



AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PELAS METODOLOGIAS DE KELLER E KARMELI, E DE DENÍCULI EM CITROS IRRIGADOS POR GOTEJAMENTO

Ângela Ionara Fernandes¹, Marco Antônio Rosa de Carvalho², Lilian Cristina Castro de Carvalho³, Aristides Martins dos Santos Neto⁴

RESUMO

Para uma adequada irrigação é necessária a determinação da uniformidade de distribuição de água. A mesma deve ser realizada frequentemente como forma de garantir a qualidade da irrigação. Nos trabalhos de campo existe consenso de medidas em quatro linhas laterais, mas também existem dúvidas relacionadas ao número de medidas necessárias dentro de uma mesma linha lateral, sendo recomendadas quatro medidas (Método de Keller e Karmeli, 1974) e oito (Método de Denículi et al., 1980). Este trabalho foi realizado no Distrito de Irrigação Baixo Acaraú (DIBAU), em novembro de 2010 e teve como objetivo fazer um estudo da avaliação de um sistema de irrigação por gotejamento em citros, com a medição de 16 (Método de Keller e Karmeli, 1974) e 32 (Método de Denículi et al., 1980) gotejadores. A avaliação foi feita a partir de dados obtidos pela aplicação dos dois métodos, sendo utilizados como referência para a avaliação, os respectivos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) calculados com base no censo das vazões dos emissores instalados.

PALAVRAS-CHAVE: Teste de vazão, perda de carga, desuniformidade.

IRRIGATION SYSTEM EVALUATION BY KELLER AND KARMELI AND BY DENÍCULI METHODOLOGIES, IN CITRUS BY DRIP IRRIGATION

SUMMARY

For an adjusted irrigation the determination of the uniformity of water distribution is necessary. The same one must be carried through frequently as form to guarantee the irrigation quality. In field works, there is a consensus of measures for four lateral lines, but there are also doubts related to the number of necessary measures inside of a same lateral line, being recommended four measures (Keller and Karmeli, 1974 Method) and eight (Denículi et al., 1980 Method). This work was done in the Irrigation District of Baixo Acaraú (DIBAU), in November of 2010 and had as objective to make a study of the evaluation of a irrigation system for dripping in citrus, with the measurement of 16 (Keller and Karmeli, 1974 Method) and 32 (Denículi et al., 1980 Method) drips. The evaluation was done from data gotten for the application of the two methods, being used as reference for the evaluation, the respective distribution uniformity coefficients (CUD) calculated on the basis of the outflows census of the installed drips.

KEYWORDS: Flow test, pressure loss, disuniformity.

¹ Tecnóloga em Irrigação e Drenagem, IFCE, Campus Sobral. E-mail: angelayonnara@hotmail.com.

² Prof. Dr. em Irrigação e Drenagem, IFCE, Campus Sobral, CEP: 62.040-730, Sobral-CE. Fone: (88) 3112 8143. E-mail: marcorosa@ifce.edu.br.

³ Profa. Dra. em Irrigação e Drenagem, IFCE, Campus Sobral, E-mail: liliancarv@ifce.edu.br.

⁴ Esp. em Irrigação e Drenagem, Instituto Inovagri, Acaraú-CE. E-mail: aristidesn_07@yahoo.com.br.

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PELAS METODOLOGIAS DE KELLER E KARMELI, E DE DENÍCULI EM CITROS IRRIGADOS POR GOTEJAMENTO

INTRODUÇÃO

Os parâmetros que permitem determinar a uniformidade de distribuição em um sistema de irrigação são de grande importância, pois podem indicar eventuais problemas que estão ocorrendo no sistema de irrigação no campo (AVELINO NETO, 2000).

São disponíveis diferentes métodos para avaliação dessa uniformidade, gerando, no entanto, coeficientes sem base de comparação. Devido ao crescimento da área irrigada por sistemas localizados e a importância da avaliação da sua uniformidade de distribuição, destaca-se a necessidade de correlação entre os diferentes métodos aplicáveis.

Na avaliação desses métodos a desuniformidade de gotejadores pode ser atribuída principalmente à falta de manutenção, sistemas mal dimensionados, ou que estão em uso há determinado tempo. Assim, enquanto uma fração de área é irrigada em excesso, em outra ocorre o déficit de água, não atendendo as necessidades hídricas das plantas (SILVA e SILVA, 2005).

