade de escoamento na linha foi de, aproximadamente, 1 m s^{-1} , sendo controlada por um bocal de diâmetro apropriado instalado no final da linha lateral. Partículas de solo com granulometria inferior a $125 \text{ }\mu\text{m}$ foram utilizadas nos experimentos em duas concentrações: 125 e 500 mg L^{-1} . A menor concentração já representa uma condição severa de risco de obstrução (NAKAYAMA; BUCKS, 1981), enquanto a concentração de 500 mg L^{-1} tem como objetivo submeter o protótipo de gotejador a uma condição de operação extrema. Dois protótipos de emissores, construídos em placa de acrílico, cujos labirintos apresentam diferentes configurações geométricas, foram selecionados como objeto de estudo. Os protótipos foram denominados de Modelo A e Modelo B. O modelo A apresenta zonas mínimas de formação de vórtice durante o escoamento e maior seção de fluxo principal. As seguintes dimensões constituem o Modelo A: largura e profundidade do canal (0,5 mm), altura do dente (0,71 mm), ângulo do dente (45°), área da seção de fluxo ($0,25 \text{ mm}^2$), coeficiente de perda de carga (2,23), número de defletores (37), comprimento do labirinto (89,32 mm) e vazão ($1,4 \text{ L h}^{-1}$). Já o Modelo B foi projetado para favorecer a formação de vórtice, apresentando as seguintes dimensões: largura do canal (1,3 mm), profundidade do canal (0,8 mm) relação altura do dente/largura do canal (1,2 mm), ângulo do dente (75°), área da seção de fluxo ($1,69 \text{ mm}^2$), coeficiente de perda de carga (28,84), número de defletores (49), comprimento do labirinto (131,89 mm) e vazão ($1,5 \text{ L h}^{-1}$). Os protótipos de emissores apresentam características similares aos labirintos de emissores comerciais, porém foram fabricados em material transparente (acrílico) que possibilita a filmagem e registro do transporte e acúmulo de sedimentos no interior do labirinto, que foi realizado utilizando uma câmera de alta resolução. Os protótipos foram projetados a partir de sólidos tridimensionais desenhados em ambiente CAD (*Computer Aided Design*), simulados

utilizando o *CFD Module* do aplicativo *COMSOL Multiphysics* e fabricados utilizando fresagem, em placas de acrílico, com auxílio de uma máquina com Comando Numérico Computadorizado (CNC). Mais detalhes da construção dos protótipos são fornecidos em Lavanholi et al. (2020). Os protótipos de emissores foram ensaiados simultaneamente, sendo que, no início de cada ensaio, aferiu-se a vazão inicial dos emissores, que foi utilizada como referência no cálculo da vazão relativa. Os ensaios foram realizados em ciclos de 12 h, com 10 h operando e 2 h em repouso. Cada condição de ensaio durou 20 ciclos, totalizando 200 h de operação (10 dias). O pH da água foi mantido em $6,5 \pm 0,5$ e hipoclorito de sódio foi adicionado diariamente na água a fim de evitar interferências de agentes biológicos. A cada quatro ciclos foi mensurada a vazão dos emissores por determinações de massa de água. Simulações numéricas utilizando CFD foram empregadas para a identificação de características de escoamento no interior dos labirintos. Foram efetuados testes para confirmar a independência dos resultados quanto às características da malha utilizada para as simulações (FENG et al., 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A vazão relativa dos protótipos de emissores ao longo dos ensaios é mostrada na Figura 1. Como critério de obstrução, na literatura tem sido considerado que um modelo encontra-se obstruído quando apresenta $\pm 25\%$ de variação de vazão, em relação à vazão inicial (FENG et al., 2018; ZHANG et al., 2017). Na Figura 1, nota-se que os protótipos não obstruíram até o final das 200 h de ensaio. A vazão relativa foi pouco afetada na concentração de 125 mg L^{-1} de partículas e não houve diferença na vazão relativa dos modelos estudados. Na concentração de 500 mg L^{-1} , pode-se observar que o Modelo A foi mais sensível à obstrução, entretanto, ainda assim, este protótipo permaneceu com vazão relativa acima de 90% no final dos ensaios, indicando que partículas $< 125 \mu\text{m}$ na água não apresenta potencial para a obstrução de emissores, independente da concentração utilizada.

