

SUSCEPTIBILIDADE AO ENTUPIMENTO DE EMISSORES EM SISTEMA DE FERTIRRIGAÇÃO SOB APLICAÇÃO DE FONTES DE NUTRIENTES

FERNANDO NOBRE CUNHA¹; GABRIELA NOBRE CUNHA²; MARCONI BATISTA TEIXEIRA¹; NELMÍCIO FURTADO DA SILVA³; DANIELY KAREN MATIAS ALVES¹ E WENDSON SOARES DA SILVA CAVALCANTE³

¹*Departamento de Hidráulica e Irrigação, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, km 01, Zona Rural, CEP: 75.901-970, Rio Verde GO, Brasil, fernandonobrecunha@hotmail.com, marconibt@gmail.com, daniely_karen@hotmail.com; ORCID (<https://orcid.org/0000-0001-8489-7625>, <https://orcid.org/0000-0002-0152-256X>, <https://orcid.org/0000-0001-7427-7545>).*

²*Departamento de Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, UniEVANGÉLICA, Av. Universitária km 3,5 Cidade Universitária, CEP: 75083-515, Anápolis GO, Brasil, gabriela-nc@hotmail.com; ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9253-8339>).*

³*Departamento de Agronomia, Universidade de Rio Verde – UniRV, Campus Rio Verde – GO, Fazenda Fontes do Saber - Campus Universitário, CEP: 75.901-970, Rio Verde GO, Brasil, nelmicio@unirv.edu.br, wendsonbfsoarescvt@gmail.com; ORCID (<https://orcid.org/0000-0001-7055-8075>, <https://orcid.org/0000-0002-5224-5486>).*

1 RESUMO

Objetivou-se avaliar o grau de entupimento de gotejadores submetidos a aplicação de macro e micronutrientes em diferentes tempos de funcionamento. O experimento foi realizado em uma casa de vegetação instalada na área experimental do IFGoiano – Campus Rio Verde. O delineamento experimental utilizado é em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 3 × 4, com três repetições; sendo o tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio), o tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco) e o tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro) e quatro tempos de funcionamento (200, 400, 600 e 800 h). Foi utilizado um modelo de tubo gotejador com vazão nominal de 2,3 L h⁻¹, diâmetro nominal 16 mm, pressão de operação 100 a 350 kPa e espaçamento entre emissores de 0,5 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foram determinados o grau de entupimento, coeficiente de uniformidade estatístico e o coeficiente de uniformidade absoluto. A aplicação de nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco proporciona a melhor uniformidade e grau de entupimento.

Palavras-chave: obstrução de gotejadores, sulfato de amônio, nitrato de cálcio, uniformidade de aplicação.

CUNHA, F. N.; CUNHA, G. N.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, N. F.; ALVES, D. K. M.; CAVALCANTE, W. S. S.

SUSCEPTIBILITY TO CLOGGING OF DRIPPERS IN FERTIRRIGATION SYSTEMS UNDER APPLICATION OF NUTRIENT SOURCES

2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the degree of obstruction of drippers subjected to the application of macro- and micronutrients at different operating times. The experiment was carried out in a greenhouse located in the experimental area of the IFGoiano - Rio Verde Campus. The experimental design used a randomized block, analyzed in a 3×4 factorial scheme, with three replications: treatment 1 (ammonium molybdate, magnesium chloride and ammonium sulfate), treatment 2 (calcium nitrate, boric acid and zinc sulfate) and treatment 3 (copper sulfate, manganese chloride and iron sulfate) and four operating times (200, 400, 600 and 800 h). A drip tube model with a nominal flow of 2.3 L h^{-1} , a nominal diameter of 16 mm, an operating pressure of 100 to 350 kPa and a spacing between emitters of 0.5 m was used. After the flow data were tabulated, the degree of obstruction, coefficient of statistical uniformity and absolute uniformity coefficient were determined. The application of calcium nitrate, boric acid and zinc sulfate provides the best uniformity and degree of obstruction.

Keywords: dripper obstruction, ammonium sulfate, calcium nitrate, uniformity of application.

3 INTRODUÇÃO

A grande quantidade de água requerida pela irrigação, o decréscimo da sua disponibilidade e o alto custo de energia necessária à sua aplicação tem aumentado o interesse pela racionalização desse recurso (Azevedo *et al.*, 1999; Li *et al.*, 2023).

