

## ANÁLISE DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO COM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA\*

**KEVIM MUNIZ VENTURA<sup>1</sup>; REGIANE DE CARVALHO BISPO<sup>1</sup>; ROBERTA DANIELA DA SILVA SANTOS<sup>1</sup>; MARCELLO HENRYQUE COSTA DE SOUZA<sup>1</sup> E RODRIGO MÁXIMO SÁNCHEZ ROMÁN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - UNESP/FCA, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Botucatu, SP, [kkkevim@hotmail.com](mailto:kkkevim@hotmail.com), [regianecarvalhoks@gmail.com](mailto:regianecarvalhoks@gmail.com), [roberta\\_dani30@hotmail.com](mailto:roberta_dani30@hotmail.com), [marcello\\_henry@hotmail.com](mailto:marcello_henry@hotmail.com).

<sup>2</sup>Professor assistente, Departamento de Engenharia Rural, FCA/UNESP. Botucatu, SP, [rmsroman@fca.unesp.br](mailto:rmsroman@fca.unesp.br)

\*Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor.

### 1 RESUMO

A crescente necessidade de elevar a produção em menos espaço guia as pesquisas agropecuárias visando criar tecnologias que busquem atender essa demanda. A possibilidade de produzir hortaliças de forma alternativa é algo que desperta atenção nos agricultores familiares e moradores de áreas urbanas que desejam produzir o próprio alimento. A irrigação é uma das práticas de maior importância para o sucesso de uma horta, seja ela convencional ou vertical, por isso é de suma importância que sistemas de irrigação apresentem uma boa uniformidade de aplicação de água. Desta forma, avaliar o sistema é uma etapa primordial para garantir o adequado manejo da irrigação. O objetivo deste trabalho foi avaliar os coeficientes de uniformidade (Christiansen, de distribuição, estatístico e eficiência de aplicação) em uma fita gotejadora após 2 ciclos, em dois sistemas de cultivo (convencional e vertical). Com os resultados obtidos, foi possível observar que a fita utilizada no sistema vertical obteve coeficientes de uniformidade superiores com o passar dos ciclos, garantindo que a aplicação de água neste sistema fosse mais satisfatória que o sistema convencional.

**Palavras-chave:** Sistema vertical, gotejamento, coeficiente de uniformidade

**VENTURA, K. M.; BISPO, R. DE C.; SANTOS, R. D. S.; SOUZA, M. H. C.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.**  
**ANALYSIS OF APPLICATION UNIFORMITY IN DIFFERENT LOCALIZED IRRIGATION SYSTEMS**

### 2 ABSTRACT

The growing need to leverage production in less space drives the agricultural research, making it to create technologies that seek to meet this demand. The possibility of producing vegetables in an alternative way is something that draws the attention of family of farmers and urban dwellers who wish to produce their own food. Irrigation is one of the most important practices for the success of a conventional or vertical garden, so it is critical that irrigation systems have an excellent uniformity in the water application. Thus, to evaluate the system is a primordial stage to guarantee the adequate irrigation management. This work aims to evaluate the uniformity coefficients (Christiansen, distribution and statistical coefficients) in a drip tape after

2 cycles, in two cropping systems (traditional and vertical). With the results obtained, it was possible to observe that the drip tape used in the vertical system got higher uniformity coefficients than the conventional one, ensuring that the application of water in this system was more satisfactory.

**Keywords:** Vertical system, drip irrigation, uniformity coefficient

### 3 INTRODUÇÃO

Prática que propicia o cultivo agrícola em regiões onde há déficits hídricos, a irrigação é uma alternativa que gera aumentos consideráveis na produtividade de culturas quando bem dimensionada e manejada (PRADO e COLOMBO, 2007). Segundo Hernandez (2004) essa prática deve ser vista como uma técnica que permita o material genético das culturas a se expressarem com todo seu potencial produtivo.

