



## **METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA A ESTIMATIVA EM CAMPO DA UNIFORMIDADE DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL**

Sérgio Luiz Aguilar Levien<sup>1</sup>; Vladimir Batista Figueirêdo<sup>2</sup>

### **RESUMO**

Na agricultura irrigada, a avaliação dos parâmetros que afetam a qualidade da irrigação é de fundamental importância, especialmente aqueles relacionados à uniformidade de distribuição de água. Objetivou-se com esse trabalho propor uma metodologia para a estimativa da uniformidade de distribuição de vazão de sistemas de irrigação por gotejamento superficial em condições de campo. O procedimento de avaliação consiste de uma técnica gráfica simplificada que usa aproximadamente a metade dos dados coletados, em uma avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento superficial, e também pode ser usada para uma avaliação rápida no campo. Neste procedimento, o tempo para encher um recipiente é usado no lugar da vazão do emissor para determinar a uniformidade. Usando esta técnica, os tempos coletados para preencher o recipiente instalado em suas posições predeterminadas na subunidade, T<sub>max</sub> e T<sub>min</sub>, podem ser calculados como a soma dos quatro maiores e a soma dos quatro menores tempos de descarga dos emissores avaliados, respectivamente. Os exemplos de aplicação mostraram que o coeficiente de uniformidade pode ser determinado usando um gráfico ou uma equação simples, e observou-se, também, que à medida que o valor do coeficiente de uniformidade diminuiu, o erro aumentou, corroborando com a prerrogativa de que se deve analisar eventuais causas da diminuição da uniformidade do sistema quando os valores de CU forem menores que 80%.

**Palavras-chave:** coeficiente de uniformidade, micro irrigação, avaliação de sistemas

## **SIMPLIFIED METODOLOGY FOR FIELD ESTIMATION OF SURFACE DRIP IRRIGATION SYSTEMS UNIFORMITY**

### **ABSTRACT**

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola, D. Sc., Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, e-mail: [sergiolevien@ufersa.edu.br](mailto:sergiolevien@ufersa.edu.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, D. Sc., Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, e-mail: [vladimir@ufersa.edu.br](mailto:vladimir@ufersa.edu.br)

In irrigated agriculture, the evaluation of the parameters affecting the quality of irrigation is of fundamental importance, especially those related to water distribution uniformity. The aim with this work proposes a methodology for the estimation of flow distribution uniformity of surface drip irrigation systems under field conditions. The evaluation procedure consists of a simplified graphical technique which uses approximately half of the collected data, in an evaluation of a surface drip irrigation system, and can also be used for a quick field evaluation. In this procedure, the time to fill a container is used in place of the emitter discharge rate to determine the Uniformity. Using this technique, the listed for filling the container installed in their predetermined positions in the subunit,  $T_{max}$  and  $T_{min}$ , may be calculated as the sum of the four highest and the sum of the four lowest of the emitter discharge times evaluated, respectively. The application examples showed that the uniformity coefficient of the irrigation system can be determined using a chart or a simple equation, and also noted that as the value of the uniformity coefficient declined, the error has increased, corroborating with the prerogative of that must analyze possible causes of decreased system uniformity when CU values are less than 80%.

**Keywords:** uniformity coefficient, micro irrigation, systems evaluation

## INTRODUÇÃO

Na agricultura irrigada, é importante a avaliação dos parâmetros que afetam a qualidade da irrigação, especialmente aqueles relacionados à uniformidade de distribuição de água. A avaliação de campo de sistemas de irrigação por gotejamento é importante por vários fatores: primeiro, para que os técnicos responsáveis pelos projetos confirmem se o mesmo está bem dimensionado e se a uniformidade de aplicação de água nas subunidades de irrigação atingiu as especificações desejadas; segundo, para que o técnico possa verificar se o desempenho da subunidade é aceitável para aplicação de produtos químicos; e em terceiro lugar, porque a avaliação é uma importante ferramenta para diagnosticar os problemas das unidades e subunidades de irrigação (BRALTS; KESNER, 1983; BRALTS; EDWARDS, 1986).