No dimensionamento de sistemas de irrigação localizada, deve-se considerar a variabilidade existente entre gotejadores, outro ponto importante é que o sistema pode apresentar distúrbios de vazão ao longo do tempo em função da qualidade de água e do manejo de irrigação utilizado (Coelho, 2007; Santos *et al.*, 2022). Em termos químicos, uma água de qualidade para irrigação é determinada pela composição e concentrações de sais nela constituídos e dissolvidos, uma vez que podem causar precipitação química e consequente entupimento dos gotejadores (Cavalcante, 2000; Li *et al.*, 2025).

O entupimento químico resulta da precipitação de elementos em solução na água de irrigação e, portanto, depende principalmente do pH e da condutividade da água, assim vários elementos químicos podem causar esse fenômeno, incluindo cálcio, magnésio, carbonatos, fosfatos ou

ferro, conseqüentemente a formação de precipitados cria um depósito que evolui e pode até modificar a área de fluxo de água, induzindo uma variação na vazão do gotejador (Rizk *et al.*, 2017; Zhangzhong *et al.*, 2019; Petit *et al.*, 2022).

As pequenas variações na geometria dos orifícios de saída da água provocam sensíveis diferenças na vazão, isto também pode ocorrer devido a fertirrigação pois esta técnica pode ocasionar uma mudança no fluxo da água, principalmente na extremidade do emissor que tem o primeiro contato com os fertilizantes, indicando uma deposição gradual deste material no interior do mesmo e conseqüentemente assumindo maior importância que as variações de vazão decorrentes das diferenças de pressão ao longo da linha (Vermeiren; Jobling, 1980; Botrel, 1984; Cunha *et al.*, 2014a; Shen *et al.*, 2022).

Sistemas de irrigação por gotejamento por isso são extremamente suscetíveis a entupimentos e, mesmo com um processo de filtragem para retenção de partículas sólidas, pode haver formação de precipitados no interior das tubulações, causando entupimento físico (Ribeiro *et al.*, 2018). O entupimento pode alterar a taxa de irrigação e, assim, diminuir tanto a eficiência

quanto a uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação, representando assim um gargalo na durabilidade do desempenho do sistema de irrigação por gotejamento (Niu; Liu; Chen, 2013; Santos *et al.*, 2022). Objetivou-se, assim avaliar o grau de entupimento de gotejadores submetidos a aplicação de macro e micronutrientes em diferentes tempos de funcionamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma casa de vegetação instalada na área experimental do IFGoiano – Campus Rio Verde. A casa de vegetação é constituída de cobertura de filme plástico polietileno transparente, de 150 micras e laterais fechadas, com tela tipo sombrite com 30% de interceptação. As coordenadas geográficas do local de instalação são 17°48'28" S e 50°53'57" O, com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen e Geiger (1928), como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro a maio, e com seca nos meses de junho a setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 3 × 4, com três repetições, sendo: o tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio); o tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco); o tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro); e quatro tempos de funcionamento (200, 400, 600 e 800 h).

Foram aplicadas via fertirrigação as seguintes quantidades no tratamento 1: 0,12 g 1000 L⁻¹ de molibdato de amônio, 200 g 1000 L⁻¹ de cloreto de magnésio e 200 g 1000 L⁻¹ de sulfato de amônio; no tratamento 2: 900 g 1000 L⁻¹ de nitrato de cálcio, 1,9 g 1000 L⁻¹ de ácido bórico e 1,15 g 1000 L⁻¹ de

sulfato de zinco; e no tratamento 3: 0,12 g 1000 L⁻¹ de sulfato de cobre, 4 g 1000 L⁻¹ de cloreto de manganês e 400 g 1000 L⁻¹ de sulfato de ferro. O sistema de irrigação possuía sistema de filtragem equipado com filtro de disco de 100 mesh para a retirada de partículas sólidas que porventura pudessem entrar no sistema.

Foi utilizado um tubo gotejador com vazão nominal de 2,3 L h⁻¹, diâmetro nominal 16 mm, pressão de operação 100 a 350 kPa, espaçamento entre emissores de 0,5 m e o comprimento de cada linha de tubos gotejadores foi de 7 m.