A uniformidade da irrigação tem efeito direto no rendimento de culturas, por isso, é considerada como um dos fatores mais importantes no dimensionamento e na operação de sistemas irrigados (BARRETO FILHO et al., 2000).

Mantovani et al. (2007) salientam que a avaliação de um sistema de irrigação localizada tem o mesmo princípio da

avaliação de outros sistemas, consistindo na coleta de vazões e/ou lâminas aplicadas.

Um modo prático de representar, numericamente, a uniformidade de aplicação de um sistema de irrigação é o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) apresentado originalmente por Keller e Karmeli (1974), que indica a uniformidade de aplicação ao longo do sistema e é baseado na razão entre as vazões mínimas e médias dos emissores. Calcula-se a partir da equação 1, que se segue:

$$CUD = 100 \cdot \frac{q_{25\%}}{q_m} \quad . (1)$$

Em que:

CUD – Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);

$q_{25\%}$ - vazão média dos 25% menores valores de vazão observada ($L h^{-1}$) e

q_m – média de todas as vazões ($L h^{-1}$)

Keller e Karmeli (1974) sugerem a coleta de vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral, ou seja, do primeiro gotejador, dos gotejadores situados a $1/3$ e $2/3$ do comprimento da linha e o último gotejador. O posicionamento das linhas selecionadas dentro do setor, ao longo da linha de derivação, deve ser da seguinte forma: a primeira, as situadas a $1/3$ e $2/3$ do comprimento e a última linha lateral. Assim, resultará em 16 valores, como são apresentados na Figura 1.

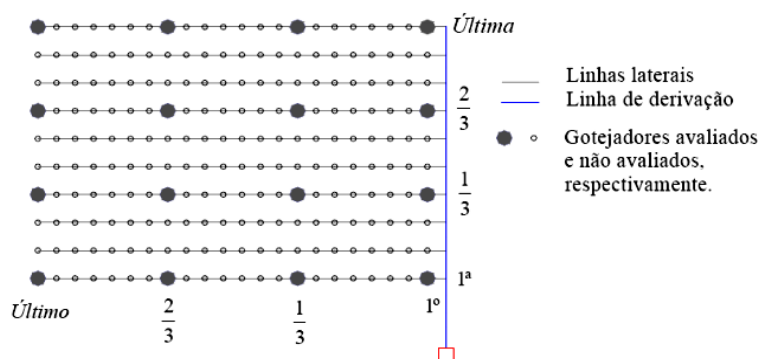


Figura 1 – Esquema da metodologia de determinação da uniformidade em gotejamento por Keller e Karmeli (1974), adaptado de Silva e Silva (2005).

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PELAS METODOLOGIAS DE KELLER E KARMELI, E DE DENÍCULI EM CITROS IRRIGADOS POR GOTEJAMENTO

O método proposto por Denículi et al. (1980) propõe a avaliação de um número maior de pontos ao longo da linha selecionada. Em razão do pequeno número de pontos amostrados em cada linha lateral, principalmente em se tratando de

linhas laterais de maior comprimento, pois se perde a representatividade. A coleta da vazão é feita em oito gotejadores por linha lateral: do primeiro emissor, dos emissores situados à posição, $1/7$, $2/7$, $3/7$, $4/7$, $5/7$, $6/7$, e do último emissor (Figura 2).

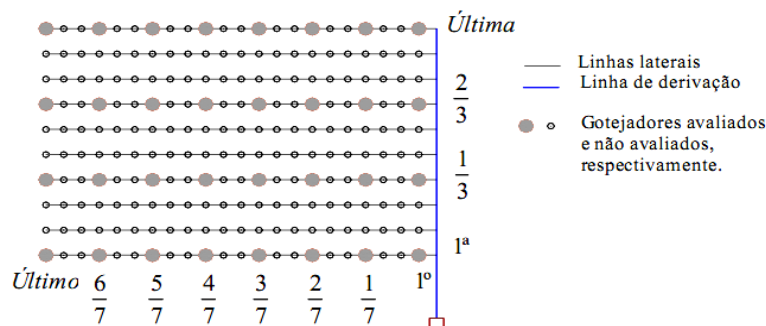


Figura 2 – Esquema da metodologia de determinação da uniformidade em gotejamento por Denículi et al. (1980), adaptado de Silva e Silva (2005)

Este Coeficiente é definido como a medida da distribuição da água que relaciona a quarta parte da área total que recebe menos água com a lâmina média aplicada. Segundo Rezende et al. (1998), caso toda a área receba no mínimo a lâmina real necessária, um baixo valor de CUD indicaria excessiva perda por percolação.

