

AVALIAÇÃO DE KIT DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA

**ROBERTA DANIELA DA SILVA SANTOS¹; REGIANE DE CARVALHO BISPO¹;
KEVIM MUNIZ VENTURA¹; MARCELLO HENRYQUE COSTA DE SOUZA¹ E
MARIANA ALEXANDRE DE LIMA SALES¹**

¹Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”- UNESP/FCA, Rua Dr. José Barbosa de Barros, 1780, Botucatu, SP, roberta_dani30@hotmail.com, regianecarvalhoks@gmail.com, kkkevim@hotmail.com, marcello_henry@hotmail.com, mal_sales@hotmail.com

1 RESUMO

A produtividade agrícola em sistemas irrigados está diretamente relacionada com a uniformidade de distribuição de água para as plantas. Avaliar periodicamente essa distribuição de água é fundamental, pois a irregularidade desse parâmetro, pode causar desperdícios de água e energia, além de prejudicar a rentabilidade da propriedade. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência de aplicação de água do kit de gotejamento – Dripkit, novo e após 15 meses instalado em campo, operando com água residuária tratada. A avaliação foi realizada no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, campus Botucatu-SP e foi conduzido conforme as recomendações da Norma ISO 9261:2004, utilizando água de abastecimento público, fornecida pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp). A avaliação foi realizada na bancada de ensaios para tubos gotejadores e foram calculados os coeficientes de uniformidade de Christiansen, de distribuição, de uniformidade estatístico e eficiência de aplicação. Na mangueira usada, os parâmetros CUC, CUD, CUE e EA, foram classificados como ruim, razoável, inaceitável e inaceitável, respectivamente.

Palavras-chave: Irrigação localizada, uniformidade, distribuição, eficiência de aplicação.

SANTOS, R. D. S.; BISPO, R. de C.; VENTURA, K. M.; SOUZA, M. H. C.; SALES, M. A. L.

EVALUATION OF A DRIPPING IRRIGATION KIT THAT USES WASTEWATER

2 ABSTRACT

Agricultural productivity in irrigated systems is directly related to the uniformity of distribution of water to the plants. The periodical evaluation of this water distribution is fundamental, since an irregularity in this parameter may waste water and energy, as well as undermine the profitability of the property. In this way, the purpose of this work is to compare the water application efficiency of the drip kit – Dripkit after 15 months of use in the field, operating with treated wastewater. The test was carried out in the Hydraulic Laboratory of the Department of Rural Engineering of the Faculty of Agronomic Sciences - FCA / UNESP, Campus Botucatu-SP and was conducted in accordance with the ISO 9261: 2004 standards, using potable water. The evaluation was performed on a test bench for dripping irrigation and the uniformity,

Christiansen, distribution and statistical coefficients were calculated. The CUC, CUD, CUE and EA parameters were classified as bad, regular, unacceptable and unacceptable, respectively.

Keywords: Drip irrigation, uniformity, distribution, application efficiency.

3 INTRODUÇÃO

A agricultura, considerada como o setor usuário que mais utiliza os recursos hídricos, enfrenta dois grandes desafios: aumentar a produtividade e ser sustentável. O aumento da produtividade hoje é possível graças a vários fatores e a irrigação, é sem dúvida um deles. Já a sustentabilidade pode ser alcançada por exemplo, através da irrigação utilizando água residuária tratada.

No contexto da agricultura familiar essa realidade é ainda mais crítica, pois a maioria destes produtores são desassistidos do sistema de esgotamento sanitário. A partir dessa realidade, adotar metodologias de tratamento de esgoto eficientes e de baixo custo é fundamental para fortalecer a agricultura familiar e promover a sustentabilidade.

A produção brasileira de hortaliças, tradicionalmente cultivada pela agricultura familiar e também dependente da irrigação, cresce a cada ano, tornando o Brasil um dos maiores produtores do mundo.