À entrada das linhas gotejadoras, foi instalada uma tomada de pressão, permitindo que a cada medição de vazão a pressão fosse checada e, se necessária, ajustada àquela pré-estabelecida. Para isso, foi utilizado um manômetro de Bourdon com faixa de leitura de 0 - 4 Kgf cm⁻². Durante todo o período do ensaio foram realizadas as leituras de temperatura da água no reservatório de captação, com aplicação dos tratamentos com temperatura da água na faixa de 25°C (25°C ± 1°C).

O tempo de injeção dos fertilizantes foi em torno de 1 h como forma de garantir uma melhor aplicação dos fertilizantes, com base em uma diluição mínima. Para injeção dos fertilizantes no sistema de irrigação optou-se por um injetor Venturi que realizava a sucção do fertilizante depois de dissolvidos em uma caixa reservatório com capacidade para 50 L.

O procedimento para realização da leitura de vazão consistiu na pressurização do sistema, estabilização da pressão em 150 kPa (+/- 5 kPa) no início da linha, posicionamento dos coletores sob os respectivos gotejadores com três segundos de defasagem e retirada dos coletores com a mesma sequência e defasagem de tempo após 5 min de coleta. Foi utilizado o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor. O monitoramento da vazão dos gotejadores, permitiu a obtenção da vazão média dos gotejadores.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos de uniformidade de aplicação de água e do grau de entupimento, conforme as equações 1 a 3.

$$CUE = 100 \left(1 - \frac{S}{\bar{X}} \right) \quad (1)$$

$$CUA = 50 \left(\frac{X_{25\%}}{\bar{X}} + \frac{\bar{X}}{X_{12,5\%}} \right) \quad (2)$$

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) 100 \quad (3)$$

Em que:

CUE - coeficiente de uniformidade estatístico (Wilcox; Swailes, 1947), em %;

CUA - coeficiente de uniformidade absoluto (Keller; Karmeli, 1975), em %;

GE - grau de entupimento, %;

$X_{25\%}$ - média de 25% do total de gotejadores, com as menores vazões, em L h⁻¹;

$X_{12,5\%}$ - média de 12,5% do total de gotejadores, com as maiores vazões, em L h⁻¹;

X_i - vazão de cada gotejador, em L h⁻¹;

\bar{X} - vazão média dos gotejadores, em L h⁻¹;

q_{novo} - vazão do gotejador novo, L h⁻¹;

q_{usado} - vazão do gotejador usado, L h⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, e em casos de significância, foi realizada a análise de regressão para os tempos de funcionamento, e as médias dos tratamentos com fertirrigação foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR® (Ferreira, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) no tempo de funcionamento de 200 h não apresentou diferença significativa entre os tratamentos 1 e 2, os quais foram 1% maior do que o tratamento 3 (Tabela 1). No tempo de funcionamento de 400 h foi verificado o menor CUE, indicando uma diferença de 1,8 e 3,6% para os tratamentos 1 e 2, respectivamente; já entre os tratamentos 1 e 2, verificou-se uma diferença de 1,78%.

Tabela 1. Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) em diferentes tempos de funcionamento

Tratamentos	Tempo de funcionamento (h)			
	200	400	600	800
T1	97,32 a	95,32 b	91,77 b	90,36 b
T2	97,85 a	97,10 a	93,13 a	91,90 a
T3	96,34 b	93,53 c	89,57 c	87,97 c

¹Tratamento 1: molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio; Tratamento 2: nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco; e o Tratamento 3: sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro. Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores (2025).

Geralmente os valores de CUE são ligeiramente menores que o de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) ao longo do tempo, isso ocorre devido ao CUE dar um tratamento mais rigoroso a problemas de distribuição de água, que

ocorrem ao longo da linha lateral (Rodrigues *et al.*, 2013; Shen *et al.*, 2022).

No tempo de funcionamento de 600 h o tratamento 2 apresentou o maior CUE, indicando uma diferença de 1,4 e 3,6% para os tratamentos 1 e 3, respectivamente; já

entre os tratamentos 1 e 3, observou-se uma diferença de 2,2%. No tempo de funcionamento de 800 h o tratamento 1 apresentou um CUE intermediário, indicando uma diferença de 1,5 e 2,4% para os tratamentos 2 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 2 e 3, verificou-se uma diferença de 3,9%.

A obstrução dos emissores prejudica o funcionamento geral do sistema de irrigação localizada, afetando suas características de operação e exigindo manutenções mais frequentes, além disso, o entupimento diminui a uniformidade de

distribuição de água de sistemas de irrigação localizada (Liu; Huang, 2009; Li *et al.*, 2025).

