

## AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE E VAZÃO EM FITAS POROSAS

F.C.G. Alvino<sup>1</sup>, C.C. Aleman<sup>2</sup>, E. C. Mantovani<sup>3</sup>, R. D. Lourenço<sup>4</sup>, R. G. Martins<sup>5</sup>

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi avaliar o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e a vazão de fitas porosas do sistema de irrigação subsuperficial RDI. O ensaio experimental foi conduzido no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Viçosa-Brasil. Para a realização do ensaio foi montada uma bancada de ensaio, onde utilizou-se cinco calhas de PVC espaçadas entre si por 0,50 m, sendo que, no centro de cada calha foram instaladas uma fita porosa RDI. O sistema de irrigação foi abastecido a partir de um reservatório de 250 litros, sob pressão recomendada de 1,4 m.c.a. Na avaliação das características hidráulicas das fitas porosas foram determinadas a vazão, uniformidade de distribuição de água e coeficiente de variação de fabricação. As fitas porosas apresentaram grande variação de vazão, expressando uma má distribuição de água aplicada pelo sistema. Para variabilidade na uniformidade de aplicação foi constatado valores abaixo do recomendado, demonstrando uma má uniformidade e baixa eficiência. O coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ) para as fitas porosas apresentam valores superiores ao limite máximo segundo a norma que é de 0,07.

**PALAVRAS-CHAVE:** Irrigação localizada, Subsuperficial, CUC.

### UNIFORMITY COEFFICIENT EVALUATION AND FLOW IN POROUS TAPES

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the coefficient of uniformity of Christiansen (CUC) and flow tapes irrigation system located subsurface RDI. The research was conducted in the Hydraulics Laboratory of the Federal University of Viçosa - MG. It has assembled a test rig, which is used five rigid PVC rails spaced to six meters in length by 0.50 m between themselves, where the center of each rail was installed a porous tape RDI. The flow was determined with the help of the rain gauge Irriplus P300® to analyze the performance of RDI irrigation system, four daily flow data were used in the interval of five days, a total of 16 measures per day. According to the results of the flow values varied significantly between

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo. Mestrado, Departamento de Engenharia Agrícola/UFV, CEP 36570-000, Viçosa, MG. Fone (83) 9 9803-6402. Email: cassioalvino@hotmail.com

<sup>2</sup> Doutora, Professora DEA/UFV, Viçosa - Minas Gerais. E-mail: catariny@ufv.br

<sup>3</sup> Professor Titular DEA/UFV, Viçosa - Minas Gerais. E-mail: everardo@ufv.br

<sup>4</sup> Acadêmico de Agronomia, Viçosa - Minas Gerais. E-mail: rodrigodalsasso@hotmail.com

<sup>5</sup> Acadêmico de Agronomia, Viçosa - Minas Gerais. E-mail: rgomesmartins1@gmail.com

ribbons and calculated between days. Consequently, the CUC were not satisfactory values ranging from 30 to 73% during the evaluation days.

**KEYWORDS:** Localized Irrigation, Flow, CUC

## INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é um dos setores que mais demanda o uso da água no Brasil, nos últimos anos as empresas que atuam no setor agrícola estão desenvolvendo e comercializando sistemas de irrigação como fitas ou tubos porosos para uso na irrigação localizada, um exemplo é o RDI (Irrigação por Demanda da Raiz), um sistema de irrigação localizada subsuperficial. Este instrumento hidráulico que consiste em uma fita porosa que tem como objetivo interagir com os exsudatos liberados pelas raízes das plantas, fornecendo o volume de água necessário para atender sua exigência hídrica. Este equipamento é instalado na profundidade de 20 a 30 cm abaixo da zona radicular da planta cultivada.

Conforme a norma NBR ISO 9261 da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (2006), para a determinação do ensaio de uniformidade de vazão relacionado com a pressão de serviço em tubo emissores seus valores deverão ser expressos por meio do Coeficiente de Variação de Vazão (CV<sub>q</sub>), que deve ser inferior à 7%. Estas avaliações devem ser realizadas em um laboratório padronizado, sobre bancada específica de ensaio, todavia ainda não existe normas brasileiras que regulamentam os requisitos referentes a tubo porosos ou fitas porosas.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) é considerado como o parâmetro mais utilizado que expressa a uniformidade e distribuição de água em uma área irrigada e a variabilidade da lâmina de irrigação aplicada na superfície do solo, por isso, é considerada como um dos fatores mais importantes no dimensionamento e na operação de sistemas irrigados (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2012).

