

UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA COM FONTES DE NITROGÊNIO EM SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

G. S. Moraes¹, L. N. S. dos Santos², F. N. Cunha³, I. O. F. Silva⁴, E. S. Cunha⁵, R. T. Manso⁶

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito de fontes de adubos nitrogenados em diferentes tempos de funcionamentos no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) em um sistema de irrigação localizada. 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 5 x 6, com três repetições. Os tratamentos consistiram em cinco fontes de N (nitrato de potássio, sulfato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de amônio e ureia) e seis tempos de funcionamento (100, 200, 300, 400, 500 e 600 h). Foi utilizado um modelo de tubo gotejador com vazão nominal de 2 L h⁻¹, diâmetro nominal 16 mm, diâmetro interno 13 mm, pressão de operação 100 a 350 kPa e espaçamento entre emissores de 0,7 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 de Christiansen e de distribuição. Os menores valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen ocorrem quando os gotejadores são submetidos a aplicação de nitrato de potássio e nitrato de cálcio.

PALAVRAS-CHAVE: fertirrigação, variação de vazão, nitrato de potássio

UNIFORMITY OF APPLICATION OF WATER WITH NITROGEN SOURCES IN DRIP IRRIGATION SYSTEMS

¹Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rodovia Sul Goiana, Km 01, CEP: 75.901-170, Rio Verde – GO, e-mail: giovanisantosrv@gmail.com

²Eng. Agrônomo, Prof. Dr. em Engenharia Agrícola, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: leonardo.santos@ifgoiano.edu.br

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

⁴Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: igorolacirrv95@gmail.com

⁵Mestrando em Ciências Agrárias - Agronomia, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: eduardosousacunha3@gmail.com

⁶Acadêmica de Engenharia Ambiental, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: rannaiany@hotmail.com

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen fertilizer sources in different Operation times on the coefficient of uniformity Christiansen (CUC) and distribution (CUD) in a localized irrigation system. 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 in randomized block, analyzed in a factorial scheme 5 x 6, with three replications. The treatments consisted of five sources of N (potassium nitrate, ammonium sulfate, calcium nitrate, ammonium nitrate and urea) and six operating times (100, 200, 300, 400, 500 and 600 h). Used a drip tube model with nominal flow of 2 L h^{-1} , nominal diameter 16 mm, internal diameter 13 mm, operating pressure 100 to 350 kpa and spacing between emitters of 0.7 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 Christiansen uniformity coefficient and of distribution. The lowest values of the coefficient of uniformity of Christiansen occur when the drippers are subjected to the application of potassium nitrate and calcium nitrate.

KEYWORDS: fertirrigation, flow variation, potassium nitrate

INTRODUÇÃO

A utilização do sistema de irrigação localizada está se tornando uma alternativa para melhoria na utilização dos recursos hídricos e por reduzir o consumo de água e energia, devido este ser um sistema de alta eficiência (Lima Junior; Silva, 2010).

Para que um sistema de irrigação seja eficiente se faz necessário que este apresente alta uniformidade de aplicação de água, o que leva à necessidade da verificação a eficiência através de avaliações periódicas, com a finalidade de observar se as condições de operação e desempenho (Campêlo et. al., 2014).

A avaliação da operação dos sistemas de irrigação está ligada a diversos parâmetros no desempenho, como vazão, tempo de irrigação e uniformidade de aplicação de água, nos quais

são considerados fundamentais para tomadas de decisões em relação ao diagnóstico do sistema (Paulino et al., 2009).

Objetivou-se, assim avaliar o efeito de fontes de adubos nitrogenados em diferentes tempos de funcionamentos no coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) em um sistema de irrigação localizada.

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 5 x 6, com três repetições. Os tratamentos consistiram em cinco fontes de N (nitrato de potássio, sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio e ureia) e seis tempos de funcionamento (100, 200, 300, 400, 500 e 600 h). Foi aplicada uma dose de nitrogênio igual para todos os tratamentos, equivalente a uma recomendação de 100 kg ha⁻¹ de N.

Foi utilizado um modelo de tubo gotejador com vazão nominal de 2 L h⁻¹, diâmetro nominal 16 mm, diâmetro interno 13 mm, pressão de operação 100 a 350 kpa e espaçamento entre emissores de 0,7 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 necessário, 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 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. A

Tabela 1 apresentam as características do nitrato de potássio, sulfato de amônio, nitrato de cálcio e nitrato de amônio e ureia utilizados na fertirrigação.