A uniformidade de água no tempo de funcionamento de 200 h se manteve sempre acima de 95%, assim, nesse tempo de funcionamento não se observou diferença significativa entre os tratamentos para a uniformidade (Tabela 2). No tempo de funcionamento de 400 h o tratamento 3 apresentou o menor CUA, indicando uma diferença de 2 e 4,3% para os tratamentos 1 e 2, respectivamente; já entre os tratamentos 1 e 2, verificou-se uma diferença de 2,3%.

Tabela 2. Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) em diferentes tempos de funcionamento

Tratamentos	Tempo de funcionamento (h)			
	200	400	600	800
T1	96,46 a	93,97 b	89,54 b	87,24 b
T2	97,02 a	96,28 a	91,46 a	89,47 a
T3	95,90 a	91,95 c	86,73 c	85,84 c

¹Tratamento 1: molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio; Tratamento 2: nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco; e o Tratamento 3: sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro. Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores (2025)

O CUE e o CUA decrescem similarmente ao CUC, indicando um comportamento mais estável do que o verificado no coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), que apresentou diferenças mais expressivas por supervalorizar os entupimentos (Cunha *et al.*, 2014b; Cunha *et al.*, 2024).

No tempo de funcionamento de 600 h o tratamento 2 apresentou o maior CUA, indicando uma diferença de 1,9 e 4,7% para os tratamentos 1 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 1 e 3, observou-se uma diferença de 2,8%. No tempo de funcionamento de 800 h o tratamento 1 apresentou um CUA intermediário, indicando uma diferença de 2,2 e 1,4% para os tratamentos 2 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 2 e 3, verificou-se uma diferença de 3,6%.

Apesar do lançamento dos gotejadores autocompensantes no mercado, a avaliação dos sistemas de irrigação localizada continua sendo um dos pontos de partida para o êxito das lavouras, pois sistemas bem dimensionados e uniformes na aplicação de água são fundamentais para a técnica da fertirrigação, o que resulta em incremento de produtividade e rendimento da cultura (Nakayama; Bucks, 1991; Santos *et al.*, 2022).

O grau de entupimento (GE) no tempo de funcionamento de 200 h não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, apresentando um GE médio de 4,3% (Tabela 3). No tempo de funcionamento de 400 h o tratamento 3 apresentou o maior GE, indicando uma diferença de 2,3 e 5,5% para os tratamentos 1 e 2, respectivamente; já entre os

tratamentos 1 e 2, verificou-se uma diferença de 3,2%.

Tabela 3. Grau de entupimento (GE) em diferentes tempos de funcionamento

Tratamentos	Tempo de funcionamento (h)			
	200	400	600	800
T1	4,28 a	7,32 b	11,14 a	14,51 b
T2	3,90 a	4,16 a	10,17 a	11,88 a
T3	4,67 a	9,62 c	15,60 c	16,39 c

¹Tratamento 1: molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio; Tratamento 2: nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco; e o Tratamento 3: sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro. Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autores (2025)

O ferro e o manganês, em elevados teores, são os principais causadores das obstruções dos emissores em sistemas de irrigação localizada, assim o entupimento dos emissores prejudica o funcionamento geral do sistema de irrigação (Busato *et al.*, 2012; Cunha *et al.*, 2014b; Li *et al.*, 2023).

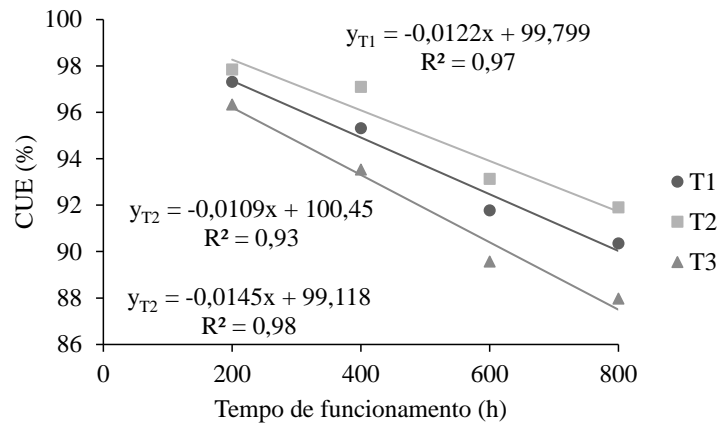
No tempo de funcionamento de 600 h os tratamentos 1 e 2 apresentaram o menor GE, indicando uma diferença de 5,4% para o tratamento 3. No tempo de funcionamento de 800 h o tratamento 1 apresentou um GE intermediário, indicando uma diferença de 2,6 e 1,9% para os tratamentos 2 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 2 e 3, verificou-se uma diferença de 4,5%.