Para avaliação de uniformidade de um sistema de irrigação localizada pode-se utilizar, a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1974), que sugerem a coleta da vazão dos emissores em quatro pontos ao longo de quatro linhas laterais, sendo que tanto os emissores quanto as linhas a serem utilizadas na amostragem devem ser definidas nas posições iniciais, a 1/3, a 2/3 e no final.

Deniculi et al. (1980) propôs uma alteração nas coletadas amostras de vazão ampliando de quatro para oito pontos em cada uma das quatro linhas amostradas e no final do comprimento da linha lateral, possibilita maior precisão.

Entretanto no caso das fitas porosas não existe ainda nenhuma metodologia disponível para caracterizá-las hidraulicamente ou avaliar sua uniformidade de distribuição de água aplicada.

Considerando o exposto, desenvolveu-se esse trabalho com o intuito de caracterizar hidraulicamente fitas porosas RDI por meio de ensaios técnicos de irrigação localizada subsuperficial visando determinar a vazão média, avaliar a uniformidade de distribuição de água e estabelecer o coeficiente de variação de fabricação (CVf).

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio experimental foi conduzido no período de setembro a outubro de 2015 no Laboratório de Hidráulica do Centro de Referência de Recursos Hídricos (CRRH) da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa - MG (20° 46' S, 42° 52' W, 660 m).

Para caracterizar o desempenho hidráulico e técnico das fitas porosas RDI (Irrigação de acordo com a demanda da planta) foi montada uma bancada de ensaio, onde utilizou-se cinco calhas de PVC rígido com seis metros de comprimento espaçadas entre si por 0,50 m, onde no centro de cada calha foram instaladas uma fita porosa RDI. As fitas porosas ficaram suspensas por meio de suportes de madeira, com declividade linear igual a 2%.

O sistema de irrigação foi abastecido a partir de um reservatório de 250 litros, com um sistema de controle de entrada e saída de água sob pressão de 1,4 m.c.a (2 PSI), conforme recomendado pelo fabricante. O controle da pressão de serviço foi montado com um sistema de boia com regulagem de nível igual a 1,4 m de altura em relação as calhas. O nível da água foi mantido constante ao longo de todo ensaio experimental.

Para análise da uniformidade de aplicação de água com o coeficiente CUC e eficiência de distribuição de água do sistema de irrigação RDI (BERNARDO, SOARES, MANTOVANI, 2006), foram utilizados dados contínuos de lâmina horária coletada em cada pluviógrafo e transformada em vazão horária ( $L h^{-1} m^{-1}$ ). Com uso dos 24 valores horários de vazão, calculou-se a vazão diária, para posterior transformação em lâmina diária ( $mm dia^{-1}$ ). Com base nas cinco medidas de lâmina média por comprimento linear de calha ( $L_i$ ) foi calculado o  $CUC_{ajustado}$ , considerando a médios de  $L_i$  e conforme Equação 1.

$$CUC_{ajustado} = 100 \left( 1 - \frac{\sum |L_i - \bar{L}|}{n * \bar{L}} \right) \quad (1)$$

Em que:

$CUC_{ajustado}$  = coeficiente de uniformidade de Christiansen, %;

$L_i$  = lâmina diária de cada uma das cinco fitas porosas amostrada, mm dia<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>;

$\bar{L}_i$  = lâmina média das cinco fitas porosas amostradas, mm dia<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>; e

n = número de repetições (cinco), adimensional.

Na determinação do coeficiente de variação de fabricação (CVf) da fita porosa RDI utilizou-se as lâminas diárias coletadas de cada fita e, com base na média destas lâminas e seu respectivo desvio padrão da amostra foi calculado o CVf (Equação 2) (SOLOMON, 1979).

$$CVf = \left( \frac{Sq}{qm} \right) 100 \quad (2)$$

Em que:

CVf = coeficiente de variação de fabricação, unidade de medida;

Sq – desvio padrão da amostra, mm dia<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>; e

qm – vazão média da amostra, mm dia<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>;

Os valores do desvio padrão (Sq) da vazão ou lâmina dos emissores testados, submetidos à mesma pressão foi calculado pela Equação 3.

$$Sq = \sqrt{\frac{\sum |L_i - \bar{L}|}{n - 1}} \quad (3)$$

Em que:

Sq = desvio padrão da vazão dos emissores sob funcionamento isobárico, adimensional;

