

## CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE EMISSORES SUBMETIDOS A APLICAÇÃO DE ÁGUA COM MACRO E MICRONUTRIENTES

C. C. dos Santos<sup>1</sup>, C. R. Rodrigues<sup>2</sup>, F. N. Cunha<sup>3</sup>, W. A. Morais<sup>4</sup>, F. R. Cabral Filho<sup>5</sup>,  
F. H. F. Gomes<sup>6</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar desempenho de gotejadores submetido a aplicação de água com presença de macro e micronutrientes. 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. O delineamento experimental utilizado é em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 3 x 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<sup>-1</sup>, diâmetro nominal 16 mm, pressão de operação 100 a 350 kPa e espaçamento entre emissores de 0,5 m. O procedimento para realização da leitura de vazão consistiu da 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. Depois de tabulados os dados de vazão, foram determinados o coeficiente de uniformidade absoluto e o coeficiente de variação de vazão. Os distúrbios de vazão dos gotejadores são mais acentuados quando sob aplicação de sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro.

**PALAVRAS-CHAVE:** ácido bórico, sulfato de zinco, vazão

## HYDRAULIC CHARACTERIZATION OF EMITTERS SUBMITTED TO THE APPLICATION OF WATER WITH MACRO AND MICRONUTRIENTS

<sup>1</sup>Acadêmico de Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde – GO, e-mail: santos.claudiocarvalho@gmail.com

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Ciência do Solo, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: carlos.rodrigues@ifgoiano.edu.br

<sup>3</sup>Doutorando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com

<sup>4</sup>Doutor em Ciências Agrárias – Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: wilker.alves.morais@gmail.com

<sup>5</sup>Acadêmico de Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fernandorcfilho10@gmail.com

<sup>6</sup>Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: flaviohenriquefg@hotmail.com

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the performance of drippers submitted to the application of water with presence of macro and micronutrients. The experiment was realized in a greenhouse located in the experimental area of the IFGoiano - Rio Verde Campus. The greenhouse consists of roof of film plastic transparent polyethylene, of 150 microns and closed sides, with screen with 30% interception. The experimental design used randomized block, analyzed in factorial scheme 3 x 4, with three replications; with treatment 1 (ammonium molybdate, magnesium chloride and ammonium sulfate), treatment 2 (calcium nitrate, boric acid and zinc sulphate) and treatment 3 (copper sulphate, manganese chloride and iron sulphate) and four operating times (200, 400, 600 and 800 h). Used a drip tube model with nominal flow of 2.3 L h<sup>-1</sup>, nominal diameter 16 mm, operating pressure 100 to 350 kpa and spacing between emitters of 0.5 m. The procedure to realization of flow reading consisted in pressurizing the system, stabilization of the pressure at 150 kPa (+/- 5 kPa) at the beginning of the line, positioning the collectors under the respective drippers with three seconds of lag and removing the collectors with the same sequence and lag of time after 5 min of collection. After of tabulated the flow data, were determined the absolute coefficient of uniformity and the coefficient of variation of flow. The flow disturbances of the drippers are more pronounced when under the application of copper sulphate, manganese chloride and iron sulphate.

**KEYWORDS:** boric acid, zinc sulphate, flow

## INTRODUÇÃO

Sistemas de irrigação localizada é uma resposta para necessidade de se procurar novos sistemas de irrigação que sejam eficientes, que reduzam o consumo dos recursos hídricos e sobretudo, que minimizem os problemas de escassez de água (Soares et al., 2012).

A uniformidade de distribuição de água em sistemas de irrigação localizada pode ser avaliada seguindo a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975) que consiste em caracterizar a vazão de quatro gotejadores em quatro linhas laterais dentro de uma parcela irrigada.

A uniformidade de distribuição é uma informação importante para a avaliação de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de projeto como no acompanhamento do desempenho após a implantação, pois é uma etapa relevante para a obtenção das informações relacionadas à

eficiência de uso da água do sistema de irrigação e do funcionamento real do sistema (Favetta & Botrel, 2001; Mantovani et al., 2009).

Objetivou-se, assim avaliar desempenho de gotejadores submetido a aplicação de água com presença de macro e micronutrientes.

## 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 (2013), 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 é em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 3 x 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).