Vale ressaltar que a produtividade agrícola em sistemas irrigados está diretamente relacionada com a uniformidade de distribuição de água para as plantas. Avaliar periodicamente essa distribuição de água é fundamental, pois a irregularidade desse parâmetro pode causar desperdícios de água e energia, além de prejudicar a rentabilidade da propriedade.

Para irrigação utilizando águas residuárias, Batista et al. (2013) afirmaram que a irrigação localizada é considerada o melhor sistema, por sua elevada eficiência de aplicação e o reduzido risco de contaminação do produto e dos trabalhadores. A facilidade de operação e a uniformidade de distribuição refletem o melhor aproveitamento da água na produção das culturas, entretanto esse sistema é considerado muito sensível à qualidade da água quando se trata da ocorrência de entupimentos dos emissores (SILVA et al., 2012).

A empresa NaanDanJain, desenvolveu um Kit irrigação para Agricultura Familiar por gotejamento – DripKit. O sistema dispensa fonte de energia elétrica na aplicação da água, basta um reservatório instalado a uma altura mínima de 5 metros para garantir a pressão mínima de 5 mca. O sistema é totalmente modular, podendo-se ampliar a área irrigada com a instalação de maior número de kits, sendo indicado para lavouras plantadas em canteiros e em linhas, como de hortaliças, legumes, morango, melão, milho entre outros (NAANDANJAIN, 2015).

Assim, o objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência de aplicação de água do kit de gotejamento – Dripkit, novo e após 15 meses instalado em campo, operando com água residuária na irrigação de hortaliças.

4 MATERIAL E MÉTODOS

As avaliações foram realizadas na área agrícola e no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, campus Botucatu-SP.

Foi avaliada a mangueira gotejadora constituinte do Kit de irrigação para Agricultura Familiar por gotejamento – Dripkit, nova e usada (após 15 meses de uso), operando com água

residuária tratada por fossa séptica seguida de SODIS (QUELUZ E SÁNCHEZ-ROMÁN, 2014; ALVES, 2015), na irrigação de hortaliças durante 450 horas de funcionamento, sendo que após a colheita a mangueira permaneceu instalada em campo, porém estava isenta de operação e manutenção. O kit é composto por 500 metros de mangueira gotejadora, 50 metros de tubo polietileno, 1 filtro de disco e conjunto de conexões e acessórios. O sistema fornece uma vazão de 0,9 L h⁻¹ com gotejadores espaçados a cada 40 cm, sendo possível irrigar uma área de 500 m² (25x20 m) com o tempo de irrigação 2 horas/dia/kit.

O experimento foi conduzido conforme as recomendações da Norma ISO 9261:2004, utilizando água de abastecimento público, fornecida pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp).

A avaliação da mangueira gotejadora foi realizada na bancada de ensaios para tubos gotejadores, onde foram selecionados ao acaso 27 emissores tanto na mangueira nova quanto na usada. A bancada é composta por um reservatório de água com capacidade de 300 litros, um conjunto moto-bomba e um filtro de tela metálica de 200 mesh. A bancada possui linhas laterais com 6 metros de comprimento (4 linhas, com recirculação de água), 2 válvulas de saída de ar e 2 manômetros. No decorrer do teste, foi monitorado a pressão de água através de um manômetro digital, com precisão de 99%.

Para quantificar a vazão de cada emissor, utilizaram-se *Beckers* de plástico com capacidade de 500 ml durante o intervalo de 10 minutos. Decorrido esse período, todos os recipientes foram retirados simultaneamente e com o auxílio de uma proveta volumétrica graduada com capacidade de 500 ml foi medido o volume de água acumulado. Esse procedimento foi realizado em triplicata, empregando-se a média aritmética para cálculo dos coeficientes.