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 da uniformidade de aplicação de água, conforme as equações 1 a 2.

$$CUC = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right\} \quad (1)$$

$$CUD = 100 \left(\frac{X_{25\%}}{\bar{X}} \right) \quad (2)$$

Em que:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

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

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

n = número de gotejadores observados;

S = desvio-padrão dos dados de vazão, em L h⁻¹;

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

$X_{12,5\%}$ = média de 12,5% do total de gotejadores, com as maiores vazões, em 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, e as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico SISVAR[®] (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A uniformidade de água no tempo de funcionamento de 100 h se manteve sempre acima de 97%, com destaque para a fertirrigação com ureia que apresentou o maior CUC, já o nitrato de cálcio (NitCa) e nitrato de amônio (NitAm) apresentaram diferença significativa em comparação a ureia indicando um possível efeito negativo dessas fontes na uniformidade (Tabela 2).

No tempo de funcionamento de 200 h o nitrato de potássio (NitK), Nitrato de cálcio (NitCa) e sulfato de amônio (SAm) apresentaram os menores CUC e novamente neste tempo de funcionamento a ureia demonstrou o maior CUC.

No tempo de funcionamento de 300 h não houve diferença significativa na uniformidade entre a aplicação da fonte de N de nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm) e sulfato de amônio (SAm) e no tempo de funcionamento de 400 h entre nitrato de amônio (NitAm) e sulfato de amônio (SAm) também não ocorreu diferença significativa no CUC.

Cunha et al. (2014) observaram que os coeficientes que proporcionaram menor variação entre o primeiro e o último ensaio foram o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade absoluto (CUA).

A fertirrigação com ureia foi a que ocasionou menor alteração no CUC, consequentemente sempre indicando as maiores uniformidades, enquanto que a aplicação do nitrato de potássio e nitrato de cálcio principalmente nos tempos de funcionamento finais demonstraram provocar maior variação na vazão, provavelmente devido a ocorrência do entupimento parcial, levando a uma maior redução do CUC.

A uniformidade de água no tempo de funcionamento de 100 h foi maior para ureia (Ureia) e nitrato de amônio (NitAm), no entanto no tempo de funcionamento de 200 h não foram verificadas diferenças entre as fontes de N aplicadas via água de irrigação (Tabela 3).

O CUD nos tempos de funcionamento iniciais foi menor quando foi utilizado na fertirrigação o nitrato de potássio (NitK) e Nitrato de cálcio (NitCa), já nos tempos finais o CUD foi menor para as fontes de N de nitrato de potássio (NitK) e sulfato de amônio (SAm). Os maiores CUD foram verificados na fontes de N de ureia e nitrato de amônio (NitAm), logo estas fontes tenderam a obstruir com menos intensidade os emissores. A distribuição da água aplicada dificilmente será totalmente uniforme, e a mensuração dessa variabilidade é fundamental na avaliação do desempenho da irrigação (SILVA et al., 2004).

O CUC em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), com R^2 variando entre 98 e 99% (Figura 1).

A Figura 1 apresenta o comportamento da uniformidade de aplicação para cada fonte de N em função do tempo de funcionamento. Levando em consideração o tempo de funcionamento de 100 e 600 h, observa-se reduções no CUC de aproximadamente 4,4, 3,3, 5, 3,6 e 2,9%, quando utilizou-se na fertirrigação a fonte de N de nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), respectivamente.

Para Mantovani et al. (2009) a avaliação da irrigação é uma importante etapa para obter as informações relacionadas à eficiência de uso da água do sistema de irrigação, perdas durante a aplicação e uniformidade de distribuição de água, funcionamento real do sistema.

O CUC a cada aumento de 100 h no tempo de funcionamento demonstra um decréscimo de 0,85, 0,65, 0,98, 0,71 e 0,57%, quando aplicadas via água de irrigação as fontes de N de nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), respectivamente.

O CUD em função do tempo de funcionamento se adequou ao modelo linear para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), com R^2 acima de 92% (Figura 2).

A Figura 2 apresenta o comportamento da uniformidade de aplicação para cada fonte de N em função do tempo de funcionamento. Levando em consideração o tempo de funcionamento de 100 e 600 h, observa-se reduções no CUD de aproximadamente 5,4, 4,9, 6,1, 6,2 e 5,7%, quando utilizou-se na fertirrigação a fonte de N de nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), respectivamente.

O CUD a cada aumento de 100 h no tempo de funcionamento demonstra um decréscimo de 1,03, 1,01, 1,27, 1,15 e 1,05%, quando aplicadas via água de irrigação as fontes de N de nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), respectivamente.

CONCLUSÕES

Os menores valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen ocorrem quando os gotejadores são submetidos a aplicação de nitrato de potássio e nitrato de cálcio.

Os maiores valores de uniformidade de distribuição de água (CUC e CUD) são obtidos quando utiliza-se como fonte de N a ureia.

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

CAMPÊLO, A.R.; FERNANDES, C.N.V.; DA SILVA, A.R.A.; DE OLIVEIRA, S.R.M.; BEZERRA, F.M.L. e CÂNDIDO, M.J.D. Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim-braquiária. *Revista Agrotec*, v. 35, n. 1, p 1–12, 2014.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Coeficientes de uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 8, p. 444-454, 2014.