Foram aplicados via fertirrigação as seguintes quantidades no tratamento 1: 0,12 g/1000 L de molibdato de amônio, 200 g/1000 L de cloreto de magnésio e 200 g/1000 L de sulfato de amônio; no tratamento 2: 900 g/1000 L de nitrato de cálcio, 1,9 g/1000 L de ácido bórico e 1,15 g/1000 L de sulfato de zinco; no tratamento 3: 0,12 g/1000 L de sulfato de cobre, 4 g/1000 L de cloreto de manganês e 400 g/1000 L de sulfato de ferro.

Foi utilizado um modelo de tubo gotejador com vazão nominal de 2,3 L h<sup>-1</sup>, diâmetro nominal 16 mm, pressão de operação 100 a 350 kpa e espaçamento entre emissores de 0,5 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 necessário, ajustada àquela pré-estabelecida. Para isso, foi utilizado um manômetro de bourdon com faixa de leitura de 0 - 4 Kgf cm<sup>-2</sup>. 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 corresponderam a 2 horas como forma de garantir uma melhor aplicação das fontes de nitrogênio, 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 da 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, utilizando-se a equação 1.

Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos de uniformidade de aplicação de água e do coeficiente de variação, conforme as equações 1 a 2.

$$CUA = 50 \left( \frac{X_{25\%}}{\bar{X}} + \frac{\bar{X}}{X_{12,5\%}} \right) \quad (1)$$

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} 100 \quad (2)$$

Em que:

CUA - coeficiente de uniformidade absoluto, em %;

CV – coeficiente de variação de vazão, %;

S – desvio padrão da vazão dos gotejadores usados, L h<sup>-1</sup>;

$\bar{X}$  = vazão média dos gotejadores, em L h<sup>-1</sup>;

$X_{25\%}$  = média de 25% do total de gotejadores, com as menores vazões, em L h<sup>-1</sup>; e

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

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, e as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR<sup>®</sup> (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A uniformidade de água no tempo de funcionamento de 200 h se manteve sempre acima de 95%, assim nesse tempo de funcionamento não observou-se diferença significativa entre os

tratamentos para a uniformidade (Tabela 1). 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%.

Cunha et al. (2014b) observaram que o CUE e o CUA decresceram similarmente ao CUC, indicando um comportamento mais estável do que o verificado no CUD, que apresentou diferenças mais expressivas por supervalorizar os entupimentos.

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%.

O coeficiente de variação de vazão (CV) no tempo de funcionamento de 200 h não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, apresentando um CV médio de 2,8% (Tabela 2). No tempo de funcionamento de 400 h o tratamento 3 apresentou o maior CV, indicando uma diferença de 1,79 e 3,57%, para os tratamentos 1 e 2, respectivamente; já entre os tratamentos 1 e 2, verificou-se uma diferença de 1,78%.

Keller e Karmeli (1975) recomendam que para não prejudicar a uniformidade de distribuição de água a variação da vazão deve ser inferior a 10% em todo o sistema de irrigação.

No tempo de funcionamento de 600 h o tratamento 2 apresentou o menor CV, indicando uma diferença de 1,36 e 3,56%, para os tratamentos 1 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 1 e 3, verificou-se uma diferença de 2,2%. No tempo de funcionamento de 800 h o tratamento 1 apresentou um CV intermediário, indicando uma diferença de 1,55 e 2,39%, para os tratamentos 2 e 3, respectivamente; já entre os tratamentos 2 e 3, verificou-se uma diferença de 3,93%.

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 1A). A Figura 1A 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.

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

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

O CV em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para o tratamento 1, 2 e 3, com  $R^2$  acima de 93% (Figura 1B). A Figura 1B apresenta o comportamento do coeficiente de variação de vazão 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 CV de aproximadamente 7,32, 6,54 e 8,7%, quando utilizou-se na fertirrigação o tratamento 1, 2 e 3, respectivamente.

Dalri et al. (2014) verificaram que os emissores em condições de fertirrigação, provocou injúrias aos emissores apenas do ponto de vista de sua qualidade construtiva, afetando o CVq não havendo impedimento na estrutura do labirinto que prejudicasse a vazão.

O CV a cada aumento de 200 h no tempo de funcionamento demonstra um acréscimo de 2,44, 2,18 e 2,9%, quando aplicado via água de irrigação 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), respectivamente.

