

UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

Daniely Karen Matias Alves¹, Marconi Batista Teixeira², Maykelle Vieira Mendes Gonçalves³, Fernando Rodrigues Cabral Filho⁴, Alisson Macendo do Amaral⁵, Laura Campos de Lira⁶

RESUMO: O sistema de irrigação por gotejamento é recomendado para aplicação de água residuária, porém requer um monitoramento adequado da uniformidade de distribuição de água. Com base no exposto, objetivou-se avaliar o efeito comparativo entre a fertirrigação do milho com água residuária de piscicultura e suinocultura em diferentes diluições na uniformidade do sistema de irrigação por gotejamento superficial. O sistema de irrigação por gotejamento foi dimensionado para a fertirrigação do milho cultivado em vasos plásticos dispostos a céu aberto, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – *Campus Rio Verde* – GO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2 × 4, com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de água residuária (piscicultura e suinocultura) diluídas em quatro proporções de água de abastecimento, sendo: dose recomendada de água residuária + 0, 25, 50, 75% de seu volume em água de abastecimento. A coleta e posterior avaliação da uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação foi realizada às 470 horas de funcionamento do sistema. Com os dados de vazão determinou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen, uniformidade de distribuição e o coeficiente de variação. O uso do sistema de irrigação por gotejamento operando com água residuária de suinocultura e piscicultura não compromete a uniformidade de distribuição de água às plantas.

PALAVRAS-CHAVE: diluição; suinocultura; piscicultura.

¹ Doutoranda em Ciências Agrárias, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO. Fone (64) 99323-3082, e-mail: daniely_karen@hotmail.com.

² Professor IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

³ Acadêmica de Engenharia Ambiental, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

⁴ Doutorando em Ciências Agrárias, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

⁵ Professor IF do Norte de Minas Gerais – Campus Arinos, Arinos – MG.

⁶ Acadêmica de Engenharia Ambiental, IF Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde – GO.

UNIFORMITY OF APPLICATION OF WASTE WATER IN DRIP IRRIGATION SYSTEM

ABSTRACT: The drip irrigation system is recommended for wastewater application, however it requires adequate monitoring of water distribution uniformity. Based on the above, the objective was to evaluate the comparative effect between the fertigation of corn with wastewater from fish farming and pig farming at different dilutions in the uniformity of the irrigation system by surface drip. The drip irrigation system was designed for the fertigation of corn grown in plastic pots arranged in the open, at the experimental station of the Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde - GO. The experimental design used was in randomized blocks, analyzed in a 2×4 split plot scheme, with three replications. The treatments consisted of two sources of waste water (fish and pig farming) diluted in four proportions of water supply, being: recommended dose of waste water + 0, 25, 50, 75% of its volume in water supply. The collection and subsequent evaluation of the water application uniformity of the irrigation system was carried out at 470 hours of operation of the system. With the flow data, Christiansen's uniformity coefficient, distribution uniformity and variation coefficient were determined. The use of the drip irrigation system operating with swine and fish farming wastewater does not compromise the uniformity of water distribution to the plants.

KEYWORDS: dilution; pig farming; pisciculture.

INTRODUÇÃO

O fornecimento de nutrientes presentes nas águas residuárias para as plantas pode acontecer via sistema de irrigação, processo denominado fertirrigação, cujo método de gotejamento tem sido o mais indicado, em razão de a eficiência de aplicação do efluente e do baixo risco de contaminação do produto agrícola, assim como dos operadores no campo (BATISTA et al., 2013). Como desvantagens, os sistemas de irrigação por gotejamento que operam com águas residuárias apresentam suscetibilidade ao entupimento (PUIG-BARGUÉS et al., 2010), necessitando de avaliações da vazão e da uniformidade (CAMPÊLO et al., 2014), para garantir eficiência no reuso das águas residuárias.

Com base no exposto, objetivou-se avaliar o efeito comparativo entre a fertirrigação do milho com água residuária de piscicultura e suinocultura em diferentes diluições na uniformidade do sistema de irrigação por gotejamento superficial.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde - GO, em vasos plásticos, dispostos a céu aberto. Os vasos foram preenchidos com 25 litros de solo coletado numa camada de 0,0 – 0,20 m de profundidade em uma área de Cerrado nativo pertencente ao IF Goiano – Campus Rio Verde, classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase Cerrado, de textura argilosa (SANTOS et al., 2018), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do solo, coletado na camada de 0,00–0,20 m de profundidade, utilizado para o preenchimento dos vasos.