Para que a irrigação seja eficiente, o sistema de irrigação localizada deve

apresentar alta uniformidade de distribuição de água, pois isso afeta a eficiência do uso da água e logo o rendimento da cultura e a qualidade do produto final (Dantas Neto *et al.*, 2013; Araújo Neto *et al.*, 2015; Cunha *et al.*, 2024).

O CUE em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para os tratamentos 1, 2 e 3, com R^2 acima de 93% (Figura 1). A figura 1 apresenta o comportamento da uniformidade de aplicação para cada tratamento em função do tempo de funcionamento. Levando em consideração o tempo de funcionamento de 200 e 800 h, observa-se reduções no CUE de aproximadamente 7,3, 6,5 e 8,7%, quando utilizou-se na fertirrigação o tratamento 1, 2 e 3, respectivamente.

Figura 1. Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) em função dos tempos de funcionamento para o tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio), tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco) e o tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro)



Fonte: Autores (2025)

A uniformidade da distribuição de água é uma avaliação essencial em sistemas de irrigação localizada, tanto na fase inicial do projeto quanto no desempenho pós-implantação (Favetta; Botrel, 2001; Li *et al.*, 2025).

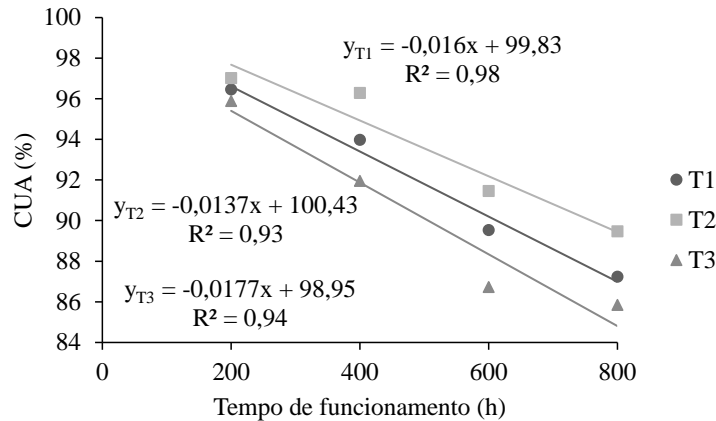
O CUE a cada aumento de 200 h no tempo de funcionamento demonstra um decréscimo de 2,4, 2,2 e 2,9%, quando aplicados via água de irrigação no tratamento 1, tratamento 2 e no tratamento 3, respectivamente.

Vários fatores podem comprometer a uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação localizada, destacando-se, entre eles, o entupimento parcial e total e

o desequilíbrio de vazão dos emissores causado pelas partículas minerais ou orgânicas presentes na água (Vieira *et al.*, 2004; Cunha *et al.*, 2024).

O CUA em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para o tratamento 1, 2 e 3, com R^2 de até 98% (Figura 2). A figura 2 apresenta o comportamento da uniformidade de aplicação para cada tratamento em função do tempo de funcionamento. Levando em consideração o tempo de funcionamento de 200 e 800 h, observa-se reduções no CUA de aproximadamente 9,60, 8,22 e 10,62%, quando utilizou-se na fertirrigação o tratamento 1, 2 e 3, respectivamente.

Figura 2. Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) em função dos tempos de funcionamento para o tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio), tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco) e o tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro)



Fonte: Autores (2025)

Quando a uniformidade obtida tanto na presença quanto na ausência de fertirrigação é considerada como boa, pode-se dizer que de maneira geral o sistema de irrigação está funcionando adequadamente mesmo sob fertirrigação (Cunha *et al.*, 2014a; Shen *et al.*, 2022).