## **CONCLUSÕES**

Os distúrbios de vazão dos gotejadores são mais acentuados quando sob aplicação de sulfato de cobre, cloreto de manganês e sulfato de ferro.

Os melhores coeficiente de uniformidade absoluto e coeficiente de variação de vazão ocorrem quando utiliza-se na fertirrigação o nitrato de cálcio, ácido bórico e sulfato de zinco.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, pelo apoio financeiro e estrutural.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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*, v. 8, p. 391-402, 2014.

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*, v. 8, p. 343-353, 2014.

DALRI, A. B.; PALARETTI, L. F.; CRUZ, R. L.; ZANINI, J. R.; FARIA, R. T.; SANTOS, G. O. Entupimento de emissores enterrados sob a cultura da cana-deaçúcar após três anos de cultivo em condições fertirrigadas. *Irriga, Botucatu, Edição Especial 01*, p. 62-71, 2014.

FAVETTA, G. M.; BOTREL T. A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. *Scientia Agricola*, v.58, n.2, p.427-430, abr./jun. 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. California: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

MANTOVANI, E. C.; FACCIOLI, G. G.; LEAL, B. G.; SOARES, A. A.; COSTA, L. C.; FREITAS, P. S. L. Influence of the water distribution uniformity and irrigation depth on the yield of irrigated bean crop. *Irriga, Botucatu*, v. 14, n. 4, p. 458-469, 2009.

SOARES, J. I.; SAAD, J. C. C.; VALNIR JÚNIOR, M. Determinação dos coeficientes de uniformidade e eficiência em um sistema de irrigação localizado por gotejamento superficial e subsuperficial na estação experimental de Barbalha – CE, UNESP, 2012.

**Tabela 1.** Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) em diferentes tempos de funcionamento

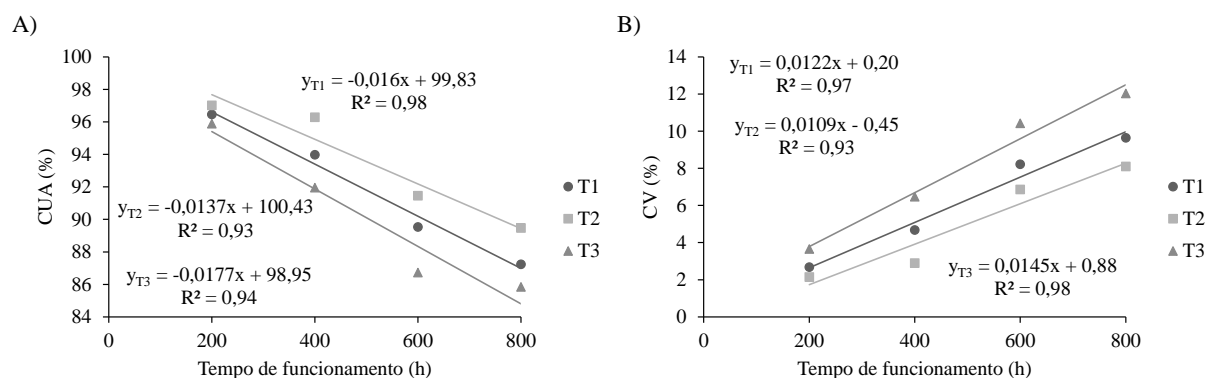
Tratamentos	Tempo de funcionamento (h)			
	200	400	600	800
T1	96,46 a	93,97 b	89,54 b	87,24 b
T2	97,02 a	96,28 a	91,46 a	89,47 a
T3	95,90 a	91,95 c	86,73 c	85,84 c

<sup>1</sup>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. Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Coeficiente de variação de vazão (CV) em diferentes tempos de funcionamento

Tratamentos	Tempo de funcionamento (h)			
	200	400	600	800
T1	2,68 a	4,68 b	8,23 b	9,64 b
T2	2,15 a	2,90 a	6,87 a	8,10 a
T3	3,66 a	6,47 c	10,43 c	12,03 c

<sup>1</sup>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. Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.



**Figura 1.** Coeficiente de uniformidade absoluto (A) e o coeficiente de variação de vazão (B) 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).