

UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SOB FERTIRRIGAÇÃO COM FONTES DE NITROGÊNIO

Fernando Nobre Cunha¹, Marconi Batista Teixeira², Carlos Ribeiro Rodrigues³, Giovani Santos Moraes⁴, Igor Olacir Fernandes Silva⁵, Daniely Karen Matias Alves⁶

RESUMO

Para que um sistema de irrigação seja eficiente se faz necessário que este apresente alta uniformidade de aplicação de água. O objetivo do estudo foi avaliar a uniformidade de distribuição de água relacionada com as fontes de nitrogênio e com o tempo de funcionamento do sistema. O experimento foi realizado em casa de vegetação na área experimental do IFGoiano – Campus Rio Verde. O delineamento experimental utilizado foi 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 tubo gotejador com vazão nominal de 2 L h⁻¹ e espaçamento entre emissores de 0,7 m. As leituras de vazão consistiram da pressurização do sistema, estabilização da pressão em 150 kPa, 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, de distribuição e o coeficiente de variação. As reduções na uniformidade de água foram mais acentuadas quando os gotejadores foram submetidos a aplicação de nitrato de potássio e nitrato de cálcio. O tempo de funcionamento independente da fonte de nitrogênio reduz a uniformidade de distribuição da água e aumenta o coeficiente de variação.

Palavras-chave: vazão, ureia, nitrato de potássio, fertirrigação

UNIFORMITY OF DRIP IRRIGATION UNDER FERTIGATION WITH NITROGEN SOURCES

ABSTRACT

In order for an irrigation system to be efficient, it is necessary that it present high uniformity of water application. The objective of the study was to evaluate the uniformity of water distribution related to

¹Pós-doutorando, Pesquisador, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com

²Doutor, Professor, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: marconibt@gmail.com

³Doutor, Professor, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: carlos.rodrigues@ifgoiano.edu.br

⁴Mestrando, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: giovanisantosrv@gmail.com

⁵Mestrando, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: igorolacirrv95@gmail.com

⁶Mestrando, IFGoiano – Campus Rio Verde, e-mail: daniely_karen@hotmail.com

nitrogen sources and the system's operating time. The experiment was realized in greenhouse in the experimental area of the IFGoiano - Rio Verde Campus. 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 with nominal flow of 2 L h⁻¹ and spacing between emitters of 0.7 m. The flow reading consisted in pressurizing the system, stabilization of the pressure at 150 kPa, 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, of distribution and coefficient of variation. The reductions in water uniformity more pronounced when the drippers subjected to the application of potassium nitrate and calcium nitrate. The independent run time of the nitrogen source reduces the uniformity of water distribution and increases the coefficient of variation.

Keywords: flow rate, urea, potassium nitrate, fertigation

INTRODUÇÃO

A irrigação na agricultura deve ser entendida como uma técnica que dê condições para que o material genético expresse em campo todo o seu potencial produtivo, além disso a irrigação é um instrumento muito eficaz no aumento da produtividade e da rentabilidade (HERNANDEZ, 2004; SILVA; SILVA, 2005; SILVA, 2018). A utilização do sistema de irrigação localizada é muito importante para a melhoria da utilização dos recursos hídricos, por reduzir o consumo de água e energia, devido este ser um sistema de alta eficiência (LIMA JUNIOR; SILVA, 2010). Sistemas de irrigação localizada são tecnologias onde pode-se utilizar técnicas como a aplicação de fertilizantes solúveis via água de irrigação, assumindo importância econômica e ambiental na atividade agrícola (BORSSOI et al., 2012).

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 da eficiência do sistema de irrigação através de avaliações periódicas da vazão e da uniformidade (CAMPÊLO et al., 2014).

A avaliação de operação dos sistemas de irrigação, conseqüentemente 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).

A uniformidade de distribuição é um importante indicador do desempenho do sistema de irrigação quando em fertirrigação, pois o significado prático da uniformidade como critério de desempenho do sistema de irrigação, decorre do fato de que uma alta uniformidade é um requisito para a obtenção de uma fertirrigação mais adequada e eficiente (BURT et al., 1998; ZERIHUN et al., 2003, ZERIHUN; SANCHEZ, 2014, ZERIHUN et al., 2017). O N é o elemento químico com maior aplicação na fertirrigação, pois apresenta alta lixiviação e volatilização no solo; com a fertirrigação de N é possível diminuir em até 30% a adubação nitrogenada, de tal modo que a aplicação de N, em diferentes fontes (nitrato de potássio, sulfato de amônio, nitrato de cálcio, nitrato de amônio e ureia), via fertirrigação, pode proporcionar elevada produtividade, com máxima eficiência econômica (KWONG et al., 1999; QUINTANA, 2010; ESPERANCINI et al., 2015; CUNHA, 2017).

O objetivo do estudo foi avaliar a uniformidade de distribuição de água relacionada com as fontes de nitrogênio e com o tempo de funcionamento do sistema.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma casa de vegetação instalada na área

UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SOB FERTIRRIGAÇÃO COM FONTES DE NITROGÊNIO

experimental do IFGoiano – Campus Rio Verde. A casa de vegetação era 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, 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 1500 a 1800 mm anuais (BASTOS et al., 2012; KÖPPEN, 2013).

O delineamento experimental utilizado foi 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 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. 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 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.

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).

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. Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CHRISTIANSEN, 1942), coeficiente de uniformidade de distribuição (CRIDDLE et al., 1956) e do coeficiente de variação de vazão, conforme as equações 1 a 3.

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

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

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} 100 \quad (3)$$

Em que:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %;

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, em %;

CV - coeficiente de variação de vazão, %;

\bar{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;

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 funcionamentos e para as fontes de nitrogênio 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 coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), já o nitrato de cálcio (NitCa) e nitrato de amônio (NitAm) apresentaram diferenças significativas em comparação a ureia indicando um possível efeito negativo dessas fontes na uniformidade (Tabela 2).

El-Wahed et al. (2015) observaram coeficiente de uniformidade de Christiansen e coeficiente de variação de vazão máximos de aproximadamente 91,4% e 10,3%, respectivamente.

Tabela 2. Coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para as fontes de nitrogênio e tempos de funcionamento de um sistema de irrigação por gotejamento

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.

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 o tratamento com ureia demonstrou o maior CUC. Segundo

Santos et al. (2016) a utilização da ureia via água de irrigação não resulta no entupimento dos emissores, levando ao pressuposto que a utilização da ureia pouco interfere na uniformidade de aplicação. No tempo de funcionamento de 300 h não houve diferença

UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SOB FERTIRRIGAÇÃO COM FONTES DE NITROGÊNIO

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 o coeficiente que proporcionou menor variação entre o primeiro e o último ensaio foi o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). A fertirrigação com ureia foi a que ocasionou menor alteração no CUC, conseqüentemente 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.

Segundo Ribeiro et al. (2012) gotejadores submetidos em condições extremas (cloreto de potássio branco, hidróxido de ferro, cloreto de potássio vermelho, solo argiloso e água rica em fitoplâncton) de uso são mais sujeitos a obstrução dos emissores, podendo resultar na redução dos parâmetros de uniformidade.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) no tempo de funcionamento de 100 h foi maior para 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).

Tabela 3. Coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) para as fontes de nitrogênio e tempo de funcionamento de um sistema de irrigação por gotejamento

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.

O CUD nos tempos de funcionamento iniciais (100 e 300 h) foi menor quando foi utilizado na fertirrigação o nitrato de potássio (NitK) e Nitrato de cálcio (NitCa), já nos tempos finais (500 e 600 h) o CUD foi menor para as fontes de N de nitrato de potássio (NitK) e sulfato de amônio (SAm). Os maiores CUD foram verificados nas 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 coeficiente de variação (CV) nas fontes de N ficaram abaixo de 5%, nos tempos de funcionamento de 100, 200 e 300 h, respectivamente.

Os menores valores de CV até o tempo de funcionamento de 300 h foram observados quando foi aplicado ureia via água de irrigação, sendo estes de no máximo 3,3%. As fontes de N de nitrato de amônio e sulfato de amônio não apresentaram diferenças no CV no tempo de funcionamento de 300 h (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficiente de variação (CV) para as fontes de nitrogênio e tempos de funcionamento de um sistema de irrigação por gotejamento

Fontes de N ¹	Tempo de funcionamento (h)
--------------------------	----------------------------

	100		200		300		400		500		600	
NitCa	2,52	ab	3,52	a	4,20	ab	5,26	b	5,91	b	7,73	b
NitAm	2,22	bc	3,17	ab	3,91	b	4,58	c	5,30	cd	6,24	d
NitK	2,85	a	3,66	a	4,53	a	5,87	a	6,78	a	8,37	a
SAm	2,45	ab	3,35	a	3,93	b	4,73	c	5,71	bc	7,04	c
Ureia	1,87	c	2,79	b	3,33	c	3,90	d	5,03	d	5,75	d

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.

No tempo de funcionamento de 500 h o maior CV foi observado na fertirrigação com nitrato de potássio (NitK) seguido pelo CV verificado com a aplicação de nitrato de cálcio (NitCa). Pletsch (2008) observou valores de variação de vazão de aproximadamente 5%, quando foi aplicado ureia via água de irrigação (fertirrigação), após o tempo de funcionamento de 500 h.

No tempo de funcionamento de 600 h pode-se classificar as fontes de N em função dos melhores CV, na seguinte forma: ureia e nitrato de amônio (NitAm), sulfato de amônio (SAm), nitrato de cálcio (NitCa) e nitrato de potássio (NitK); neste tempo de funcionamento pode-se observar uma diferença entre a fertirrigação com ureia e com nitrato de potássio de 2,62%,

consequentemente a maior variação de vazão, foi verificado quando para a fertirrigação foi utilizado nitrato de potássio, com um CV de aproximadamente 8,4%.

Os valores de coeficiente de variação encontrados no presente estudo foram próximos aos observados por Mulu e Alamirew (2012) em que a variação de vazão foi de no máximo 9%.

A Figura 1 apresenta o comportamento da uniformidade de aplicação para cada fonte de N em função do tempo de funcionamento. O CUC em função do tempo de funcionamento se adequou a um 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).

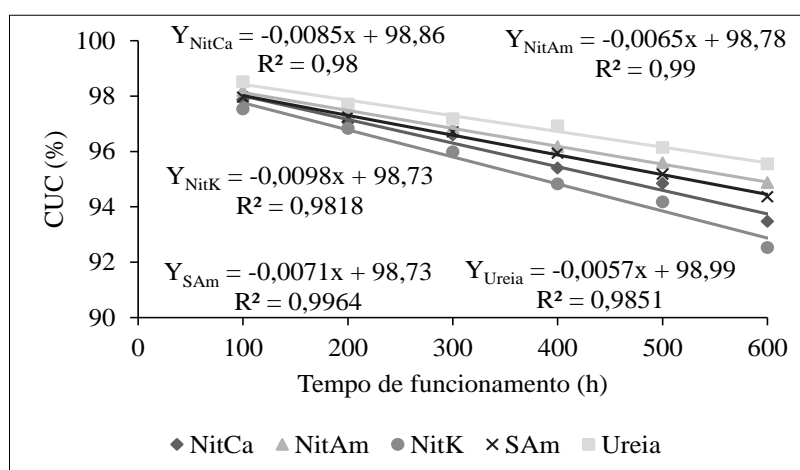


Figura 1. Coeficiente de uniformidade de Christiansen em função do tempo de funcionamento para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia).

Levando em consideração o tempo de funcionamento de 100 e 600 h, observa-se reduções no CUC de aproximadamente 4,4;

3,3; 5,0; 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

UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SOB FERTIRRIGAÇÃO COM FONTES DE NITROGÊNIO

potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia), respectivamente. Ferreira (2015) observou valores elevados de CUC (98,2%), CUD (97,1%) e CUE (97,8%), em um sistema de irrigação localizada submetido a fertirrigação com ureia.

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 aplicado via água de irrigação as fontes de N de NitCa, NitAm, NitK, SAm e ureia, respectivamente. Cunha et al. (2013) determinando a variabilidade de uniformidade

de distribuição em sistema de gotejamento observaram uma redução de 1,6 e 3,3%, nos valores de CUC quando comparado o tempo de funcionamento de 50 h e 200 h.

A Figura 2 apresenta o comportamento do coeficiente de uniformidade de distribuição para cada fonte de N em função do tempo de funcionamento.

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

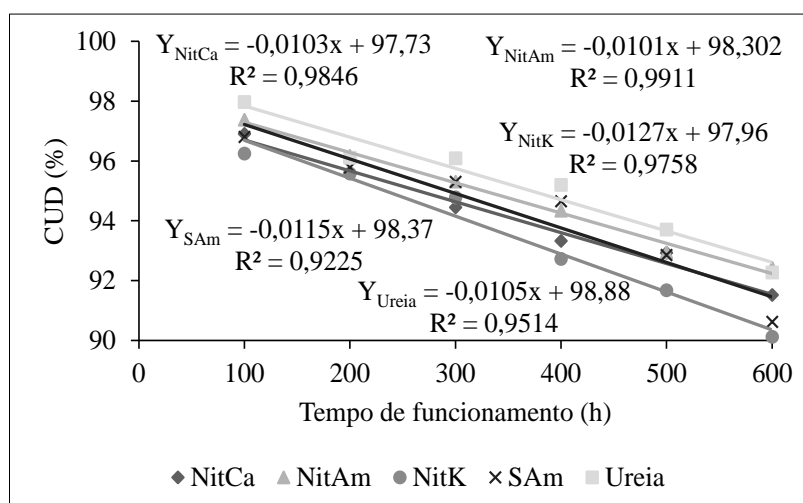


Figura 2. Coeficiente de uniformidade de distribuição em função do tempo de funcionamento para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia).

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 coeficiente de uniformidade de distribuição da água e a eficiência de aplicação são os principais parâmetros utilizados, pois expressam a qualidade da irrigação e são decisivos na operação desses sistemas (OLIVEIRA; VILLAS BÔAS, 2008). 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 NitCa, NitAm, NitK, SAm e ureia, respectivamente. Batista et al. (2010) também verificaram redução nos valores de CUD, com o aumento do tempo de funcionamento do sistema.

A Figura 3 apresenta o comportamento do coeficiente de variação para cada fonte de N em função do tempo de funcionamento. O CV se adequou a um modelo linear, com R^2 acima de 97%, indicando que no máximo 2,43% das variações do CV não são explicadas pela variação do tempo de funcionamento (Figura 3).

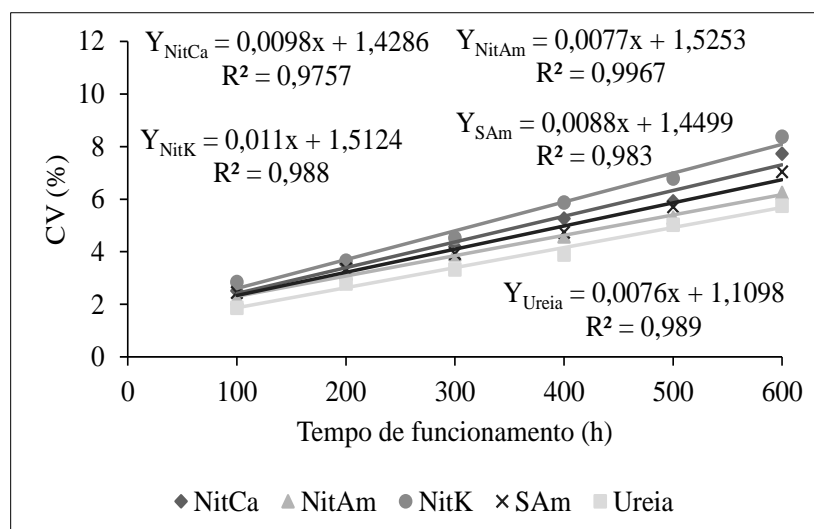


Figura 3. Coeficiente de variação em função do tempo de funcionamento para nitrato de cálcio (NitCa), nitrato de amônio (NitAm), nitrato de potássio (NitK), sulfato de amônio (SAm) e ureia (Ureia).

Comparando o tempo de funcionamento de 100 e 600 h, observa-se incrementos no CV de aproximadamente 5,0; 4,0; 5,0; 4,6 e 3,9%, 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.

A avaliação mais constante do sistema de irrigação evita que haja problemas com subestimação ou superestimação do valor médio da vazão, da variação (CV) e da uniformidade, garantindo um conhecimento mais profundo do sistema, reduzindo desperdícios e gastos (CUNHA et al., 2013; CUNHA et al., 2014). O CV a cada aumento de 100 h no tempo de funcionamento demonstra um acréscimo de 0,98; 0,80; 1,10; 0,90 e 0,80%, quando aplicadas via água de irrigação as fontes de N de NitCa, NitAm, NitK, SAm e ureia, respectivamente.

CONCLUSÕES

As reduções na uniformidade de água são estatisticamente acentuadas quando os gotejadores são submetidos a aplicação de potássio e nitrato de cálcio. Os maiores valores de uniformidade de

distribuição de água (CUC e CUD) são obtidos quando utiliza-se ureia.

A fertirrigação com ureia e nitrato de amônio apresentam os menores coeficientes de variação em tempos de funcionamento de até 600 h.

O tempo de funcionamento independente da fonte de nitrogênio reduz a uniformidade de distribuição da água e aumenta o coeficiente de variação.

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

BASTOS, F. J. C.; ROCHA, A. C.; SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; SILVA, F. C.; TEIXEIRA, M. B. Desempenho de cultivares e linhagens de amendoim irrigado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, p.198-206,2012. <http://doi.org/10.7127/rbai.v6n300084>

- BATISTA, R. O.; SOUZA, J. A. R.; FERREIRA, D. C. Influência da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n.1, p. 18-22, 2010. <http://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000100004>.
- BORSSOI, A. L.; VILAS BOAS, M. A.; REISDÖRFER, M.; HERNÁNDEZ, R. H.; FOLLADOR, F. A. C. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012. <http://doi.org/10.1590/S0100-69162012000400011>.
- BURT, C., O'CONNOR, K., RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: California Polytechnic State University, v. 40, n.6, p.663-669, 1998.
- CAMPÊLO, A. R.; FERNANDES, C. N. V.; SILVA, A. R. A.; OLIVEIRA, S. R. M.; BEZERRA, F. M. L.; CÂNDIDO, M. J. D. Avaliação de sistemas de irrigação por aspersão em malha em áreas cultivadas com capim-braquiária. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 35, n. 1, p. 1-12, 2014. <https://doi.org/10.25066/agrotec.v35i1.9869>.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by Sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. Bulletin, 670, p.124, 1942.
- CRIDDLE, W. D.; DAVIS, S.; PAIR, C. H.; SHOCKLEY, D. G. **Methods for Evaluating Irrigation Systems**. Washington DC: Soil Conservation Service - USDA, Agricultural Handbook, 82, p.24, 1956.
- CUNHA, F. N. **Desenvolvimento, produtividade e qualidade industrial da cana-de-açúcar fertirrigada com nitrogênio e zinco**. Tese (Doutorado). Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde - GO. 84 p., 2017.
- CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; GOMES FILHO, R. R. Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 4, p. 248-257, 2013. <https://doi.org/10.7127/RBAI.V7N400177>.
- 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. <https://doi.org/10.7127/rbai.v8n600254>.
- EL-WAHED, M. A.; SABAGH, A. E.; SANEOKA, H.; ABDELKHALEK, A. A.; BARUTÇULAR, C. Sprinkler irrigation uniformity and crop water productivity of barley in arid region. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 27, ed. 10, p.770-775, 2015. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015-05-209>.
- ESPERANCINI, M. S. T; AFONSO, P. F. N; GAVA, G. J. C, VILLAS BOAS, R. L. Dose ótima econômica de nitrogênio em cana-de-açúcar aplicada via fertirrigação por gotejamento. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, p. 28-39, 2015. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v1n1p28>.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011. <http://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- FERREIRA, J. E. Lettuce production in a greenhouse with drip fertigation fractioning. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 136-145, 2015. <https://doi.org/10.25066/agrotec.v36i1.22510>.
- FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. **Aplicação de fertilizantes via água de irrigação**. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.).

Fertilizantes fluidos. Piracicaba: P, p. 227-260, 1994.

HERNANDEZ, F. B. T. **Manejo da irrigação**. 2004. Disponível em: <http://www.irrigaterra.com.br/manejo.php>.

Acesso em: 18 jan. 2017.

KÖPPEN, W. **Köppen climate classification**. Geography about. 2013. Disponível em: <<http://geography.about.com/library/weekly/a011700b.htm>>. Acessado em: 7 jan. 2018.

KWONG, D. F. N. G. K.; PAUL, J. P.; DEVILLE, J. Drip-fertigation - a means for reducing fertilizer nitrogen to sugarcane. **Experimental Agriculture**, v. 35, p. 31-37, 1999.

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, v. 6, n. 11, p.1-8, 2010.

MULU, A.; ALAMIREW, T. Evaluating coefficient of uniformity for center pivot sprinkler irrigation. **Global Journal of Biology, Agriculture and Health Sciences**, v. 1, n. 1, p.17-21, 2012.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BÔAS R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n.1, p.95-103, 2008. <http://doi.org/10.1590/S0100-69162008000100010>.

PAULINO, M. A. O.; FIGUEIREDO, F. P.; 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. <http://doi.org/10.7127/RBAI.V3N200011>.

PLETSCH, T. A. **Desempenho de gotejadores com uso de efluente de esgoto**

doméstico tratado. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, p.1-59, 2008.

QUINTANA, K. A. **Irrigação e fertirrigação por gotejamento para cana-de-açúcar na presença e ausência de boro**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Jaboticabal. Jaboticabal - São Paulo - Brasil, p.70, 2010.

RIBEIRO, P. A. A.; TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; FRANCO, E. M.; SILVA, N. F.; CARVALHO, L. C. C.; ALVES, M. E. B. Gotejadores submetidos a condições críticas de qualidade da água. **Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - IRRIGA**, Botucatu, Ed. Especial, p. 368 - 379, 2012. <https://doi.org/10.15809/irriga.2012v1n01p368>.

SANTOS, D. L.; COELHO, E. F.; BATISTA, L. S.; BARROS, D. L.; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M. Efeito da aplicação de ureia e de cloreto de potássio por fertirrigação na vazão dos emissores e em parâmetros químicos do solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 5, Fortaleza, p. 990 - 998, 2016. <https://doi.org/10.7127/RBAI.V10N500495>.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista científica eletrônica de agronomia**. Faculdade de agronomia e engenharia florestal de Garça /FAEF, v.1, n. 8, p. 1-17, 2005.

SILVA, E. M. P. **Produtividade de colmos, açúcar e álcool de variedades de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial**. Tese. Universidade Federal do Piauí, p.71, 2018.

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.

<http://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000800003>.

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

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, p.771, 2011.

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

ZERIHUN, D.; SANCHEZ, C. A. **Evaluation**

of Sprinkler Fertigation of Vegetables. Report submitted to the Arizona Specialty Crops Council, p.10, 2014.

ZERIHUN, D.; SANCHEZ, C. A.; FARRELL-POE, K. L.; ADAMSEN, F. J.; HUNSAKER, D. J. Performance Indices for Surface N Fertigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 1293, p.173-183, 2003. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2003\)129:3\(173\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2003)129:3(173)).

ZERIHUN, D.; SANCHEZ, C. A.; SUBRAMANIAN, J.; BADARUDDIN, M.; BRONSON, K. F. Fertigation Uniformity under Sprinkler Irrigation: Evaluation and Analysis. **Irrigation & Drainage Systems Engineering**, v.6, ed.1, p.1-13, 2017. <https://doi.org/10.4172/2168-9768.1000177>.