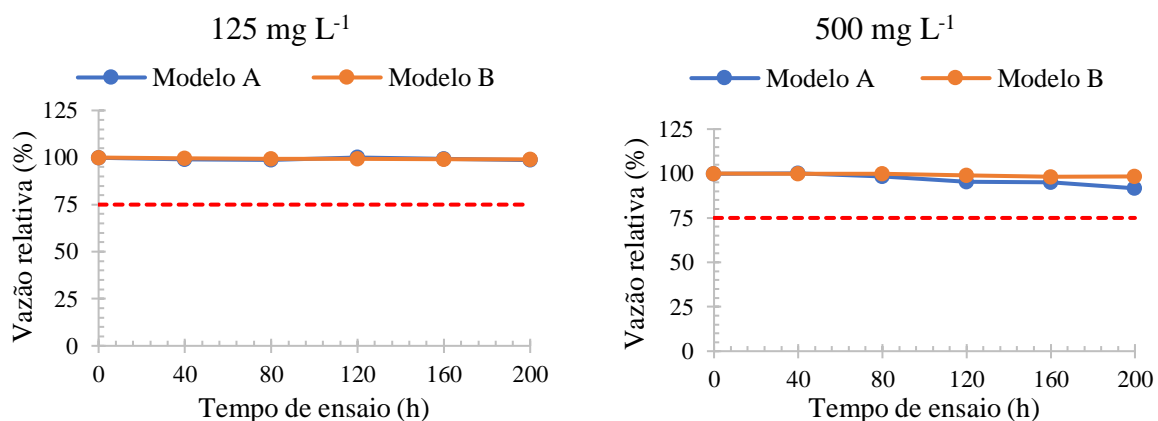


FIGURA 1. Vazão relativa (%) dos protótipos de emissores ao longo das horas de ensaio.

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2020) avaliando processos de obstrução de emissores por partículas de argila ($< 2 \mu\text{m}$). Estes autores observaram que a deposição de partículas dentro dos labirintos de gotejadores foi maior nas zonas de vórtices, localizadas nos primeiros defletores dos labirintos. As variações de vazão observadas pelos autores não foram suficientes para classificar os emissores como obstruídos em nenhuma das condições estudadas. Os autores concluíram que partículas de argila, como agente isolado de obstrução, não apresentaram potencial para obstrução total de emissores nas condições testadas. A fim de avaliar as características de escoamento no interior dos labirintos, simulações utilizando CFD foram realizadas e os perfis de velocidade no canal são mostrados na Figura 2.