Para a avaliação da uniformidade de aplicação da água, é necessária a obtenção do coeficiente de uniformidade (CU).

Na bibliografia podem ser encontradas referências a vários métodos propostos para estimar a uniformidade de emissão em campo. Destacam-se entre eles: ASAE EP458, Merriam e Keller (1978), Denículi et al. (1980), Bralts e Kesner (1983) e Awulachew et al. (2009).

Na metodologia proposta por Merriam e Keller (1978), seleciona-se uma subunidade representativa da instalação a ser avaliada, onde se escolhe quatro linhas laterais de tal forma que uma será a mais próxima do ponto de alimentação da terciária, outra será a mais distante desse ponto, e as outras duas estarão situadas a um terço e dois terços do comprimento que separa as duas primeiras. Em cada uma das laterais escolhidas selecionam-se os emissores que proporcionam água a quatro plantas, onde a

## METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA A ESTIMATIVA EM CAMPO DA UNIFORMIDADE DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL

primeira será a mais próxima do ponto de alimentação da lateral, a última será a mais distante, e entre as duas, selecionam-se as situadas a um terço e a dois terços da separação entre as duas primeiras. Segundo Keller e Karmeli (1974) o coeficiente de uniformidade é recomendado quando mais da metade da superfície irrigada é molhada; se for menor recomenda-se aumentar o número de pontos avaliados. A variação de vazão permitida na subunidade é de 10%. Recomendam, ainda, que a avaliação de campo do CU deve ser feita de vazões de emissores tomadas de três a cinco locais ao longo de quatro linhas laterais diferentes, igualmente espaçadas ao longo de uma área representativa, sendo que os locais selecionados devem incluir os extremos.

Na metodologia apresentada e recomendada por ASAE EP458 seleciona-se uma subunidade de irrigação, e de acordo com a uniformidade estatística esperada e dos limites de confiança para uma probabilidade de 95% determina-se o número de observações a serem realizadas. A escolha dos emissores é aleatória sendo que alguns devem ser distribuídos no início da linha lateral, alguns no meio e alguns no final da subunidade. Além disso, estas medidas devem ser tomadas nas partes altas do campo e outras nas partes baixas. Podem ser selecionados 18, 36, 72 ou 144 emissores a serem avaliados.

Bralts e Kesner (1983) utilizam o método proposto por Lathrop (1961) de aproximação do desvio padrão de uma distribuição que utiliza a diferença entre duas quantidades extraídas dos extremos da curva de distribuição para

determinar o desvio padrão. Assumindo uma distribuição normal de dados observados e baseados na metodologia de coletas de dados recomendada pela norma ASAE EP458.

Bralts e Kesner (1983) propuseram uma técnica gráfica simplificada que usa aproximadamente um terço dos dados coletados e que pode servir para uma avaliação rápida de campo para determinar a uniformidade na subunidade de irrigação, onde se determinam tempos necessários para encher um recipiente com volume conhecido. Esta técnica supõe que a distribuição das vazões dos emissores é normal e, então, usa a soma dos três maiores tempos e dos três menores tempos usados para encher o recipiente para determinar a uniformidade estatística. Estas alterações não se justificam, pelo aumento da uniformidade, mas pelo aumento da quantidade de usuários deste método, devido a sua facilidade de manuseio.

A metodologia proposta por Bralts e Kesner (1983) é também sugerida e recomendada por ASAE EP458 (1998).

A metodologia proposta por Denículi et al. (1980) baseia-se na metodologia de Merriam e Keller (1978), e propõe que sejam avaliadas quatro linhas laterais, ou seja, a primeira linha, as localizadas a um terço e a dois terços do início da parcela e a última. Em cada linha, são avaliados oito gotejadores, isto é, o primeiro, os localizados a um sétimo, dois sétimos, três sétimos, quatro sétimos, cinco sétimos e seis sétimos do início da mangueira e o último, totalizando 32 gotejadores avaliados por setor ou subunidade.

A metodologia proposta por Awulachew et al. (2009) é similar a metodologia de Merriam e Keller (1978) e recomenda que no caso de irrigação de baixo custo usando kits de baldes ou tambores, deve-se medir em cada linha lateral a vazão de pelo menos quatro emissores, sendo que o número total de emissores avaliados deve ser pelo menos 20.

Segundo Rodrigo López et al. (1992), a determinação de CU com 16 emissores, previamente selecionados, impede a aplicação de critérios estatísticos e, conseqüentemente, a definição dos limites de confiança para uma determinada probabilidade. Este total de plantas poderá ser ou não suficiente, em função dos valores reais de CU. Quanto mais baixo o valor de CU, maior deverá ser o número de observações realizadas. Todavia é comprovado que, a partir de 24 observações, os valores reais de CU praticamente não variam. Em certas situações, a avaliação de 32 ou mais gotejadores por setor pode ser muito laboriosa, sendo possível que a medição em apenas 16 pontos seja suficiente para a determinação da uniformidade de aplicação de água pelo sistema.

Diante disso, objetivou-se com esse trabalho propor uma metodologia a ser usada, no campo, por agricultores e técnicos para determinação da uniformidade de irrigação de sistemas de irrigação por gotejamento superficial, utilizando-se como referência as metodologias de Merriam e Keller (1978) e de Bralts e Kesner (1983).

## MATERIAL E MÉTODOS

Durante um tempo de trabalho (mais de uma década) realizando testes de avaliação de sistemas de irrigação localizada, bem como desenvolvendo treinamento e capacitação de estudantes e técnicos nas regiões da Chapada do Apodi e do Vale do Rio Açu, no Rio Grande do Norte, verificou-se a dificuldade de muitos trabalhadores, bem como irrigantes de assimilarem a metodologia utilizada, tanto de coleta como de estimativa da uniformidade. Pensando-se numa solução deste problema, e pesquisando-se na bibliografia, buscou-se desenvolver uma metodologia de fácil uso e adaptou-se a metodologia proposta por Bralts e Kesner (1983), usando como metodologia de coleta dos dados o sistema proposto por Merriam e Keller (1978).

### Bases teóricas

Para a avaliação da uniformidade de aplicação da água utilizou-se o coeficiente de uniformidade (CU), que é calculado pela equação:

$$CU = \frac{q_{25\%}}{q_{med}} \quad (1)$$

em que,  $q_{25\%}$  é a média dos 25% valores mais baixos das vazões recolhidas pelas plantas, entre todas as medidas no campo, e  $q_{med}$  é a média de todas as vazões recolhidas no campo.

Como foi mencionado anteriormente, procurou-se desenvolver uma metodologia de

METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA A ESTIMATIVA EM CAMPO DA UNIFORMIDADE DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL

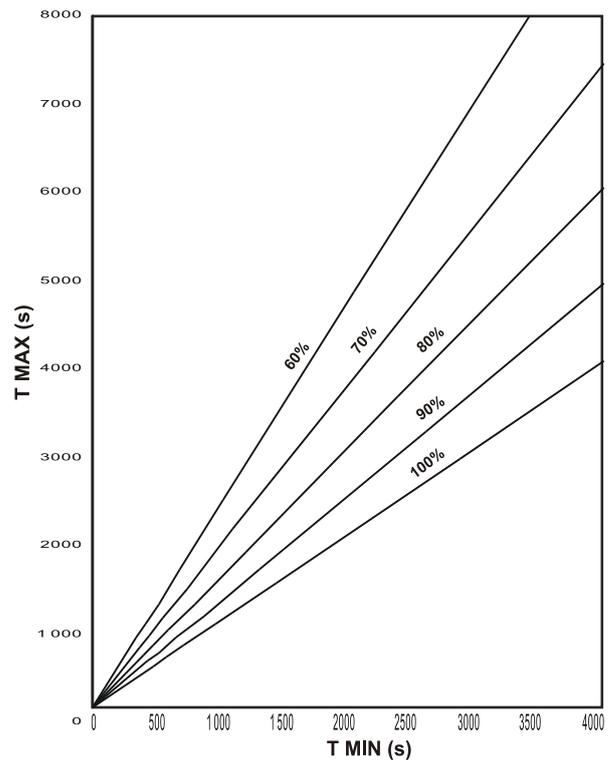
fácil uso em que se adaptou a metodologia proposta por Bralts e Kesner (1983), usando como metodologia de coleta dos dados o sistema proposto por Merriam e Keller (1978).

**Procedimento de avaliação proposto**

O procedimento de avaliação proposto usa uma medida de tamanho conhecido (um recipiente de coleta) para determinar a uniformidade na aplicação da água no sistema de irrigação. O tempo necessário para encher o recipiente é usado como uma medida de uniformidade e vazão. Isto elimina a necessidade de equipamentos especiais. O tempo necessário para encher o recipiente deve ser medido com precisão usando um relógio ou um cronômetro.

Para avaliar a uniformidade de aplicação de água em um sistema de irrigação por gotejamento deve-se tomar um mínimo de 16 medidas, anotando-se o tempo individual necessário para encher cada recipiente. Após a coleta de dados, os tempos medidos devem ser ordenados. Posteriormente, somam-se os quatro maiores tempos, e denomina-se Tempo máximo (Tmax); e somam-se os quatro menores tempos, e denomina-se Tempo mínimo (Tmin).

Os valores de Tmax e Tmin são usados na Figura 1 para determinar a uniformidade de aplicação de água do sistema avaliado em campo.



**Figura 1.** Nomograma para determinação do Coeficiente de Uniformidade no campo.

A Figura 1 foi elaborada considerando-se que a distribuição das vazões na subunidade é representada por uma distribuição normal.

Para elaborar o gráfico procurou-se estabelecer uma faixa de vazão de gotejadores entre 1 e 8 L h<sup>-1</sup>. Para isso os valores usados nos eixos do gráfico são os que estão apresentados no mesmo para que sejam determinados os valores do Coeficiente de Uniformidade.

Este procedimento também pode ser utilizado na avaliação de sistemas de irrigação com microaspersores ou microdifusores. Como a vazão destes emissores são maiores que a vazão dos gotejadores, recomenda-se utilizar um recipiente maior para coleta de água (por exemplo, 1000 ou 2000 mL).

Ao utilizar a Figura 1, dependendo dos valores de Tmax e Tmin, se forem pequenos ou muito grandes, recomenda-se multiplicar ou dividir os valores dos eixos por 2; 5 ou 10, de acordo com a necessidade para uma melhor visualização dos valores de Tmax e Tmin.

O procedimento para uso do gráfico é similar ao proposto por Bralts e Kesner (1983).

Baseado na equação (1) e na Figura 1, também se pode determinar a uniformidade usando as equações, apresentadas a seguir:

$$CU = \frac{T_{min}}{T_{med}} \quad (2)$$

em que, Tmed é a média entre Tmax e Tmin, ou seja,

$$T_{med} = \frac{(T_{max}+T_{min})}{2} \quad (3)$$

Substituindo a equação (3) na equação (2) temos:

$$CU = \frac{2 \cdot T_{min}}{(T_{max}+T_{min})} \quad (4)$$

Para determinar CU em porcentagem, usa-se:

$$CU = \frac{T_{min}}{T_{med}} \cdot 100 \quad (5)$$

ou

$$CU = \frac{2 \cdot T_{min}}{(T_{max}+T_{min})} \cdot 100 \quad (6)$$

Este método é particularmente vantajoso para uso no campo, devido ao número limitado

de dados requeridos e a simplicidade do procedimento. Para facilitar a coleta de dados pode-se fazer uso de um formulário.

### Interpretação dos resultados obtidos

Os valores do coeficiente de uniformidade determinados em campo devem ficar entre 85% e 95%. Quando os valores de CU forem inferiores a 90% deve-se identificar as causas desta baixa uniformidade e tratar de solucioná-las.

O critério geral para interpretar os valores de CU, para sistemas de irrigação por gotejamento superficial em operação, em uma ou mais secções de área é:

- excelente, quando maior que 90%;
- bom, de 80% a 90%;
- regular, de 70% a 80%;
- pobre, de 60% a 70%; e
- inaceitável, quando menores que 60%.

### Resumo do procedimento de avaliação no campo proposto

O procedimento de avaliação no campo proposto pode ser descrito, resumidamente, como a seguir:

1. Por para operar o sistema e deixá-lo funcionando à pressão operacional de projeto o tempo suficiente para remover o ar das linhas.

2. Medir o tempo requerido para encher os recipientes em cada um dos 16 emissores amostrados. Certificar-se de que os emissores amostrados representam todas as partes do sistema de irrigação.

3. Ordenar, em ordem crescente, os tempos medidos.

## METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA A ESTIMATIVA EM CAMPO DA UNIFORMIDADE DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL

4. Calcular  $T_{max}$  somando os quatro maiores tempos amostrados (tempos requeridos pelos emissores avaliados para preencher o recipiente).

5. Calcular  $T_{min}$  somando os quatro menores tempos amostrados (tempos requeridos pelos emissores avaliados para preencher o recipiente).

6. Tendo como referência a Figura 1, determinar a uniformidade da subunidade na intersecção das linhas  $T_{max}$  e  $T_{min}$ .

7. Se preferir, pode-se utilizar a equação (4) ou a equação (6) e determinar a uniformidade da subunidade.

8. Se a uniformidade do campo for baixa deve-se tomar mais dados ou repetir o procedimento para certificar-se de que o sistema está inadequado ou mal projetado.

### Exemplos de aplicação

Para testar o procedimento proposto são apresentados, a seguir, exemplos de aplicação do mesmo.

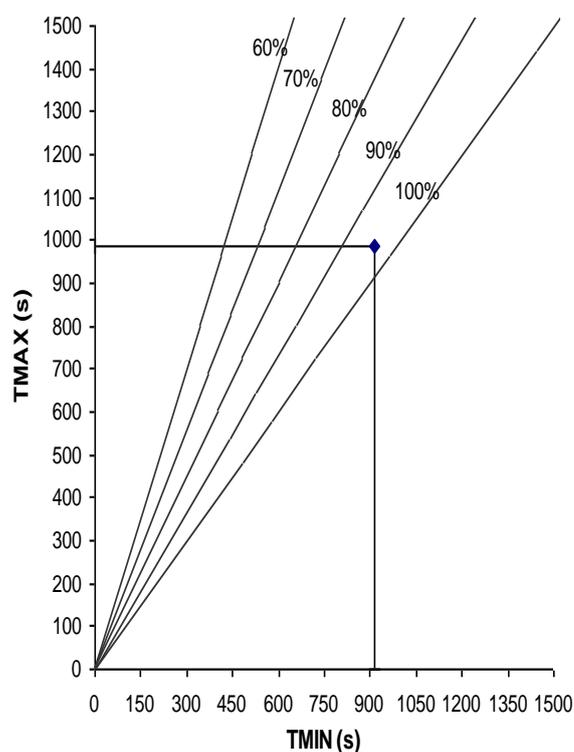
Na Tabela 1 são descritos os valores de tempo (em s), para uma coleta de 200 mL, obtidos por Figueirêdo (2001).

**Tabela 1.** Exemplo de aplicação do gráfico proposto, para a coleta na subunidade 1 no primeiro período de avaliação (tempo em segundos para a coleta de 200 mL)

Distribuição das plantas	Distribuição das laterais			
	Primeira	1/3	2/3	Última
Primeira	234*	224*	214*	236
1/3	243	229*	241	241
2/3	243**	234	238	241
Última	251**	247**	244**	238

\* quatro menores tempos; \*\* quatro maiores tempos

Pode-se calcular o CU utilizando a equação (1), obtendo-se um valor igual a 0,9627. Somando-se os quatro menores tempos ( $T_{min} = 901$  s) e os quatro maiores tempos ( $T_{max} = 985$  s), pode-se estimar o CU graficamente (Figura 2), e verificou-se que o valor obtido é similar aos determinados na avaliação do sistema, para esta subunidade, o que comprovou a boa eficiência deste método. Utilizando-se a equação (4), obteve-se um valor de CU igual a 0,9555, com um erro relativo absoluto de 0,75%, o que corrobora o afirmado anteriormente.



**Figura 2.** Determinação do coeficiente de uniformidade através do gráfico proposto, com os dados obtidos (Tabela 1).

Na Tabela 2 são mostrados os valores de tempo (em s), em ordem crescente, para uma coleta de 100 mL, de 18 emissores utilizando-se a metodologia ASAE EP458, com a respectiva vazão calculada (em  $L h^{-1}$ ), denominados de

Exemplo 2 (apresentados por GOYAL; RIVERA MARTÍNEZ, 2007 e BRALTS, 2013), Exemplo 3 (apresentados por HAMAN et al., 2003 e SMAJSTRLA et al., 2008), e Exemplo 4 (apresentados por BRALTS; KESNER, 1983 e ASAE EP458, 1998).

**Tabela 2.** Exemplos utilizados para aplicação da metodologia proposta, retirados de trabalhos da bibliografia (tempo em segundos para a coleta de 100 mL)

Exemplo 2			Exemplo 3			Exemplo 4		
V (mL)	t (s)	q (L h <sup>-1</sup> )	V (mL)	t (s)	q (L h <sup>-1</sup> )	V (mL)	t (s)	q (L h <sup>-1</sup> )
100	87	4,14	100	62	5,81	100	61	5,90
100	89	4,04	100	64	5,63	100	64	5,63
100	91	3,96	100	64	5,63	100	65	5,54
100	92	3,91	100	65	5,54	100	67	5,37
100	93	3,87	100	66	5,45	100	68	5,29
100	94	3,83	100	67	5,37	100	68	5,29
100	96	3,75	100	68	5,29	100	69	5,22
100	97	3,71	100	72	5,00	100	71	5,07
100	98	3,67	100	72	5,00	100	75	4,80
100	99	3,64	100	74	4,86	100	75	4,80
100	100	3,60	100	76	4,74	100	77	4,68
100	100	3,60	100	77	4,68	100	79	4,56
100	102	3,53	100	78	4,62	100	81	4,44
100	103	3,50	100	80	4,50	100	81	4,44
100	104	3,46	100	81	4,44	100	85	4,24
100	107	3,36	100	86	4,19	100	85	4,24
100	108	3,33	100	88	4,09	100	89	4,04
100	110	3,27	100	90	4,00	100	90	4,00
	q25%			q25%			q25%	
	=	3,39		=	4,24		=	4,19
Eq (1)	qmed		Eq (1)	qmed		Eq (1)	qmed	
	=	3,68		=	4,94		=	4,86
	CU =	0,9208		CU =	0,8600		CU =	0,8619
	Tmin			Tmin			Tmin	
	=	359		=	255		=	257
Eq (4)	Tmax		Eq (4)	Tmax		Eq (4)	Tmax	
	=	429		=	345		=	349
	CU =	0,9112		CU =	0,8500		CU =	0,8482

Analisando-se os dados apresentados na Tabela 2 verificou-se que no Exemplo 2 o valor de CU determinado com a equação (1) foi igual a 0,9208 e usando a equação (4) o valor foi igual a 0,9112. No Exemplo 3, o valor de CU foi igual a 0,8600 (equação (1)) e a 0,8500 (equação (4)). Já, com os dados do Exemplo 4 o valor de CU calculado através da equação (1) foi igual a 0,8619 e igual a 0,8482, calculado pela equação (4).

Verifica-se, ainda, que os valores calculados pela equação proposta na metodologia simplificada apresentada neste trabalho foram próximos dos valores determinados pela metodologia proposta na literatura para determinação da Uniformidade (equação (1)).

Quando se compara o CU, determinado pelas equações (1) e (4), pode-se observar um erro relativo absoluto de 1,04%, 1,16% e 1,59% nos exemplos 2, 3 e 4, respectivamente. Isto representa uma variação muito baixa para uma determinação simples no campo, justificando-se assim a utilização da solução gráfica.

Observou-se, também, que à medida que o valor do CU diminuiu o erro apresentou uma tendência a aumentar, e vice-versa, corroborando com a prerrogativa de que se deve analisar eventuais causas da diminuição da uniformidade do sistema quando os valores de CU estão abaixo dos 80%.

Em sistemas de irrigação que estão operando a mais de um ano com CU entre excelente e bom é uma preliminar para atestar o

## METODOLOGIA SIMPLIFICADA PARA A ESTIMATIVA EM CAMPO DA UNIFORMIDADE DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SUPERFICIAL

manejo prático do sistema, mas, entretanto, quando CU está entre pobre e regular ou próximo de pobre (mais ou menos 70%), usualmente pode indicar entupimento total ou parcial dos emissores, deterioração dos emissores, ou problemas na regulação da pressão do sistema.

Diante disso a metodologia simplificada, proposta para avaliação do sistema de irrigação, demonstrou ser bem eficiente, comprovadamente pelos testes realizados, podendo o responsável técnico pela condução da irrigação na propriedade proceder à coleta de dados e, através do gráfico ou das equações, verificar como está funcionando o sistema de irrigação.

### CONCLUSÕES

Os exemplos de aplicação mostraram que o coeficiente de uniformidade pode ser determinado usando o gráfico ou equação objeto de estudo.

Observou-se que à medida que o valor do coeficiente de uniformidade diminuiu, o erro aumentou, corroborando com a prerrogativa de que se deve analisar eventuais causas da diminuição da uniformidade do sistema quando os valores de CU forem menores que 80%.

### REFERÊNCIAS

- ASAE EP458. Field evaluation of microirrigation systems. In: **ASAE Standards 1998**, St. Joseph: ASAE, 1998. p. 908-914.
- AWULACHEW, S.B.; LEMPERIERE, P.; TULU, T. **Training manual on agricultural water management**. IWMI, ILRI, Adama University, Ethiopia, 2009. 235 p.
- BRALTS, V.F. Evaluation of the uniformity coefficients. In: GOYAL, M.R. (Ed.) **Management of drip/trickle or micro irrigation**. Point Pleasant: Apple Academic Press, 2013. Chapter 14, p. 261-270.
- BRALTS, V.F.; EDWARDS, D. M. Field evaluation of drip irrigation submain units. **Transactions of the ASAE**, v. 29, n. 6, p. 1659-1664, 1986.
- BRALTS, V.F.; KESNER, C.D. Drip irrigation field uniformity estimation. **Transactions of the ASAE**, v. 26, n. 5, p. 1369-1374, 1983.
- DENICULI, 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**, v. 27, n. 150, p. 155-162, 1980.
- FIGUEIRÊDO, V.B. **Manejo da irrigação baseado na avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento em uma propriedade do município de Baraúna-RN**. 2001. 43 p. Monografia (Curso de Agronomia), Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), Mossoró, RN.
- GOYAL, M.R.; RIVERA MARTÍNEZ, L.E. Evaluación de la uniformidad de riego. In: GOYAL, M.R.; RAMIREZ BUILES, V.H. (Eds.) **Manejo de riego por goteo**. 2 ed. Servicio de Extensión Agrícola del Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico, USA; Universidad de

Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia, 2007. Cap. XV, p. 389-402.

HAMAN, D.Z.; SMAJSTRLA, A.G.; PITTS, D.J. **Uniformity of sprinkler and microirrigation systems for nurseries.** Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. BUL321, 2003. 8 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v. 17, n. 4, p. 678-684, 1974.

LATHROP, R.L. A quick-but accurate-approximation to the standard deviation of a distribution. **Journal of Experimental**

**Education**, v. 29, n. 3, p. 319-321, 1961.

MERRIAM, J.L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management.** 3 ed. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

RODRIGO LÓPEZ, J.; HERNANDEZ ABREU, J. M.; PEREZ REGALADO, A., GONZALEZ HERNANDEZ, J. F. **Riego localizado.** Madrid: MAPA-YRIDA, Ediciones Mundi-Prensa, 1992. 405 p.

SMAJSTRLA, A.G.; BOMAN, B.J.; HAMAN, D.Z.; PITTS, D.J.; ZAZUETA, F.S. **Field evaluation of microirrigation water application uniformity.** Agricultural and Biological Engineering Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. BUL265, 2008. 8 p.