Prof. ¹ (m)	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	K	K	S	P	CaCl ₂
	----- cmol _c dm ⁻³ -----					----- mg dm ⁻³ -----			pH	
0,0-0,2	0,77	0,34	1,11	0,04	2,15	0,05	18	9,9	0,47	5,2
Prof. (m)	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	B	CTC ^a	SB ^b	V% ^c	m% ^d
	----- Micronutrientes (mg dm ⁻³) -----					cmol _c dm ⁻³		Sat. Bases	Sat. Al	
0,0-0,2	0,0	75,56	12,96	4,16	3,93	ns	3,31	1,16	35	3,3
Prof. (m)	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 -----					
0,0-0,2	502	49	449	15,2	2,3	15,4	6,8	23,26	10,27	1,51

¹P (Fósforo): Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco): Melich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio): KCl 1 mol L⁻¹; S (Enxofre): Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol L⁻¹; M.O. (Matéria orgânica): Método colorimétrico; B (Boro): água quente. Capacidade de troca catiônica (CTC); soma de bases (SB); saturação de bases (V%); saturação de alumínio (m%).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, analisado em esquema de parcelas subdivididas 2 × 4, com três repetições. Os tratamentos consistiram em duas fontes de água residuária (piscicultura e suinocultura) diluídas em quatro proporções de água de abastecimento, sendo: dose recomendada de água residuária (MATOS & MATOS, 2017) + 0, 25, 50, 75% de seu volume em água de abastecimento.

A coleta e posterior avaliação da uniformidade de aplicação de água do sistema de irrigação foi realizada às 470 horas de funcionamento do sistema. Para tanto, utilizou-se a metodologia proposta por Keller & Karmeli (1975) modificada para este estudo, em que foram coletados os volumes de água de 48 gotejadores, sendo, 6 por linha. Com os dados de vazão determinou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen, uniformidade de distribuição e o coeficiente de variação, destacado nas Equações 1, 2 e 3.

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

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

$$CV_q=100 \left(\frac{S}{\bar{X}} \right) \quad (3)$$

Em que:

CUC: coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

X_i : vazão de cada gotejador ($L h^{-1}$);

\bar{X} : vazão média dos gotejadores ($L h^{-1}$);

n : número de gotejadores observados;

CUD : coeficiente de uniformidade de distribuição (%);

$X_{25\%}$: média de 25% do total de gotejadores, com as menores vazões ($L h^{-1}$);

CV : coeficiente de variação (%);

S : desvio padrão dos dados de vazão ($L h^{-1}$).

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade e, em casos de significância, foi realizada a análise de regressão para os níveis diluições (D). Para o fator fontes (F) de água residuária, as médias

foram comparadas entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a fonte água residuária de piscicultura (ARP) o CUD adequou-se a uma equação polinomial de segundo grau, cuja diluição de 57% proporcionou o maior valor de CUD, estimado em 94,82%. Já para a água residuária de suinocultura (ARS) os dados se adequaram a uma equação polinomial de primeiro grau, onde a cada acréscimo de 25% na diluição houve um incremento de 2,7% no CUD, sendo que a diluição de 75% proporcionou o maior valor de CUD, estimado em 95,41% (Figura 1A).