Visando o uso racional da água é importante se utilizar técnicas e sistemas de irrigação mais eficientes evitando o desperdício de água e energia elétrica (NASCIMENTO et al., 2009). Dentro dos inúmeros sistemas de irrigação, a localizada vem ganhando destaque pois segundo Souza e Matsura (2004) este aplica pequenas quantidades de água próximo da zona radicular das plantas através de gotas em um sistema que trabalha com baixa pressão e vazão, tornando-o mais eficiente.

A produtividade em áreas irrigadas por sistemas localizados depende de vários fatores, dentre eles a manutenção dos sistemas. Para que a irrigação seja eficiente é essencial que haja uma uniformidade de aplicação de água. A uniformidade de aplicação tem um efeito chave no rendimento de culturas, e pode ser considerado um dos fatores mais importantes no dimensionamento e operação de sistemas de irrigação. Após instalado em campo, é necessário realizar análises periódicas afim de avaliar estes coeficientes de uniformidade garantindo que a lâmina de irrigação aplicada está sendo recebida por todas as plantas (FAVETTA e BOTREL, 2001; SILVA e SILVA, 2005; BARRETO FILHO et al., 2000).

A uniformidade de distribuição é uma informação importante para avaliar sistemas de irrigação localizada, segundo Prado e Colombo (2007) sistemas que apresentam baixa uniformidade de aplicação de água propiciam quedas na produção e uso excessivo de água. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a uniformidade de aplicação de água através de diferentes parâmetros para dois sistemas com irrigação localizada durante dois ciclos de cultivo.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, campus Botucatu-SP conforme as recomendações da Norma ISO 9261:2004 onde foram avaliadas fitas gotejadoras modelo Amandi (Tabela 1), da fabricante nacional Petroisa®.

**Tabela 1.** Dados da fita gotejadora.

Especificações	
Marca	Petroisa®
Modelo	Amandi
Espessura da parede (mm)	0,38
Diâmetro Interno (mm)	16
Espaçamento (cm)	30
Pressão nominal (kPa)	100
Vazão Nominal (L h-1)	5
Equação do emissor	$Q = 0,46 \times p^{0,5}$

Fonte: Catálogo da empresa Petroisa®

As fitas gotejadoras foram provenientes de dois sistemas irrigados, um de forma convencional e outro sistema vertical de produção onde foram retirados 3 fitas de cada sistema (Figura 1). O sistema convencional era composto por 6 canteiros de 2,0x3,5 m, com 4 fitas gotejadoras cada. O sistema vertical utilizado foi construído em tambores de 200 L, com uma fita gotejadora no centro.

**Figura 1.** (A) Canteiros do sistema convencional (B) Sistemas verticais

Antes da instalação dos sistemas de irrigação foi realizado uma avaliação com as fitas novas. As fitas gotejadoras foram instaladas a campo em 12/02/2016 para o cultivo de alface, cebolinha e rúcula, 46 dias após a instalação as mesmas foram retiradas e realizou-se a segunda avaliação. As fitas gotejadoras foram reinstaladas para o segundo ciclo no dia 29/03/2016 e ficaram a campo até o dia 11/05/2016, quando foram realizadas as últimas avaliações.

A avaliação das fitas gotejadoras foi realizada na bancada de ensaios para tubos gotejadores. 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. Na bancada podem ser avaliadas linhas laterais com 6 metros de comprimento, e nela podem ser instaladas 4 linhas, com recirculação de água, além de 2 válvulas de saída de ar e 2 manômetros. Durante o decorrer do experimento, foi monitorada a pressão de água através de um manômetro digital, com precisão de 99%, onde a mesma foi mantida a 6 mca.

Para quantificar a vazão de cada emissor, utilizaram-se béqueres de plástico com capacidade de 500 ml durante o intervalo de 10 minutos, decorrido esse período, todos os recipientes foram retirados simultaneamente. 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. Em seguida os dados foram convertidos em vazão (L h<sup>-1</sup>).

Com os valores encontrados, foram utilizadas as equações para calcular os coeficientes de uniformidades de Christiansen (equação 1), de distribuição (equação 2), uniformidade estatístico (equação 3) e a eficiência de aplicação (equação 4).