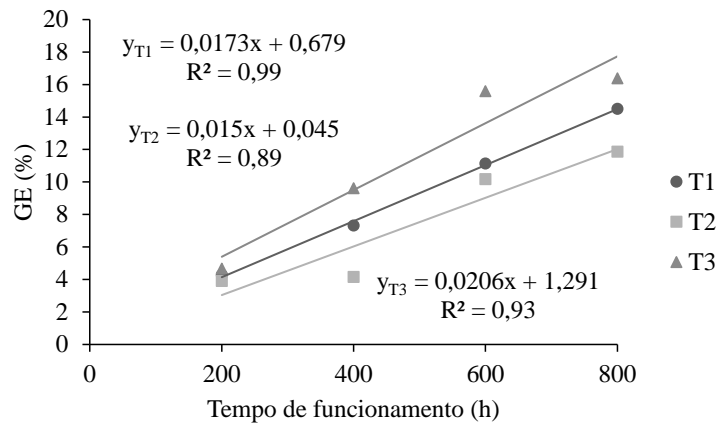
O CUA a cada aumento de 200 h no tempo de funcionamento demonstra um decréscimo de 3,2, 2,7 e 3,5%, quando aplicados via água de irrigação no tratamento 1, tratamento 2 e tratamento 3, respectivamente.

A análise dos coeficientes de uniformidade é essencial para avaliar o desempenho de qualquer sistema de irrigação localizada, por isso, para que a

irrigação seja eficiente, é necessário que o sistema apresente alta uniformidade na aplicação de água (Rodrigues *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2022).

O GE em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para o tratamento 1, 2 e 3, com R^2 acima de 89% (Figura 3). A figura 3 apresenta o comportamento do grau de entupimento dos emissores para cada tratamento em função do tempo de funcionamento. Levando em consideração o tempo de funcionamento de 200 e 800 h, observa-se incrementos no GE de aproximadamente 10,40, 9,00 e 12,40%, quando utilizou-se na fertirrigação o tratamento 1, 2 e 3, respectivamente.

Figura 3. Grau de entupimento (GE) em função dos tempos de funcionamento para o tratamento 1 (molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio), tratamento 2 (nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco) e o tratamento 3 (sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro)



Fonte: Autores (2025)

Pode-se verificar uma maior propensão ao entupimento parcial e total quando na presença da fertirrigação; além disso, a diferença entre sem e com fertirrigação ao longo do tempo de funcionamento pode ser acima de 5,00% (Cunha *et al.*, 2014a; Li *et al.*, 2023).

O GE a cada aumento de 200 h no tempo de funcionamento demonstra um acréscimo de 3,50, 3,00 e 4,10%, quando aplicados via água de irrigação no tratamento 1, tratamento 2 e no tratamento 3, respectivamente.

6 CONCLUSÕES

A aplicação de nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco proporciona a maior uniformidade de aplicação de água e menor grau de entupimento.

A fertirrigação com molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de amônio causa influência na uniformidade de distribuição e no grau de entupimento.

Nos tempos de funcionamento de 200 a 800 h, verifica-se incrementos no grau de entupimento de até 12,40%, quando se utiliza na fertirrigação o molibdato de amônio, cloreto de magnésio e sulfato de

amônio (Tratamento 1), o nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco (Tratamento 2) e o sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro (Tratamento 3).

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), à Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Centro de Excelência em Agricultura Exponencial (CEAGRE) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano), pelo apoio financeiro e estrutural para a condução deste estudo.

8 REFERÊNCIAS

ARAÚJO NETO, R. A.; SARMENTO, P. L.; FERREIRA JÚNIOR, R. A.; SILVA, M. B. P.; ROCHA, A. E. Q.; TEODORO, I. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento em cana-de-açúcar.