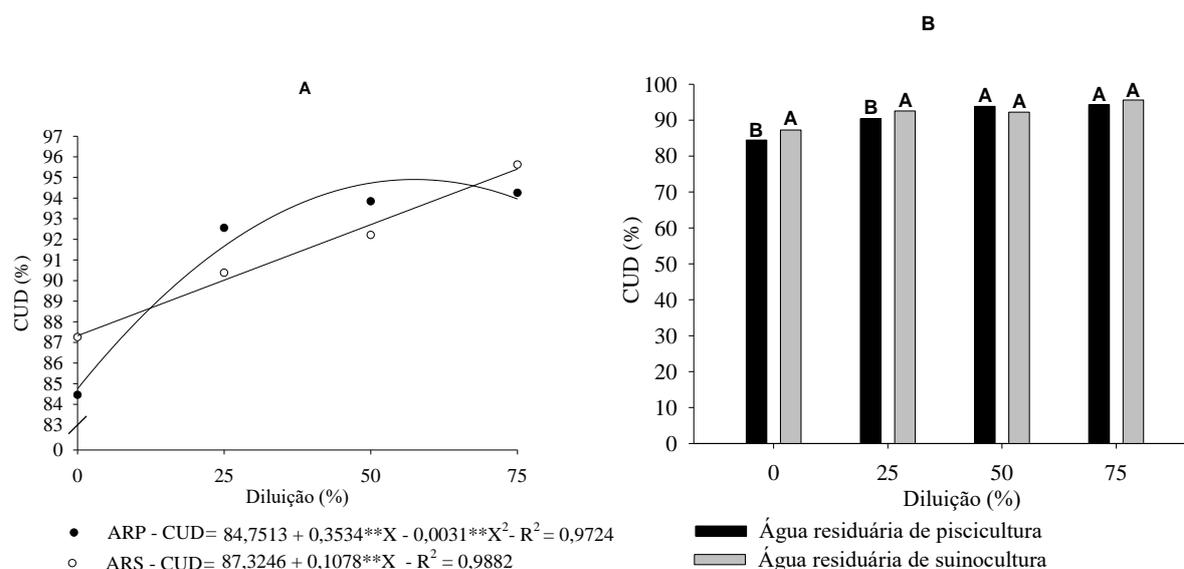


Figura 1. Desdobramento da interação diluição x fontes de água residuária (piscicultura – ARP e suinocultura – ARS) para o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) do sistema de irrigação por gotejamento, Rio Verde, Goiás.

Independente das fontes de água residuária aplicadas verifica-se que os maiores valores do CUD do sistema de irrigação por gotejamento encontram-se classificados como excelente (>90%) segundo metodologia proposta por Keller & Karmeli (1974) e Bralts (1986). Semelhantemente a este estudo, Hermes et al. (2015) também observaram que o coeficiente de uniformidade de distribuição do sistema de irrigação para a maioria dos gotejadores abastecidos com água residuária diluída foi classificado como excelente.

Ocorreu diferença quando comparada as fontes utilizadas apenas nas D de 0% e 25% (Figura 1B), em que a fonte ARS proporcionou um aumento de 2,8% e 2,17%, respectivamente, no valor de CUD. O coeficiente de uniformidade de distribuição da água é um dos principais parâmetros utilizados, pois expressa a qualidade da irrigação sendo decisivo na operação desses sistemas de irrigação (OLIVEIRA & VILLAS, 2008).

O CUC em função das diluições se adequou a um modelo de equação polinomial de primeiro grau, onde o maior valor deste coeficiente foi obtido na diluição de 75%, igual a 96,14% (Figura 2A). O aumento do CUC dos gotejadores pode ser decorrente de saída de material gelatinoso de obstrução dos gotejadores (CUNHA et al., 2006). As fontes de água residuária exerceram influência no CUC, sendo que a ARS (93,96 %) proporcionou CUC dos gotejadores 1,03% superior ao obtido na fonte ARP (92,93%) (Figura 2B). Conforme os valores de CUC deste estudo, o sistema de irrigação por gotejamento apresenta classificação excelente (>90%), considerando a proposta de ASAE (1996) e Mantovani (2001).

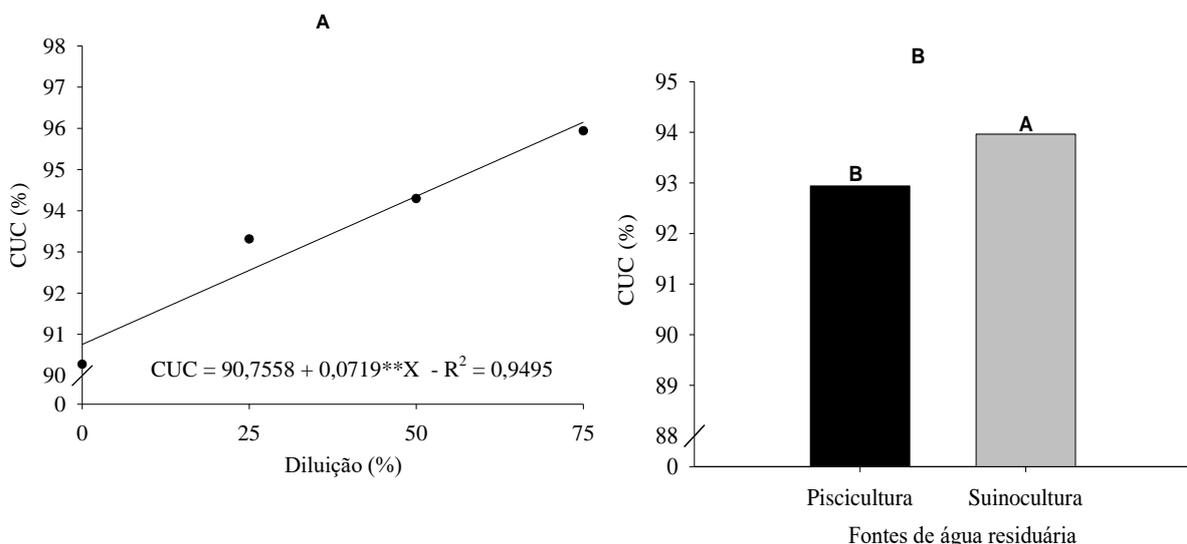


Figura 2. Coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) em função das diluições (A) e fontes de água residuária (B), Rio Verde, Goiás.