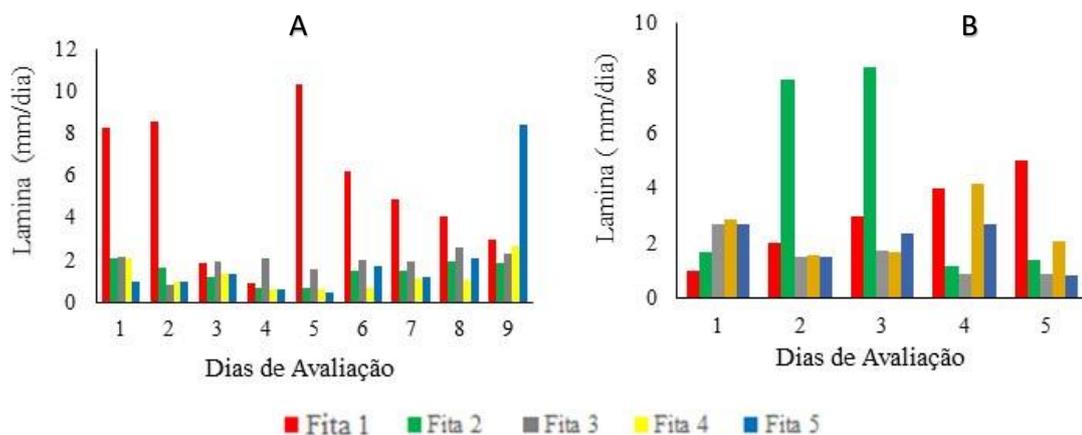
$L_i$  = lâmina diária de cada uma das cinco fitas porosas amostrada, mm dia<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>;

$\bar{L}_i$  = lâmina média das cinco fitas porosas amostradas, mm dia<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>; e

n = número de repetições (cinco), adimensional.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os resultados de lâmina obtidas entre as fitas porosas de RDI em diferentes dias e fitas para duas épocas de medidas, sendo a Figura 1A para um período de nove dias e a 1B para um período de cinco dias.



**Figura 1.** Vazões obtidas em intervalos de 24 horas no período de 27/09/2015 a 05/10/2015 (A) e 10/10/2015 a 14/10/2015 (B).

Observa-se uma grande variação das lâminas entre as fitas, como pode ser observado nas fitas 1 e 5 da Figura 1A que apresentou valores mínimos e máximos de 1,41 a 10,74 e 0,62 a 8,85 mm dia<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, respectivamente, entre os dias 27/09 a 05/10/2015. No segundo período de avaliação Figura 1B é possível observar a mesma grande variação entre as fitas porosas, como valores mínimos e máximos de 0,63 a 8,30 mm dia<sup>-1</sup> m<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os valores de vazão ou lâminas de irrigação medidos nas duas avaliações (Figura 1) indicaram uma distribuição inadequada da água aplicada pelo sistema, podendo-se inferir que a porosidade da fita não é homogênea ao longo do comprimento linear da mesma. São necessários testes físico-químicos no material poroso da fita para melhor entender suas propriedades hidráulicas e a variabilidades que a lâmina de irrigação aplicada correspondente ao valor determinado pela técnica de manejo.

Outra observação importante é que, contrariando as informações do fabricante, as fitas porosas liberam água de forma independente da demanda radicular expressa em emissão de exsudados. Ademais de liberar de forma independente a vazão a mesma é irregular e variável.

Para Frizzone e Dourado Neto (2003), um dos principais fatores que podem acarretar a oscilação de vazão nos emissores de um mesmo tubo gotejador, são os materiais utilizados em seu processo de fabricação.

Contraopondo com a variabilidade obtida pelo RDI, estudo realizado por Dalri et al. (2015), avaliando a vazão de quatro gotejadores autocompensantes Amanco Drip PC, Naan PC, Ram e Twin Plus, que são comercializados no Brasil para instalação superficial ou subsuperficial. Os valores encontrados uniformidade de vazão foram excelentes e dentro das especificações exigidas pelas normas técnicas.

Sousa et al. (2012) em trabalho comparando dois emissores utilizados na irrigação localizada subsuperficial, sendo um protótipo com protetor no emissor e outro convencional, instalados em vasos com cultura e outros apenas com solo, observaram que os emissores não ocasionaram redução em suas vazões, com variações mínimas após um ano de funcionamento.

Na tabela 1 são apresentados os valores diários dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen ajustado ( $CUC_{ajustado}$ ) e Coeficiente de variação de fabricação ( $CV_f$ ) para as fitas porosas, avaliadas no primeiro teste no período de 27/09 a 05/10/2015.

**Tabela 1.** Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) nos dias 27/09 a 05/10/2015.

Dia de medida	$CUC_{ajustado}$ (%)	$CV_f$ (%)
27/09/2015 (dia 1)	73%	31,1
28/09/2015 (dia 2)	30%	98,1
29/09/2015 (dia 3)	30%	97,7
30/09/2015 (dia 4)	34%	92,5
01/09/2015 (dia 5)	60%	49,9
02/10/2015 (dia 6)	20%	115,8
03/10/2015 (dia 7)	43%	84,9
04/10/2015 (dia 8)	50%	72,7
05/10/2015 (dia 9)	40%	89,1

Os valores de  $CUC_{ajustado}$  e  $CV_f$  para as fitas porosas apresentam grande variabilidade, incompatível com sistemas de irrigação em geral e mais especificamente para irrigação localizada por gotejamento. O sistema apresenta má qualidade de uniformidade e baixa eficiência, sendo que os valores de  $CUC_{ajustado}$  nos nove dias avaliados apresentaram uma variação de 20% a 73% e os  $CV_f$  de 31,1 a 115,8%, dependendo do dia avaliado.

Para sistemas de aplicação localizada similar as fitas porosas RDI, como gotejo enterrado, espera-se valores de CUC acima de 90% (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2012), o que não foi observado nas medidas realizadas o que implica na inviabilidade no uso do sistema RDI, pois os valores encontrados influenciaram diretamente no custo e a qualidade da irrigação, proporcionando problemas econômicos e ambientais.

Cunha et al. (2013) avaliando CUC ao longo do tempo, em um sistema de gotejamento subsuperficial, observaram que os valores de CUC tenderam a variar ao longo do período de operação do sistema, apresentando resultados que oscilaram de 92,25 a 96,13% no período de 200 horas.

Para  $CV_f$  observou valores excessivamente altos e instáveis (31,1 a 115,8%), onde os recomendados pela norma NBR ISO 9261 (ABNT, 2006) deve ser inferior a 7%, implicando

que a fita porosa RDI não se enquadra nas normas da ABNT. Dalri et al. (2015) avaliando o desempenho hidráulico de quatro gotejadores autocompensante comerciais, verificaram valores variando de 1,9 a 4,5%.

Prado et al. (2014) analisando as características hidráulicas de gotejadores também encontraram valores de  $CV_f$  inferior a 7%. Pinto et. al. (2014) por meio de estudos de caracterização hidráulica de tubos porosos Osmo-Drain® sob diferentes pressões, alcançaram resultados de  $CV_f$  inferior a 7%.

A determinação do coeficiente de variação de fabricação  $CV_f$  em emissores, tubos ou fitas porosas é fundamental no controle de qualidade de fabricação destes materiais, visto que suas vazões podem ser inconstantes em lotes com altos coeficientes de variação de fabricação como observado neste trabalho.

## CONCLUSÃO

Em virtude dos valores observados de vazão, CUC e  $CV_f$  conclui-se que a fita porosa RDI não reúne condições mínimas de uso no campo. A variabilidade entre as fitas e entre os dias de avaliações na bancada experimental indica que o produto necessita de melhor desenvolvimento para ser recomendado e utilizado pelos irrigantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT 2006: Associação brasileira de normas técnicas. **Equipamentos de irrigação agrícola** – emissores e tubos emissores – especificação e métodos de ensaio. NBR ISO 9261:2006. Rio de Janeiro, 2006, 17 p.

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

CUNHA, N. F.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; FILHO, R. R. G Variabilidade Temporal aa Uniformidade de Distribuição em Sistema de Gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.7, nº. 4, p. 248 - 257, 2013.

DALRIL, A. B.; GARCIAL, C. J. B.; ZANINIL, J. R.; FARIAL, R. T.; PALARETTI, L. F. Caracterização técnica e desempenho hidráulico de quatro gotejadores autocompensantes utilizados no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.8, p.1439-1444, ago, 2015.

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

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação e análise econômica. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (ed.). **Irrigação**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. v. 2, cap. 15, p. 573-652.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. *Transactions of the ASAE*, v.17, p.678-684, 1974

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 2012.

PINTO, M. F.; CAMARGO, A. P. C.; NETO, O. R. N.; FRIZZONE, J. A. Caracterização hidráulica de tubos porosos oriundos de pneus reciclados utilizados em irrigação subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.11, p.1095–1101, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n11p1095-110.1>

PRADO, G.; NUNES, LILIAN, H. N.; TINOS, A. C. Avaliação técnica de dois tipos de emissores empregados na irrigação localizada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.8, n.1, p.12-25, jan. 2014.

SOLOMON, K. Variability of sprinkler coefficient of uniformity test results. *Transactions of the ASAE, St. Joseph*, v.22, n.5, p. 1078-1086, 1979.

SOUSA, W. J.; BOTRET, T. A.; COELHO, R. D.; NOVA, N. A. V. Irrigação localizada subsuperficial: Gotejador convencional e novo protótipo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.16, n.8, p.811–819, 2012 Campina Grande – PB.