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

Em que:

- ⇒ CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (adimensional);
- ⇒ n: Número de observações;
- ⇒ X<sub>i</sub>: Lâmina de água coletada no i-ésimo ponto sobre a superfície do solo, em L h<sup>-1</sup>;
- ⇒  $\bar{X}$ : Lâmina média aplicada, em L h<sup>-1</sup>

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

Em que:

- ⇒ CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (adimensional);
- ⇒  $\bar{X}_{25}$ : Média das 25% menores descargas dos emissores, em L h<sup>-1</sup>;
- ⇒  $\bar{X}$ : Média das descargas de todos os emissores, em L h<sup>-1</sup>.

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

Em que:

- ⇒ CUE: Coeficiente de Uniformidade Estatístico (adimensional);
- ⇒ S<sub>d</sub>: desvio padrão dos valores de precipitação, em L h<sup>-1</sup>;
- ⇒ Q<sub>méd</sub>: Média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, em L h<sup>-1</sup>.

$$E_a = 0,9 \cdot CU \quad (04)$$

Em que:

- ⇒ E<sub>a</sub>: Eficiência de aplicação (adimensional);
- ⇒ CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (adimensional).

A interpretação dos valores de CUC e CUD baseou-se na proposição de Mantovani (2001) e os CUE e EA segundo Bernardo, Soares e Mantovani (2006), conforme valores apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4.

**Tabela 2.** Classificação do CUC para sistemas de irrigação por gotejamento.

Classificação	CUC (%)
Excelente	90 – 100
Boa	80 – 90
Razoável	70 – 80
Ruim	60 – 70
Inaceitável	< 59%

Fonte: Adaptado Mantovani (2001).

**Tabela 3.** Classificação do CUD para sistemas de irrigação por gotejamento.

Classificação	CUD (%)
Excelente	$\geq 90$
Bom	80 a 90
Regular	70 a 80
Ruim	$< 70$

Fonte: Adaptado de Mantovani (2001).

**Tabela 4.** Classificação do CUE e EA para sistemas de irrigação por gotejamento.

CLASSIFICAÇÃO	CUE (%)	CLASSIFICAÇÃO**	EA(%)
Excelente	$> 90$	Ideal	$\geq 95$
Bom	80 – 90	Aceitável	80 – 95
Regular	70 – 80	Inaceitável	$< 80$
Ruim	$< 70$	-	-

Fonte: Adaptado de Bernardo, Soares e Mantovani (2006)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os coeficientes de uniformidade na tabela 5 é possível observar que o sistema vertical manteve os valores mais próximos de excelente que o sistema convencional.

**Tabela 5.** Valores de coeficientes de uniformidade para os diferentes sistemas avaliados.

Parâmetro	Tipo de sistema	Fita nova	46 dias*	89 dias*
CUC	Vertical	99,88	99,77	95,64
	Convencional	99,88	95,41	89,21
CUD	Vertical	94,60	90,68	89,64
	Convencional	94,60	87,52	79,41
CUE	Vertical	97,21	96,39	92,41
	Convencional	97,21	93,31	89,31
Ea	Vertical	96,48	86,75	84,17
	Convencional	96,48	83,98	77,38

\*Dias após instalação

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) inicial foi de 99,88%, e segundo Mantovani (2001) foi classificado como excelente. Após o primeiro ciclo de cultivo, no sistema vertical o CUC foi de 99,77% e no sistema convencional de 95,41%, ainda classificados como excelente segundo o autor supracitado. Após a reinstalação das fitas gotejadoras no campo e do segundo ciclo de cultivo os coeficientes foram de 95,64 e 89,21 para o sistema vertical e convencional, respectivamente. Segundo Mantovani (2001) as fitas gotejadoras do sistema vertical mantiveram a classificação excelente, enquanto as do convencional caíram para boa.

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) inicialmente foi de 94,60%, classificado como excelente segundo Mantovani (2001). Após o primeiro ciclo, o sistema vertical apresentou um CUD de 90,68% e o convencional de 87,52%, sendo classificados como excelente e bom, respectivamente. Após o segundo ciclo, os valores encontrados foram 89,64% e 79,41% e segundo Mantovani (2001) as fitas gotejadoras do sistema vertical foram classificadas como bom e a do convencional como regular.