De posse dos dados, foram calculados os parâmetros Coeficiente de Uniformidade de Christiansen - CUC (Equação 1), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição - CUD (Equação 2), Coeficiente de Uniformidade estatístico - CUE (Equação 3) e Eficiência de Aplicação - EA (Equação 4), conforme as equações abaixo.

$$CUC = 100 \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}} \right] \quad (01)$$

Em que:

- ⇒ CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen;
- ⇒ n: Número de observações;
- ⇒ X_i: Lâmina de água coletada no i-ésimo ponto sobre a superfície do solo;
- ⇒ \bar{X} : Lâmina média aplicada.

$$CUD = 100 \frac{\bar{X}_{25}}{\bar{X}} \quad (02)$$

Em que:

- ⇒ CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição;
- ⇒ \bar{X}_{25} : Média das 25% menores descargas dos emissores, em L h⁻¹;
- ⇒ \bar{X} : Média das descargas de todos os emissores, em L h⁻¹.

$$CUE = 100 \left(1 - \frac{S_d}{Q_{méd}} \right) \quad (03)$$

Em que:

- ⇒ CUE: Coeficiente de Uniformidade Estatístico;
- ⇒ S_d : Desvio padrão dos valores de precipitação, em $L h^{-1}$;
- ⇒ $Q_{méd}$: Média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, em $L h^{-1}$.

$$E_a = 0,9CUD \quad (04)$$

Em que:

- ⇒ E_a : Eficiência de aplicação;
- ⇒ CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição.

A metodologia para avaliação da uniformidade de irrigação no sistema de gotejamento foi baseada nos índices CUC (CHRISTIANSEN, 1942), CUD (CRIDDLE et al., 1956), CUE e EA. A interpretação dos valores de CUC, CUD e CUE baseou-se na proposição de Mantovani (2001) e Frizzone et al. (2012), apresentadas nas Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do CUC, CUD e CUE para sistemas de irrigação por gotejamento.

Classificação	CUC (%)	CUD (%)	CUE (%)
Excelente	90 – 100	≥ 90	90 – 100
Bom	80 – 90	80 - 90	80 – 90
Razoável	70 – 80	70 - 80	70 - 80
Ruim	60 – 70	< 70	60 – 70
Inaceitável	-	-	< 60

Fonte: Adaptado de Mantovani (2001) e Frizzone et al. (2012).

A eficiência de aplicação de água foi classificada conforme metodologias de Bralts (1986) citado por Bernardo et al. (2006), apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação da Eficiência de aplicação (EA).

Classificação	EA (%)
Ideal	≥ 95
Aceitável	80 - 95
Inaceitável	< 80

Fonte: Adaptado de Bernardo et al. (2006).

Para avaliar o risco de obstrução dos emissores segundo Nakayama e Bucks (1991) (Tabela 3), foi realizada a caracterização físico-química da água residuária utilizada para irrigação, através dos seguintes parâmetros: sólidos totais ($mg L^{-1}$); sólidos suspensos ($mg L^{-1}$); sólidos dissolvidos ($mg L^{-1}$), segundo metodologia do Standard Methods Analysis Water and Wastewater (APHA, 2012) no Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Rural da FCA/UNESP; teores de Manganês e Ferro ($mg L^{-1}$); e pH foram realizadas

no Departamento de Recursos Naturais, no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da FCA/UNESP.

Tabela 3. Classificação da água de irrigação.

Causa obstrutora potencial	Unidade	Grau de restrição ao uso		
		Baixo	Moderado	Severo
Sólidos suspensos	mg L ⁻¹	< 50	50 – 100	> 100
pH	mg L ⁻¹	< 7	7 – 8	> 8
Sólidos dissolvidos	mg L ⁻¹	< 500	500 – 2000	> 2000
Manganês	mg L ⁻¹	< 0,1	0,1 – 1,5	> 1,5
Ferro	mg L ⁻¹	< 0,2	0,2 – 1,5	> 1,5

Fonte: Adaptado de segundo Nakayama e Bucks (1991).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos coeficientes de uniformidade (CUC, CUD e CUE) e da eficiência de aplicação (EA) obtidos neste trabalho, com suas respectivas classificações (MANTOVANI, 2001; BERNARDO et al., 2006), encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Indicadores de desempenho da mangueira nova e usada, com suas respectivas classificações.