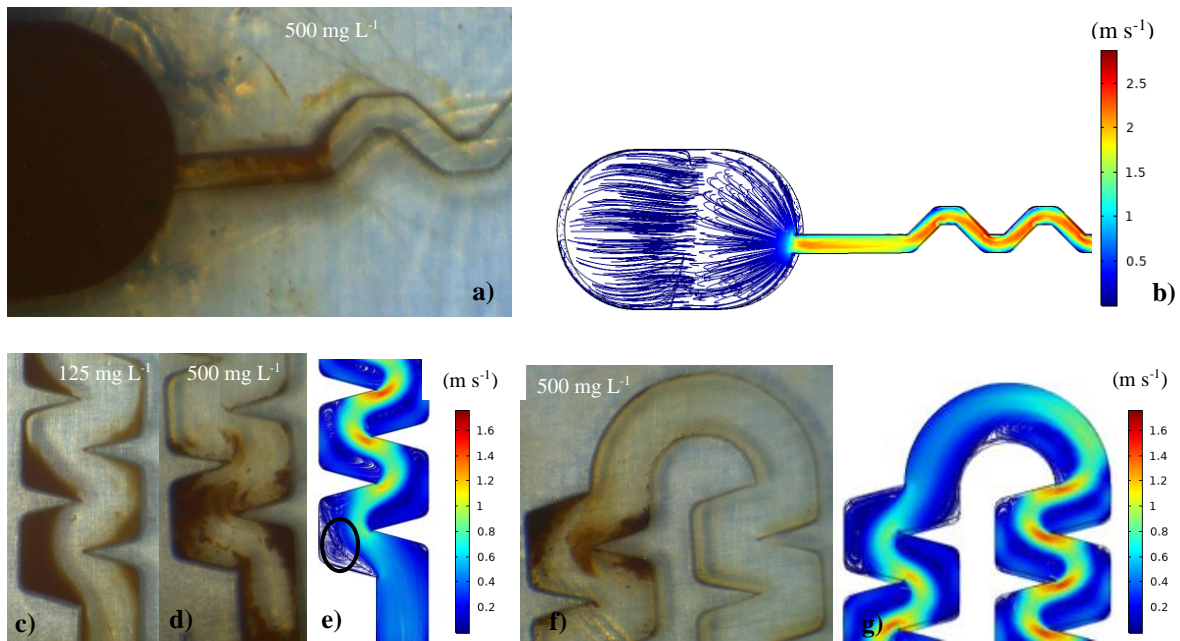


FIGURA 2. Regiões de acúmulo de sedimentos no Modelo A (a) e no Modelo B (c), (d) e (f); e, perfis de velocidade de escoamento no Modelo A (b) e no Modelo B (e) e (g).

Na Figura 2 é possível observar que os locais de deposição de partículas são fortemente influenciados pela velocidade de escoamento e pela existência de zonas de recirculação, em destaque na Figura 2e. Regiões de baixa velocidade, que ocorrem nos primeiros defletores e regiões de recirculação, são mais susceptíveis ao acúmulo gradual de partículas que, com o tempo, podem provocar alterações significativas na vazão dos emissores.

CONCLUSÕES: O acúmulo de sedimentos ocorreu nas regiões dos labirintos caracterizadas por apresentar baixa velocidade de escoamento, particularmente nas regiões de recirculação. O acúmulo de partículas em 200 h não provocou alterações na vazão dos emissores para classificá-los como obstruídos. CFD foi útil para prever os locais de acúmulo de sedimentos e poderá servir como ferramenta auxiliar nos projetos futuros de emissores.

REFERÊNCIAS:

- CAMARGO, A. P. DE et al. Applications of computational fluid dynamics in irrigation engineering. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, p. e20207700, 2020.
- DE OLIVEIRA, F. C. et al. Clogging of drippers caused by suspensions of kaolinite and montmorillonite clays. **Irrigation Science**, v. 38, n. 1, p. 65–75, 1 jan. 2020.
- FENG, J. et al. Effect of optimization forms of flow path on emitter hydraulic and anti-clogging performance in drip irrigation system. **Irrigation Science**, v. 36, n. 1, p. 37–47, 19 jan. 2018.
- LAVANHOLI, R. et al. Prediction of Pressure–Discharge Curves of Trapezoidal Labyrinth Channels from Nonlinear Regression and Artificial Neural Networks. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 146, n. 8, p. 04020018, 20 ago. 2020.
- LILI, Z. et al. Effects of Drip Irrigation Frequency on Emitter Clogging using Saline Water for Processing Tomato Production. **Irrigation and Drainage**, 7 fev. 2019.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Emitter Clogging Effects on Trickle Irrigation Uniformity. **Transactions of the ASAE**, v. 24, n. 1, p. 77–80, 1981.
- ZHANG, L. et al. Effect of pulsating pressure on labyrinth emitter clogging. **Irrigation Science**, v. 35, n. 4, p. 267–274, jul. 2017.