Os valores de CUD menores que os de CUC podem ser explicados devido as variáveis das equações na determinação dos coeficientes. Keller e Bliesner (1990) afirmaram que o CUD é uma forma mais rigorosa de avaliar um sistema de irrigação, uma vez que o mesmo só considera 25% da área que recebe menos água. Souza et al. (2006) e Silva et al. (2015) encontraram resultados semelhantes, o que corrobora com o encontrado no experimento.

O coeficiente de uniformidade estatístico inicial foi de 97,21%, e após o primeiro ciclo os valores encontrados foram de 96,39% para o sistema vertical e 93,31% para o convencional. De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006) os valores são classificados como excelente. Após o segundo ciclo os valores foram 92,41 e 89,31% para o sistema vertical e convencional, classificados segundo os autores como excelente e bom.

A eficiência de aplicação inicialmente foi classificada como ideal por Bernardo, Soares e Mantovani (2006) com 96,48%, após o primeiro ciclo o valor encontrado foi de 86,75 e 83,98% para o sistema vertical e convencional. Após as fitas gotejadoras serem reinstaladas os valores encontrados foram de 84,17 e 77,38%, respectivamente. Segundo os autores a eficiência de aplicação do sistema vertical após dois ciclos foi aceitável, e para o sistema convencional inaceitável.

Para ambos os sistemas houve uma queda nos valores encontrados, entretanto é possível observar que no sistema vertical os coeficientes mostram que mesmo após dois ciclos de cultivo obtiveram valores considerados aceitáveis. Segundo Testezlaf e Matsura (2015) fitas gotejadoras instaladas na superfície do solo, são expostas a intempéries climáticas como chuva e sol, esse fato reduz a vida útil do produto e suas características de fabricação, o que pode reduzir a uniformidade de aplicação. Como no sistema vertical a fita gotejadora é instalada dentro do tambor a mesma não fica exposta, o que pode ter causado a menor diminuição na uniformidade encontrada.

## 6 CONCLUSÃO

A fita gotejadora utilizada tem aptidão para o uso em cultivos de ciclo longo, e pode ser utilizada e reinstalada sem que haja perdas significativas no seu desempenho. Os coeficientes de uniformidade encontrados corroboram com as informações do fabricante, uma vez que depois de 2 ciclos os mesmo se mantiveram em níveis adequados. Entretanto, as fitas gotejadoras provenientes do sistema vertical apresentaram melhores valores que o sistema convencional, uma vez que a mesma não fica exposta a intempéries climáticas, garantindo que a distribuição da água no sistema vertical fosse mais eficiente.

## 7 REFERÊNCIAS

BARRETO FILHO, A. de A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A. de; GOMES, E. M.; Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 625p, 2006.

FAVETTA, G. M.; BOTREL, T. A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação de equações. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p.427-430, abr. 2001.

HERNANDEZ, F. B. T. Manejo da irrigação. 2004. Disponível em <<http://www.irrigaterra.com.br/manejo.php>>. Acesso em 28 abril. 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9621**: Agricultural irrigation equipment: emitters and emitting pipe: specification and test methods. 2 ed. Geneva, 2004. 20 p.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 615p, 1990.

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

NASCIMENTO, J. M. S.; LIMA, L. A.; CARARO, D. C.; CASTRO, E. M.; SILVA, M. V. G. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em um sistema de gotejamento para pequenas propriedades. **Ciênc. Agrotec**, Lavras, v. 33, n. 1, p.1728-1733, jan. 2009.

PRADO, G.; COLOMBO, A. Análise da uniformidade de aplicação de água pelo aspersor plona-rl250 em sistemas autopropelidos de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p.249-262, abr. 2007.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J.. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 6, n. 8, p.1-17, dez. 2005.

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, 2015.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E. E. Distribuição da água no solo para o dimensionamento da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p.7-15, jan. 2004.

SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P. S.L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, n.3, jul./set. 2006.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E. **Engenharia de Irrigação: tubulações e acessórios**. 1. ed. Campinas, SP: Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 2015. v. 1. 153p .