- Revista Ciência Agrícola**, Ponta Grossa, n. 13, v. 1, p. 13-20, 2015.
- AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de elementos do clima e da pressão de operação do aspersor no desperdício de água, em um sistema de irrigação de alta pressão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 4, p. 53-62, 1999.
- BOTREL, T. A. **Hidráulica de microaspersores e linhas laterais para irrigação localizada**. 1984. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.
- BUSATO, C. C. M.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; REIS, E. F.; BUSATO, C. Dicloroisocianurato na prevenção do entupimento devido ao uso de águas ferruginosas em sistemas de irrigação por gotejamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 49-56, 2012.
- CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. 1. ed. Areia: UFPB, 2000.
- COELHO, R. D. **Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil**. 2007. Tese (Livre-Docência em Engenharia de Água e Solo) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- CUNHA, F. N.; CUNHA, G. N.; TEIXEIRA, M. B.; SILVA, N. F.; MORAIS, W. A. Emitter clogging and distribution uniformity in nitrogen fertigation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v. 28, n. 9, p. e280462, 2024.
- CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; MELO, S. R. P. Uniformidade de aplicação de fertilizantes sob um sistema de gotejamento subsuperficial. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, p. 391-402, 2014a.
- CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; RIBEIRO, P. H.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Repetibilidade de um sistema de irrigação por gotejamento sob entupimento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, p. 343-353, 2014b.
- DANTAS NETO, J.; AZEVEDO, C. A.; SILVA, L.; SILVA, P.; SANTOS, C. Desempenho de sistema de irrigação por gotejamento em áreas de pequenos produtores do semiárido paraibano. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, n. 9, v. 16, p. 679-688, 2013.
- FAVETTA, M. G.; BOTREL, A. T. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, n. 58, v. 2, p. 427-430, 2001.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, p. 1-133, 1975.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.
- LI, H.; MA, Z.; ZHANG, G.; CHEN, J.; LU, Y.; LI, P. Performance of a Drip Irrigation System under the Co-Application of Water, Fertilizer, and Air.

Horticulturae, Basel, n. 10, v. 6, p. 1-10, 2023.

LI, P.; WANG, X.; ZHANG, C.; CHEN, K.; JUNEJO, A. R.; LIU, J.; LI, H. Effects of Water–Fertilizer–Gas Coupling on Emitter Clogging and Uniformity of Drip Irrigation System. **Horticulturae**, Basel, n. 11, v. 3, p. 1-23, 2025.

LIU, H.; HUANG, G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 96, p. 745-756, 2009.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. **Irrigation Science**, Amsterdam, v. 12, p. 187-192, 1991.

NIU, W.; LIU, L.; CHEN, X. Influence of fine particle size and concentration on the clogging of labyrinth emitters. **Irrigation Science**, Amsterdam, n. 1, v. 31, p. 545-555, 2013.

PETIT, J.; GARCÍA, S. M.; MOLLE, B.; BENDOULA, R.; AIT-MOUHEB, N. Methods for drip irrigation clogging detection, analysis and understanding: State of the art and perspectives. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, n. 1, v. 272, p. 1-11, 2022.

RIBEIRO, M. D.; AZEVEDO, C. A.; SANTOS, D. B.; SZEKUT, F. D.; KLEIN, M. R.; REIS, C. F. Optical microscopy and sem for identifying clogging material in a drip irrigation system. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 4, p. 997-1007, 2018.

RIZK, N.; AIT-MOUHEB, N.; BOURRIÉ, G.; MOLLE, B.; ROCHE, N. Parameters controlling chemical deposits in micro-irrigation with treated wastewater. **Journal of Water Supply Research and**

Technology, London, n. 1, v. 66, p. 587-597, 2017.

RODRIGUES, R. R.; COLA, M. P. A.; NAZÁRIO, A. A.; AZEVEDO, J. M. G.; REIS, E. F. Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Ambiência**, Guarapuava, v. 9, v. 2, p. 323-334, 2013.

SANTOS, J. W. F.; REIS, L. S.; DIAS, M. S.; SANTOS, R. H. S.; SILVA, F. A.; SANTOS, J. P. O. Efficiency and uniformity of a subsurface drip irrigation system in sugarcane crops. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 9, n. 1, p. e6829, 2022.

SHEN, Y.; PUIG-BARGUÉS, J.; LI, M.; XIAO, Y.; LI, Q.; LI, Y. Physical, chemical and biological emitter clogging behaviors in drip irrigation systems using high-sediment loaded water. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 270, article 107738, p. 1-12, 2022.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G. A. **Localized irrigation**. Rome: FAO, 1980. (Irrigation and Drainage, ed. 36).

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, J. G. F.; RAMOS, M. M.; SILVA, C. M. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Jaboticabal, v. 8, p. 1-6, 2004.

WILCOX, J. C.; SWAILES, G. E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, Ponta Grossa, v. 27, n. 11, p. 565-583, 1947.

ZHANGZHONG, L.; YANG, P.; ZHEN, W.; ZHANG, X.; WANG, C. A kinetic model for the chemical clogging of drip irrigation system using saline water.

Agricultural Water Management,
Amsterdam, v. 223, article 105696, p. 1-9,
2019.