Os gotejadores apresentaram CV decrescente a cada aumento de 25% na diluição na ordem de 2,36%, sendo que o menor valor de CV foi encontrado na diluição de 75% estimado em 5,24% (Figura 3A).

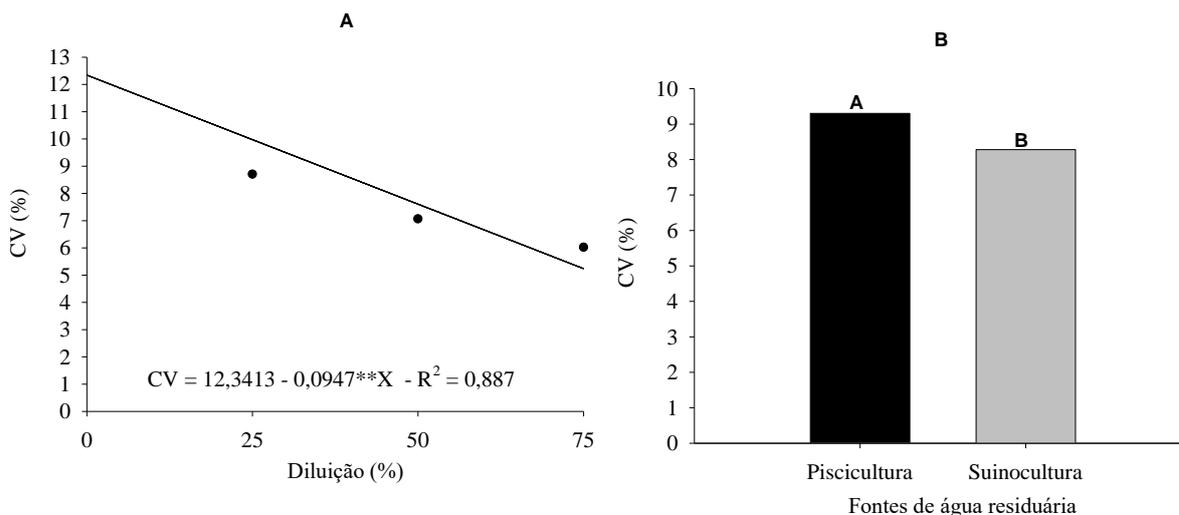


Figura 3. Coeficientes de variação (CV) do sistema de irrigação por gotejamento em função das diluições (A) e fontes de água residuária (B), Rio Verde, Goiás.

Os valores de coeficiente de variação encontrados no presente estudo foram próximos aos observados por Mulu & Alamirew (2012), em que a variação de vazão foi de no máximo 9%. As fontes tiveram influência no valor de CV (Figura 3B) em que a fonte ARP (9,30%) apresentou variação 1,03% superior a fonte ARS (8,27%).

CONCLUSÕES

Independente da fonte de água residuária, as maiores diluições proporcionam maiores coeficientes de uniformidade de Christiansen e uniformidade de distribuição e, menor coeficiente de variação. O uso do sistema de irrigação por gotejamento operando com água residuária de suinocultura e piscicultura não compromete a uniformidade de distribuição de água às plantas.

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 BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE. **ASAE Standards engineering practices data**. 43.ed. Saint Joseph: ASAE, 864p, 1996.
- BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B. D.; OLIVEIRA, A. D. F.; AZEVEDO, C. A.; MEDEIROS, S. D. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 698-705, 2013.
- BRALTS, V. F. **Field performance and evaluation**. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. (Ed.) Trickle irrigation for crop production. Amsterdam: Elsevier, p.216-240, 1986.
- 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.
- CUNHA, F. F.; MATOS, A. T.; BATISTA, R. O.; MONACO, P. A. Uniformidade de distribuição em sistemas de irrigação por gotejamento utilizando água residuária da despolpa dos frutos do cafeeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 1, p. 143-147, 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- HERMES, E.; VILAS BOAS, M. A.; RODRIGUES, L. N.; MELO, E. L.; GONÇALVES, M. P.; LINS, M. A.; BERGER, J. S. Process capacity index in drip irrigation with cassava wastewater processing. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 1427-1433, 2015.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design parameters**. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 678-684, 1974.
- MANTOVANI, E. C. **Avalia: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.
- MATOS, A. T.; MATOS, M. P. **Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. v.1. 371p.
- 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 B. R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

PUIG-BARGUES, J.; ARBAT, G., Elbana, M.; DURAN-ROS, M.; BARRAGÁN, J.; CARTAGENA, F. R.; LAMM, F. R. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n. 6, p. 883-891, 2010.

RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico Campinas, 1997. 285 p.

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. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 5 ed. ver. amp., 2018.