Avaliação	Indicador	Valor (%)	Classificação
Mangueira Nova	CUC	98,0	Excelente
	CUD	98,0	Excelente
	CUE	97,1	Excelente
	EA	88,2	Aceitável
Mangueira Usada	CUC	67,0	Ruim
	CUD	72,0	Razoável
	CUE	49,7	Inaceitável
	EA	64,8	Inaceitável

Comparando os resultados na mangueira nova e usada, verificou-se que houve uma redução em todos os parâmetros avaliados. Na mangueira nova os valores de CUC, CUD, CUE foram classificados como excelente e o EA como aceitável, enquanto que na mangueira usada, a classificação foi ruim (CUC e CUD), razoável (CUE) e inaceitável (EA) (MANTOVANI, 2001; BERNARDO et al., 2006).

Na mangueira nova todos os parâmetros apresentaram classificação bastante positiva semelhante a literatura (DENÍCULI, et al., 1980; LÓPEZ et al., 1992; BERNARDO et al., 2006; BENÍCIO et al., 2009; FRIZZONE et al., 2012; THEBALDI et al., 2013; CUNHA et al., 2013), evidenciando que a mangueira atende os critérios de qualidade para a irrigação por gotejamento.

Em contrapartida, a mangueira usada, não apresentou classificação satisfatória para irrigação por gotejamento. Esse resultado pode ser justificado pelo fato de que, concluído o ciclo produtivo das hortaliças, o sistema de irrigação permaneceu instalado no campo inoperante e sem manutenção, e como descrito na Tabela 5, apenas o parâmetro pH apresentou

risco moderado de obstrução do sistema. Resultados semelhantes foram encontrados por Batista et al. (2008), trabalhando com esgoto doméstico tratado.

Tabela 5. Classificação do grau de obstrução da água residuária.

Causa potencial obstrutora	Valor	Unidade	Grau de obstrução
Sólidos suspensos	39,33	mg L ⁻¹	Baixo
pH	7,97	mg L ⁻¹	Moderado
Sólidos dissolvidos	357,33	mg L ⁻¹	Baixo
Manganês	0,05	mg L ⁻¹	Baixo
Ferro	0,13	mg L ⁻¹	Baixo

Como a mangueira nova atendeu satisfatoriamente os requisitos de qualidade para irrigação e conforme experiências anteriores dos autores, manteve uniformidade excelente operando na irrigação de hortaliças com esgoto doméstico tratado, esse resultado corrobora que é extremamente importante realizar manutenções no sistema de irrigação, principalmente nos casos em que se utiliza água residuária, pois esse tipo de efluente é rico em microrganismos que podem causar obstrução dos emissores, comprometendo assim a uniformidade de distribuição e até mesmo o rendimento da cultura.

Tais resultados concordam com Batista, Souza e Ferreira (2010), os autores estudando o desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento, operando com esgoto doméstico tratado, afirmaram que a redução do CUD devido a obstrução dos emissores, está relacionada com a formação do biofilme, proveniente da ação de algas e bactérias presentes no efluente. Nesse sistema, a desuniformidade de aplicação de água residuária reduz a velocidade de escoamento do efluente, favorecendo o desenvolvimento de biofilme (DAZHUANG et al., 2009). Batista et al. (2013) verificaram que a presença de população bacteriana na água residuária de suinocultura resultaram em risco severo de entupimento de gotejadores, o que provocou redução elevada da uniformidade de aplicação de efluente.

Em adição, devido à permanência da mangueira (usada) instalada em campo, exposta as intempéries climáticas, também pode ter comprometido sua condição ideal de funcionamento. Cararo e Botrel (2007) e Souza et al. (2006), recomendam que sejam realizadas manutenções corretivas e/ou preventivas no sistema de irrigação a cada 60 h de funcionamento.

6 CONCLUSÕES

O Kit de irrigação para Agricultura Familiar por gotejamento – Dripkit, pode ser utilizado com água residuária, desde que, sejam realizadas com frequência manutenções corretivas e/ou preventivas no sistema, para evitar o entupimento dos emissores e consequentemente, a redução da eficiência do sistema de irrigação.