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

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). *Fertilizantes fluidos*. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 227-260.

KÖPPEN, W. Köppen climate classification. *Geography about*. (2013). Disponível em: <<http://geography.about.com/library/weekly/aa011700b.htm>>. Acessado em: 7 Janeiro. 2017.

LIMA JUNIOR, J. A.; SILVA, A. L. P. Diâmetro efetivo e coeficiente de uniformidade de areia utilizada em filtros empregados no sistema de irrigação. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, vol.6, N.11, pg.1-8, 2010.

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.

PAULINO, M. A. O.; FIGUEIREDO, F. P. 2; FERNANDES, R. C.; MAIA, J. T. L. S.; GUILHERME, D. O.; BARBOSA, F. S. Avaliação da uniformidade e eficiência de aplicação de água em sistemas de irrigação por aspersão convencional. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.3, n.2, p.48-54, 2009.

SILVA, E. M.; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A.; RODRIGUES, L. N. Proposição de um modelo matemático para a avaliação do desempenho de sistemas de irrigação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.39, n.8, p.741-748, 2004.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416p.

SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. 771 p.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). Fertilizantes fluidos. Piracicaba: Potafos, 1994. p. 262-281.

Tabela 1. Concentração de nutriente das fontes de nitrogênio utilizadas na fertirrigação

Fontes de nitrogênio ¹	Concentração de nutriente (g kg ⁻¹)			
	N	S	Ca	K ₂ O
Sulfato de amônio	200	240	-	-
Nitrato de cálcio	140	-	280	-
Nitrato de potássio	130	-	-	460
Nitrato de amônio	340	-	-	-
Ureia	450	-	-	-

¹Adaptado de Frizzone e Botrel (1994); Vitti et al. (1994) e Sousa et al. (2011).

Tabela 2. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para as fontes de nitrogênio e tempos de funcionamento

Fontes de N ¹	Tempo de funcionamento (h)											
	100	200	300	400	500	600						
NitCa	97,87	c	97,06	bc	96,60	b	95,40	c	94,85	d	93,48	d
NitAm	98,20	ab	97,38	b	96,85	b	96,17	b	95,58	b	94,88	b
NitK	97,54	d	96,83	c	95,99	c	94,82	d	94,18	e	92,53	e
SAm	97,96	bc	97,25	b	96,71	b	95,94	b	95,18	c	94,36	c
Ureia	98,52	a	97,71	a	97,18	a	96,93	a	96,14	a	95,55	a

¹Nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia). Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para as fontes de nitrogênio e tempo de funcionamento

Fontes de N ¹	Tempo de funcionamento (h)											
	100	200	300	400	500	600						
NitCa	96,91	bc	95,60	a	94,45	c	93,32	c	92,93	ab	91,52	b
NitAm	97,38	ab	96,17	a	95,31	ab	94,34	b	92,94	ab	92,43	a
NitK	96,24	c	95,58	a	94,78	bc	92,73	c	91,68	c	90,12	c
SAm	96,80	bc	95,78	a	95,30	ab	94,65	ab	92,86	b	90,63	c
Ureia	97,97	a	96,11	a	96,09	a	95,20	a	93,71	a	92,27	ab

¹Nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia). Médias com a mesma letra minúscula na coluna não indica diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

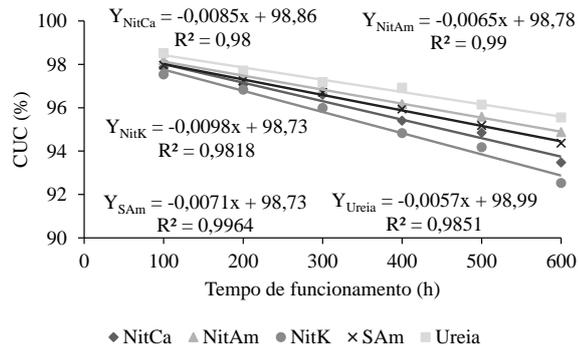


Figura 1. Coeficiente de uniformidade de Christiansen em função do tempo de funcionamento para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia).

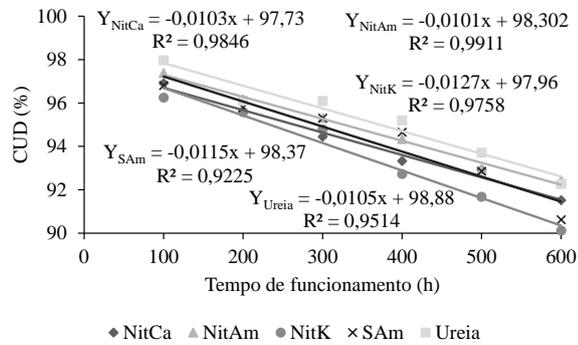


Figura 2. Coeficiente de uniformidade de distribuição em função do tempo de funcionamento para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia).