

**Grau de entupimento em um sistema de irrigação localizada submetido a diferentes
tempos de funcionamento**

Degree of clogging in a localized irrigation system subjected to different operating times

**Grado de obstrucción en un sistema de riego localizado sujeto a diferentes tiempos de
operación**

Recebido: 14/06/2020 | Revisado: 15/06/2020 | Aceito: 18/06/2020 | Publicado: 30/06/2020

Daniely Karen Matias Alves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7427-7545>

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: daniely_karen@hotmail.com

Marconi Batista Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0152-256X>

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: marconibt@gmail.com

Fernando Nobre Cunha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8489-7625>

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: fernandonobrecunha@hotmail.com

Fernando Rodrigues Cabral Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5090-5946>

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: fernando.cabral@estudante.ifgoiano.edu.br

Jaqueline Aparecida Batista Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6772-3885>

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: jaquelineab.soares@gmail.com

Luiz Fernando Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8279-7409>

Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Brasil

E-mail: luizfernandoz4@hotmail.com

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar o grau de entupimento e a vazão relativa ao longo do tempo e em diferentes pressões de operação de um sistema de gotejamento superficial. O experimento foi realizado em uma casa de vegetação instalada na área experimental do IFGoiano – Campus Rio Verde. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 4×6 , com três repetições. Os tratamentos consistiram em quatro pressões (0,8, 1,1, 1,4 e 1,7 kgf) e seis tempos de funcionamento (600, 650, 700, 750, 800, 850 horas). O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento superficial dotado de emissores autocompensantes modelo iDrop PC-PCDS com vazão de $2,2 \text{ L h}^{-1}$ e pressão de operação de 5 a 45 mca, inseridos em mangueira de polietileno de baixa densidade de 16 mm, com espaçamento de 0,5 m. Depois de tabulados os dados de vazão, foram efetuados os cálculos do coeficiente de uniformidade absoluto, grau de entupimento, vazão relativa e coeficiente de uniformidade estatístico. Para a pressão de serviço de 0,8 e 1,4 Kgf o tempo de funcionamento de 744 e 555 horas, respectivamente, promoveu o menor valor de GE (<3,7%). As variações crescentes de pressão elevaram o CUA até atingir o seu valor máximo de aproximadamente 96,20% sob a pressão de operação de 1,24 kgf. A maior vazão relativa e Coeficiente de uniformidade estatístico são verificados no tempo de funcionamento inicial (600 horas).

Palavras-chave: Desempenho hidráulico; Uniformidade; Obstrução; Pressão de serviço.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the degree of clogging and the relative flow over time and at different operating pressures of a surface drip system. The experiment was carried out in a greenhouse installed in the experimental area of FGoiano - Campus Rio Verde. The experimental design used was in randomized blocks, analyzed in a 4×6 factorial scheme, with three replications. The treatments consisted of four pressures (0.8, 1.1, 1.4 and 1.7 kgf) and six operating times (600, 650, 700, 750, 800, 850 hours). The irrigation system used was the surface drip equipped with self-compensating emitters model iDrop PC-PCDS with flow rate of 2.2 L h^{-1} and operating pressure of 5 to 45 mca, inserted in a low density polyethylene hose of 16 mm, with 0.5 m spacing. After the flow data was tabulated, the calculations of the absolute uniformity coefficient, degree of clogging, relative flow and statistical uniformity coefficient were performed. For the operating pressure of 0.8 and 1.4 Kgf, the operating time of 744 and 555 hours, respectively, promoted the lowest GE value (<3.7%). The increasing pressure variations raised the AUC until reaching its maximum value of approximately

96.20% under the operating pressure of 1.24 kgf. The highest relative flow and Statistical uniformity coefficient are verified in the initial operating time (600 hours).

Keywords: Hydraulic performance; Uniformity; Obstruction; Service pressure.

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el grado de obstrucción y el flujo relativo a lo largo del tiempo y a diferentes presiones operativas de un sistema de goteo de superficie. El experimento se llevó a cabo en un invernadero instalado en el área experimental de IFGoiano - Campus Rio Verde. El diseño experimental utilizado fue en bloques aleatorizados, analizados en un esquema factorial 4×6 , con tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en cuatro presiones (0.8, 1.1, 1.4 y 1.7 kgf) y seis tiempos de operación (600, 650, 700, 750, 800, 850 horas). El sistema de riego utilizado fue el goteo de superficie equipado con emisores autocompensantes modelo iDrop PC-PCDS con caudal de 2.2 L h^{-1} y presión de funcionamiento de 5 a 45 mca, insertada en una manguera de polietileno de baja densidad de 16 mm, con 0,5 m de espacio. Después de tabular los datos de flujo, se realizaron los cálculos del coeficiente de uniformidad absoluta, el grado de obstrucción, el flujo relativo y el coeficiente de uniformidad estadística. Para la presión de operación de 0.8 y 1.4 Kfg, el tiempo de operación de 744 y 555 horas, respectivamente, promovió el valor GE más bajo (<3.7%). Las crecientes variaciones de presión elevaron el AUC hasta alcanzar su valor máximo de aproximadamente 96.20% bajo la presión de operación de 1.24 kgf. El flujo relativo más alto y el coeficiente de uniformidad estadística se verifican en el tiempo de operación inicial (600 horas).

Palabras clave: Rendimiento hidráulico; Uniformidad; Obstrucción; Presión de servicio.

1. Introdução

A utilização da irrigação localizada vem crescendo constantemente, devido ao seu baixo consumo de água e boa taxa de uniformidade, tendo como problema recorrente a obstrução de emissores (Cunha et al., 2016), que se deve pelos pequenos orifícios de passagem da água nos mesmos, ocorrendo com maior contundência na irrigação por gotejamento subsuperficial (Busato; Soares, 2010), ocasionando desuniformidade do sistema e variação da eficiência da irrigação (Barros et al. 2009).

As principais causas desse entupimento, segundo Barboza et al. (2011), podem ser divididas em três categorias: entupimento de origens química, física e biológica. Portanto, o

entupimento pode ser proveniente de material orgânico em suspensão, deposição química e partículas minerais, características hidráulicas, topografia do terreno, pressão de operação, tamanho dos tubos, espaçamento entre emissores, variabilidade de vazão dos emissores e filtragem da água não adequada (Carvalho et al., 2006).

O entupimento de gotejadores prejudica o funcionamento geral do sistema de irrigação afetando suas características de operação e exigindo manutenções mais frequentes (Batista et al., 2013). Algumas práticas para minimização do entupimento dos gotejadores incluem a sedimentação, filtração da água (Puig BARGUES et al., 2010) e o aumento da pressão de serviço na malha hidráulica do sistema de irrigação por gotejamento (Silva et al., 2016, Batista et al., 2018).

Assim, se faz necessário a avaliação e manutenção periódica do sistema de irrigação, para que não haja agravamento dessas variações ao longo da distribuição de água e prevenção do entupimento dos emissores (Teixeira et al., 2008), sendo uma importante etapa para obtenção de informações como o da eficiência de uso da água, qualidade da água, obstrução de emissores e variação da lâmina aplicada.

O objetivo do estudo foi avaliar o grau de entupimento e a vazão relativa ao longo do tempo e em diferentes pressões de operação de um sistema de gotejamento superficial.

2. Metodologia

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 1500 a 1800 mm anuais.

O solo utilizado para o enchimento dos vasos foi o Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), argiloso, fase Cerrado (Santos et al., 2018), com teor de K igual a 0,32 cmol dm⁻³ e P de 1,09 mg dm⁻³ (Tabela 1). O solo foi depositado em unidades experimentais compostas por vasos plásticos de 26 L, sobre os quais os emissores foram colocados para a realização da irrigação.

Tabela 1. Análise físico-química do solo utilizado para enchimento dos vasos, Rio Verde – GO, 2020.

Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	K	S	P	CaCl ₂
----- cmol _c dm ⁻³ -----					----- mg dm ⁻³ -----				pH
0,94	0,86	1,8	0,03	2,39	0,32	126	5,0	1,09	5,2
Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC	SB	V%	m%
----- Micronutrientes (mg dm ⁻³) -----					cmol _c dm ⁻³			Sat. Bases	Sat. Al
1,0	21,4	22,52	4,25	1,13	0,09	4,51	2,12	47	1,4
Textura (g kg ⁻¹)		M.O.		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca/CTC	Mg/CTC	K/CTC
Argila	Silte	Areia	g dm ⁻³		----- Relação entre bases -----				
450	80	470	36,3	1,1	2,9	2,7	20,84	19,07	7,10

P (Mel), K, Na, Cu, Fe, Mn e Zn (Melich 1); Ca, Mg, e Al (KCl 1N); S (Ca(H₂PO₄)₂ em HOAc); M.O. (Método colorimétrico); B (BaCl₂).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial 4 x 6, com três repetições. Os tratamentos consistiram em quatro pressões (0,8, 1,1, 1,4 e 1,7 kgf) e seis tempos de funcionamento (600, 650, 700, 750, 800, 850 horas).

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento superficial dotado de emissores autocompensantes modelo iDrop PC-PCDS com vazão de 2,2 L h⁻¹ e pressão de operação de 5 a 45 mca, inseridos em mangueira de polietileno de baixa densidade de 16 mm, com espaçamento 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⁻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).

Para o procedimento de leitura de vazão utilizou-se a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975). Para tanto houve a pressurização do sistema e a 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 3 min de coleta. Foi utilizado o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor, medidos em provetas, com capacidade de 0,10 L. 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 absoluto, grau de entupimento, vazão relativa e do coeficiente de uniformidade estatístico, conforme as equações 1, 2, 3 e 4.

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

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) 100 \quad (2)$$

$$Q_r = \frac{Q_{x,y}}{Q_i} \quad (3)$$

$$CUE = 100 \left(1 - \frac{S}{\bar{X}} \right) \quad (4)$$

em que:

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

GE – grau de entupimento, em %;

q_{usado} – vazão do gotejador usado, L h⁻¹;

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

\bar{X} - vazão média dos gotejadores, 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;

Q_r – vazão relativa, em %;

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

$Q_{x,y}$ – vazão de um emissor x num dia y de irrigação, L h⁻¹;

Q_i – vazão desse emissor no primeiro dia de irrigação, L h⁻¹;

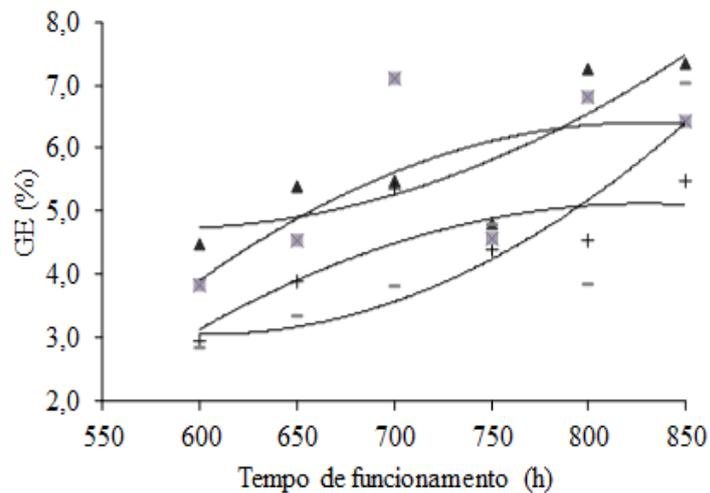
S - desvio-padrão dos dados de vazão, em L h⁻¹

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p < 0,05$) e em casos de significância, foi realizada análise de regressão para o tempo de funcionamento e para os níveis de pressão, utilizando o software estatístico SISVAR® (Ferreira, 2011).

3. Resultados e Discussão

O grau de entupimento (GE) em função do tempo de funcionamento para cada pressão de serviço se adequou a um modelo de regressão quadrático com R^2 de no mínimo 49,22% (Figura 1).

Figura 1. Grau de entupimento (GE) de um sistema de irrigação por gotejamento superficial em função do tempo de funcionamento.



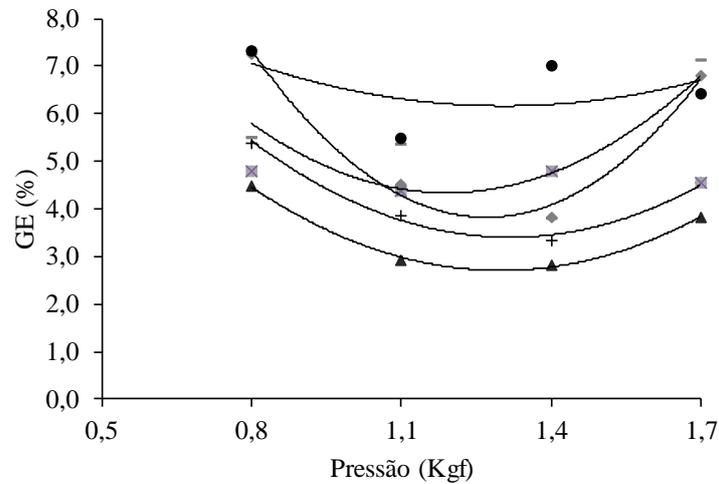
▲ 0,8 Kgf	$Y = 0,00004**X^2 - 0,0438**X + 17,435$	$R^2 = 0,7497$
+ 1,1 Kgf	$Y = -0,00004**X^2 + 0,0628**X - 20,919$	$R^2 = 0,6685$
- 1,4 Kgf	$Y = 0,00006**X^2 - 0,0664**X + 23,062$	$R^2 = 0,7649$
■ 1,7 Kgf	$Y = -0,000005**X^2 + 0,0798X - 26,597$	$R^2 = 0,4922$

** e * significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade segundo teste F.
Fonte: Autores (2020).

Para a pressão de serviço de 0,8 e 1,4 Kgf o tempo de funcionamento de 744 e 555 horas, respectivamente, promoveu o menor valor de GE (1,52 e 3,64%, respectivamente), enquanto que para a pressão de 1,1 e 1,4 Kgf, o tempo de 785 e 795 horas, promoveram o valor máximo de GE, sendo de 3,73 e 5,24%, respectivamente.

O GE em função da pressão de operação para cada tempo de funcionamento se adequou a um modelo de regressão quadrático com R^2 de no mínimo 23,54%. Para o tempo de funcionamento de 600, 650, 700, 800 e 850 horas, as pressões de 1,23; 1,32; 1,91; 1,27 e 1,31 Kgf, respectivamente, obteve-se os menores valores de GE no sistema de irrigação por gotejamento, sendo eles de 2,70; 3,40; 4,34; 3,82 e 6,17%, respectivamente (Figura 2).

Figura 2. Grau de entupimento (GE) de um sistema de irrigação por gotejamento superficial em função da pressão de serviço.



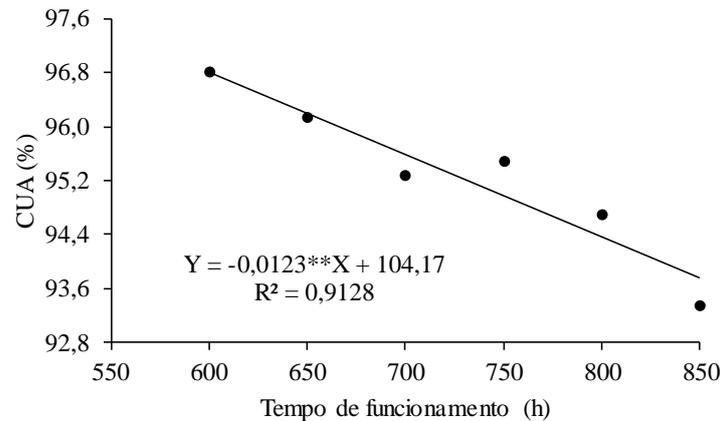
▲ 600 h	$Y = 7,0428**X^2 - 18,303X + 14,597$	$R^2 = 0,9972$
+ 650 h	$Y = 7,5557**X^2 - 19,923**X + 16,537$	$R^2 = 0,9878$
- 700 h	$Y = 9,5024**X^2 - 22,652**X + 17,84$	$R^2 = 0,636$
■ 750 h	$Y = NS$	
◆ 800 h	$Y = 15,768**X^2 - 40,09*X + 29,306$	$R^2 = 0,9836$
● 850 h	$Y = 3,4998**X^2 - 9,1471X + 12,143$	$R^2 = 0,2354$

** e * significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade segundo teste F.
Fonte: Autores (2020).

Em relação ao tempo de funcionamento de 750 horas, a pressão de operação não foi significativa para o grau de entupimento. Nota-se que o GE calculado se manteve abaixo de 8%, segundo Dalri et al. (2014) o GE inferior a 40% sugere que não há entupimento dos emissores.

Os valores de CUA em função do tempo de funcionamento do sistema (Figura 3) se adequaram a um modelo de regressão linear com R^2 de 91,28%.

Figura 3. Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) de um sistema de irrigação por gotejamento superficial em função do tempo de funcionamento.

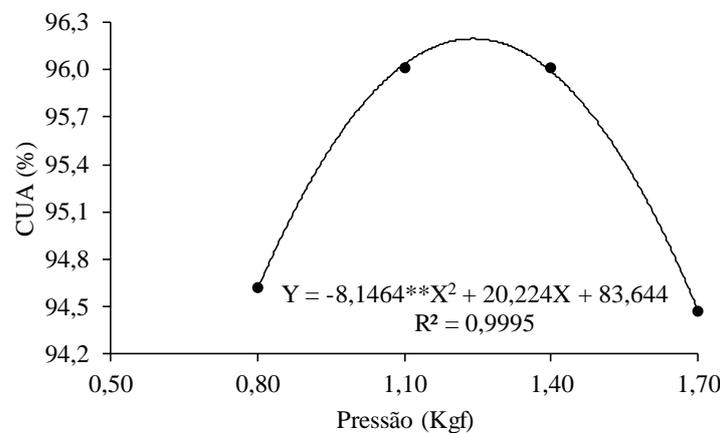


** e * significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade segundo teste F.
Fonte: Autores (2020).

O maior valor de CUA foi encontrado às 600 horas de funcionamento, sendo este 3,07% superior ao CUA observado às 850 horas de funcionamento. De acordo com a equação de regressão, houve um decréscimo no CUA de até 0,62% a cada 50 horas de funcionamento do sistema de irrigação por gotejamento.

O CUA em função da pressão de operação (Figura 4) se adequou a um modelo quadrático com R^2 de 99,95%. As variações crescentes de pressão elevaram o CUA até atingir o seu valor máximo (aproximadamente 96,20%) sob a pressão de operação de 1,24 kgf.

Figura 4. Coeficiente de uniformidade absoluto (CUA) de um sistema de irrigação por gotejamento superficial em função da pressão de serviço.

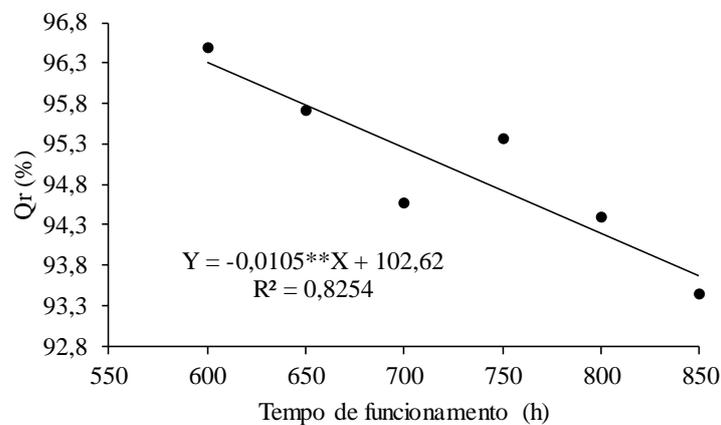


** e * significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade segundo teste F.
Fonte: Autores (2020).

O máximo valor do Coeficiente de uniformidade absoluto de aproximadamente 96,20%, foi 1,64; 0,19; 0,19 e 1,80% maior do que o observado nas pressões de 0,8; 1,10; 1,4 e 1,7 kgf, respectivamente. O CUA para todos os tempos de funcionamento e pressões foi classificado como excelente, segundo a classificação proposta por Bralts (1986).

Os valores de Qr em função do tempo de funcionamento do sistema (Figura 5) se adequaram a um modelo de regressão linear com R^2 de 82,54%. O maior valor de Qr foi encontrado às 600 horas de funcionamento do sistema, sendo este 2,63% superior à Qr observada às 850 horas de funcionamento.

Figura 5. Vazão relativa dos gotejadores (Qr) de um sistema de irrigação por gotejamento superficial em função do tempo de funcionamento.

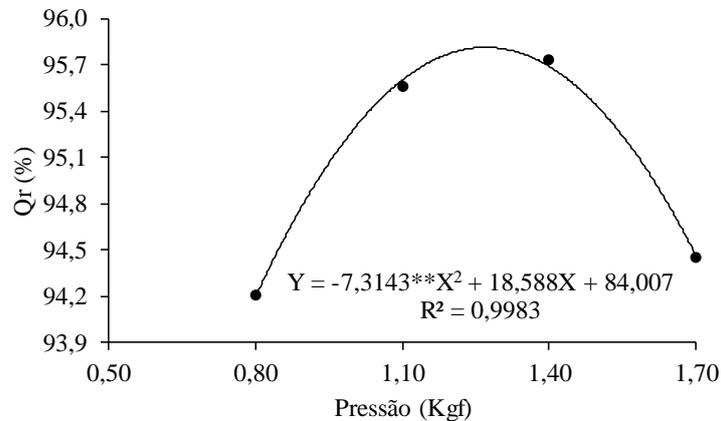


** e * significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade segundo teste F.
Fonte: Autores (2020).

De acordo com a equação de regressão, houve um decréscimo de até 0,53% de Qr a cada 50 horas de funcionamento do sistema de irrigação por gotejamento. Leite (1995) e Costa (2000) constataram que as oscilações na vazão relativa correspondem às oscilações do grau de entupimento, de forma que a obstruções aleatória dos emissores reflete diretamente na redução de vazão de gotejadores.

A Qr em função da pressão de operação (Figura 6) se adequou a um modelo quadrático com R^2 de 99,83%.

Figura 6. Vazão relativa dos gotejadores (Q_r) de um sistema de irrigação por gotejamento superficial em função da pressão de serviço.

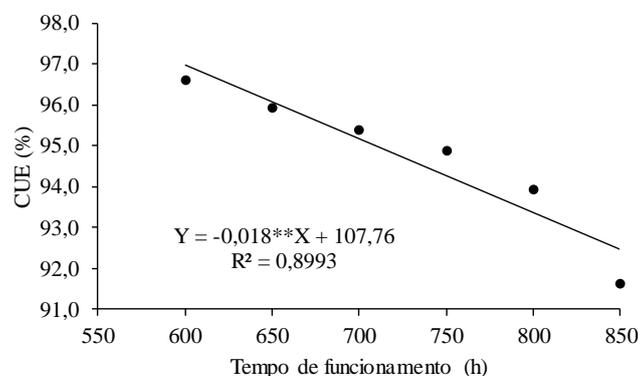


** e * significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade segundo teste F.
Fonte: Autores (2020).

As variações crescentes de pressão elevaram a Q_r até a pressão de 1,27 kgf, com a aplicação dessa pressão foi atingido o valor máximo da Vazão relativa dos gotejadores de aproximadamente 95,82%. A Q_r máxima verificada na pressão de 1,27 kgf, foi 1,68; 0,26; 0,09 e 1,42% maior do que a Q_r observada nas pressões de 0,8; 1,10; 1,4 e 1,7 kgf, respectivamente.

O Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) em função do tempo de funcionamento do sistema se adequou a um modelo de regressão linear com R^2 de 89,93%. O maior valor de CUE foi encontrado às 600 horas de funcionamento do sistema, sendo este 4,5% superior ao CUE observado às 850 horas de funcionamento (Figura 7).

Figura 7. Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) de um sistema de irrigação por gotejamento superficial em função do tempo de funcionamento.

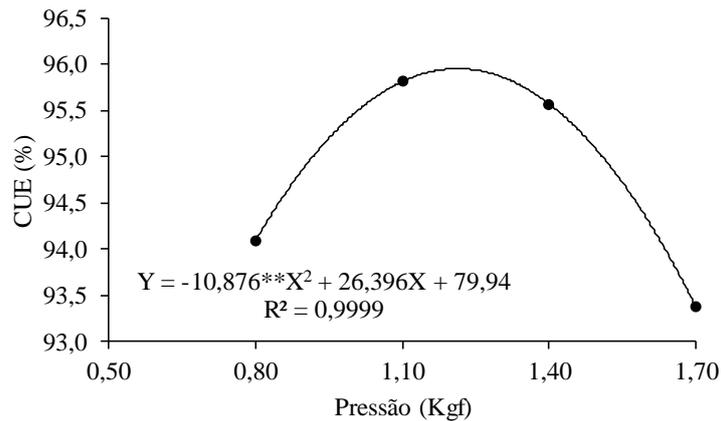


** e * significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade segundo teste F.
Fonte: Autores (2020).

De acordo com a equação de regressão, a cada 50 horas de funcionamento do sistema de irrigação houve um decréscimo de até 0,9% nos valores de CUE.

Já em função da pressão de operação, o CUE se adequou a um modelo quadrático com R^2 de 99,99% (Figura 8).

Figura 8. Coeficiente de uniformidade estatístico (CUE) de um sistema de irrigação por gotejamento superficial em função da pressão de serviço.



** e * significativo respectivamente a 1% e 5% de probabilidade segundo teste F.
Fonte: Autores (2020).

Os crescentes valores de pressão aplicadas ao sistema foram responsáveis por elevar o CUE até a pressão de 1,21 kgf, sendo que, nessas condições foi possível observar o máximo CUE (aproximadamente 95,96%) do sistema que foi 1,94; 0,14; 0,40 e 2,68% maior do que o CUE observado nas pressões de 0,8; 1,10; 1,4 e 1,7 kgf, respectivamente. O CUE em função do tempo de funcionamento e das pressões manteve a uniformidade classificada como excelente (Mantovani, 2002).

4. Considerações Finais

Para a pressão de serviço de 0,8 e 1,4 Kfg o tempo de funcionamento de 744 e 555 horas, respectivamente, promove o menor valor de GE (<3,7%).

As variações crescentes de pressão elevam o CUA até atingir o seu valor máximo de aproximadamente 96,20% sob a pressão de operação de 1,24 kgf.

A maior vazão relativa e Coeficiente de uniformidade estatístico são no tempo de funcionamento inicial (600 horas).

As variações crescentes de pressão elevam a vazão relativa e o coeficiente de uniformidade estatístico até a pressão de 1,27 e 1,21 kgf, com a aplicação dessa pressão se atinge o valor máximo da vazão relativa e do coeficiente de uniformidade estatístico dos emissores de aproximadamente 95,82 e 95,96%, respectivamente.

Sugere-se para trabalhos de mesmo cunho, a adoção da mesma metodologia para testagem do sistema em maiores tempos de funcionamento para verificar o comportamento da vazão nos gotejadores a longo prazo.

Agradecimentos

Os autores agradecem o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e ao Instituto Federal Goiano (IF Goiano) pelo auxílio financeiro ao presente projeto de pesquisa.

Referências

Barboza, G. C., Hernandez, F. B. T., & Franco, R. A. M. (2011). Análise dos riscos à sistemas de irrigação causados pela qualidade da água do Córrego do Coqueiro - SP. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 5(1), 24-36.

Barros, A. C., Coelho, R. D., Medeiros, P. R. F., Melo, R. F., Barboza Junior, C. R. A., & Dias, C. T. S. (2009). Entupimento de gotejadores em função da aplicação de superfosfato simples e ácido nítrico. *Revista Engenharia Agrícola*, 29(1), 62-71.

Batista, R. O., Oliveira, R. A., Santos, D. B., Oliveira, A. F. M., Azevedo, C. A. V., & Medeiros, S. S. (2013). Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17 (7), 698-705.

Batista, R. O., Silva, K. B., Silva Júnior, M. J., Santos, D. B., & Cunha, R. R. (2018). Performance of drip emitters for different pressures and application of cashew nuts wastewater. *Revista DYNA*, 85(204), 38-43.

Bralts, V. F. (1986). Field performance and evaluation. In: Nakayama, F. S.; Ucks, D. A. (Ed.) Trickle irrigation for crop production. Amsterdam: Elsevier, 216-240.

Busato, C. C. M., & Soares, A. A. (2010). Desempenho de gotejadores, utilizando água de baixa qualidade química e biológica. *Bioscience Journal*, 26(5), 739-746.

Carvalho, C. M., Eloi, W. M., Lima, S. C. R. V., & Pereira, J. M. G. (2006). Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. *Revista Irriga* 11(1), 36-46.

Costa, C.C. da. (2000). Estudo da susceptibilidade de tubos gotejadores ao entupimento por precipitados químicos de ferro. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras. Lavras.

Cunha, F. N., Silva, N. F., Teixeira, M. B., Moura, M. de F., Cabral Filho, F. R., & Gomes, F. H. F. (2016). Grau de entupimento de um sistema de gotejamento subsuperficial na cultura do pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.). *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 10(3), 695-704.

Dalri, A. B., Palaretti, L. F., Cruz, F. L., Zanini, J. R., Faria, R. T., & Santos, G. O. (2014). Entupimento de emissores enterrados sob a cultura da cana-de-açúcar após três anos de cultivo em condições fertirrigadas. *Irriga*, Edição especial 1, 62-71.

Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042.

Karmeli, D., & Keller, J. (1975). Trickle Irrigation Design. Glendora: Rain Bird Manufacturing Corporation, 132p.

Koppen, W. Köppen climate classification. Geography about. (2013). Disponível em: <http://geography.about.com/library/weekly/aa011700b.htm>.

Leite, J. A. O. (1995). Avaliação da susceptibilidade de tubo gotejadores ao entupimento por precipitados químicos de carbonato de cálcio. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras.

Mantovani, E. C. (2002). *Avalia: manual do usuário*. Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa.

Puig-Bargués, J., Arbat, G., Elbana, M., Duran-Ros, M., Barragán, J., Ramírez De Cartagena, F., & Lamm, F. R. (2010). Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. *Agricultural Water Management*, 97, 883- 891.

Santos, H. G., Jacomine P. K. T, Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araujo Filho, J. C., Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp.

Silva, K. B., Batista, R. O., Mesquita, F. O., Coelho, D. C. L., & Santos, W. O. (2016). Empirical models for performance of drippers applying cashew nut processing wastewater. *Revista Caatinga*, 29(2), 405-414.

Teixeira, M. B., Melo, R. F., Coelho, R. D., Rettore Neto, O., & Ribeiro, P. A. (2008). Tratamento para desentupimento de gotejadores convencionais. *Brazilian Journal of Irrigation and Drainage - IRRIGA*, 13(2), 235-248.

Wilcox, J. C., & Swailes, G. E. (1947). Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. *Scientific Agriculture*, 27 (11), 565-583.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Daniely Karen Matias Alves– 20%

Marconi Batista Teixeira– 20%

Fernando Nobre Cunha– 20%

Fernando Rodrigues Cabral Filho– 20%

Jaqueline Aparecida Batista Soares– 10%

Luiz Fernando Gomes– 10%