7 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão das bolsas aos autores. A Empresa NaanDanJain pela doação do Kit de irrigação.

8 REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Equipamentos de irrigação agrícola Emissores e tubos emissores – Especificações e métodos de ensaio**. ABNT NBR ISO 9261, 9p., 2006.
- APHA – American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22th edition. Washington: American water works association - water environment federation, 2012.
- ALVES, T.R. **Eficiência de um sistema de desinfecção solar de águas residuárias domésticas com adição de diferentes doses de peróxido de hidrogênio**. 2015. 77f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, UNESP, Botucatu-SP.
- BATISTA, R. O.; SOARES, A. A.; SOUZA, J. A. R.; BATISTA, R. O. Modelos empíricos da irrigação localizada com esgoto sanitário tratado. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 3, p.369-377, set. 2008.
- 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, p.18-22, 2010.
- BATISTA, R.O.; OLIVEIRA, R.A., SANTOS, D.D.; OLIVEIRA, A.F.M.; AZEVEDO, C.D.; 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**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 698-705, 2013.
- BENÍCIO, F.R.; CARVALHO, C.M.; ELOI, W.M.; GONÇALVES, F.M.; BORGES, F.R.M. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da goiaba em Barbalha-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza. v.3, n.2, p.55–61, 2009.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 2006. 625p.
- BRALTS, V.F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, Francis S.; BUCKS, D. A. (Ed.). **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Elsevier, 2012.
- CARARO, D.C.; BOTREL, T. A. Uso de cloração e ar comprimido no controle do entupimento de gotejadores. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, p.336-345, 2007.
- CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkler**. Berkeley: California Agricultural Station, 1942. 212p.
- CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H.; SHOCKELEY, D.G. **Methods for evaluating irrigation systems**. Washington: SCS-USDA, 1956. 24p.

CUNHA, F.N.; DE OLIVEIRA, R.C.; DA SILVA, N.F.; DE FREITAS MOURA, L.M.; TEIXEIRA, M.B.; GOMES FILHO, R.R. Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 7, n. 4, p. 248-257, 2013.

DAZHUANG, Y.; ZHIHUI, B.; ROWAN, M.; LIKUN, G.; SHUMEI, R.; PEILING, Y. Biofilm structure and its influence on clogging in drip irrigation emitters distributing reclaimed wastewater. **Journal of Environmental Sciences**, v. 21, n. 6, p. 834-841, 2009.

DENÍCULI, W.; BERNARDO, S.; THIÉBAUT, J. T. L.; SEDIYAMA, G.C. Uniformidade de distribuição de água, em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

FRIZZONE, J.A.; FREITAS, P.D.; REZENDE, R.; FARIA, M.D. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. Maringá: Eduem, 2012.

LÓPEZ, R. J.; ABREU J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F. G. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405p.

MANTOVANI, E.C. **AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada**. Viçosa, MG: UFV, 2001.

NAANDANJAIN. A Jaain Irrigation Company. Disponível em: <<http://www.naandanjain.com.br/>>. Acesso em 10 de Jun. de 2017.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. **Transaction of the ASAE**, St Joseph, v. 24, p.77-80, 1991.

QUELUZ, J.G.T.; Sánchez-Román, R.M. Efficiency of domestic wastewater solar disinfection in reactors with different colors. **Water Utility Journal**, v.7, n.1, p. 35-44, 2014.

SILVA, L.D., SILVA, M.D., CORREA, M.M., SOUZA, F.C.D.; SILVA, E.F.F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p. 480-486, 2012.

SOUZA, J. A.A.; CORDEIRO, E.A.; COSTA, E.L. Aplicação de hipoclorito de sódio para recuperação de gotejadores entupidos em irrigação com água ferruginosa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande v.10, n. 1, p. 5-9, 2006.

THEBALDI, M.S.; SANDRI, D.; DA ROCHA, M.S.; FELISBERTO, A.B.; NETO, S.A. Diferentes tipos de água e seu efeito na uniformidade de gotejadores na cultura de tomate. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 212-222, 2013.