Segundo Pizarro Cabello (1996), quanto maior o valor do CUD mais cara será a instalação de irrigação, já que para haver uma menor variação da vazão na subunidade de irrigação a distribuição da pressão na rede hidráulica tem que ficar mais uniforme, exigindo maiores diâmetros de tubulações, menores comprimentos das tubulações laterais e maior investimento em reguladores de pressão.

Neste trabalho foi avaliado um sistema de irrigação por gotejamento, em citros. Para determinar a uniformidade de aplicação da água foram comparados os métodos propostos por Keller e Karmeli (1974), com 16 gotejadores e o método de Denículi et al. (1980) com 32 gotejadores, avaliados dentro da parcela irrigada.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação foi conduzida no Distrito de Irrigação Baixo Acaraú - DIBAU, em novembro de 2010, em um sistema de irrigação localizada com gotejadores da marca Netafim, autocompensantes, espaçados de 0,8 m entre si e 6,0 metros entre linhas, com aproximadamente 2 anos de funcionamento, instalado em uma lavoura de citros, na cultura da Tangerina Mexericã Rio, seguindo as metodologias propostas por Keller e Karmeli (1974) e por Denículi et al. (1980).

Foram avaliadas 4 linhas laterais, de PVC flexível, com diâmetro de 16 mm, dispostas da seguinte forma: a primeira linha, as localizadas a $1/3$, a $2/3$ do início da parcela e a última. Em cada lateral, foram avaliados inicialmente 4 gotejadores por linha, o primeiro, os situados a $1/3$, $2/3$ e o último, seguindo o método de Keller e Karmeli (1974), totalizando 16 gotejadores, logo após foram avaliados 8 gotejadores, isto é, o primeiro, os localizados a $1/7$, $2/7$, $3/7$, $4/7$, $5/7$, $6/7$ do início da linha e o último, seguindo o método de Denículi et al. (1980), totalizando 32 gotejadores avaliados.

As vazões dos gotejadores foram determinadas utilizando-se um recipiente

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PELAS METODOLOGIAS DE KELLER E KARMELI, E DE DENÍCULI EM CITROS IRRIGADOS POR GOTEJAMENTO

para coleta da água, uma proveta de 500 ml para medição do volume e um cronômetro digital para controle do tempo (cinco minutos), com três repetições efetuadas em cada emissor por planta.

Para as medidas de pressão, foi utilizado um manômetro digital, modelo Salpress 1000, com junções plásticas, graduado de 0 a 5 Kg/cm². As medições

foram feitas no início e no final das 4 linhas laterais selecionadas.

Os dados coletados (mL) foram anotados em planilhas de campo, transformados em vazões (L h⁻¹) e processados para determinação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição - CUD.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando a Metodologia de Keller e Karmeli (1974), foram determinados os valores das vazões medidas nos dezesseis

gotejadores dos pontos de amostragem nas linhas laterais, com três repetições por um tempo de cinco minutos, estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Vazão dos gotejadores avaliados pela Metodologia de Keller e Karmeli (1974)

Linha	Pressão (atm)	Repetição	Volume dos Gotejadores L h ⁻¹			
			1º emissor	11º emissor	21º emissor	Último emissor
1	Início 0,50	1	3,5	2,42	2,26	2,54
		2	3,47	2,41	2,28	2,55
	Final 0,17	3	3,54	2,42	2,25	2,53
		Média	3,50	2,42	2,26	2,54
6	Início 0,50	1	4,15	2,68	2,25	2,54
		2	4,16	2,69	2,24	2,53
	Final 0,25	3	4,14	2,67	2,23	2,52
		Média	4,15	2,68	2,24	2,53
11	Início 0,48	1	3,9	2,18	3,07	2,54
		2	3,85	2,18	3,08	2,55
	Final 0,16	3	3,95	2,18	3,06	2,53
		Média	3,9	2,18	3,07	2,54
17	Início 0,44	1	3,84	2,44	2,09	2,21
		2	3,85	2,46	2,07	2,23
	Final 0,13	3	3,83	2,42	2,08	2,22
		Média	3,84	2,44	2,08	2,22

De acordo com os resultados da tabela 1, pode-se analisar uma variação considerável da vazão, variando entre 2,07 a 4,16 L h⁻¹, tais variações são consideradas inaceitáveis para sistemas de irrigação por gotejamento. Na estimativa do valor do CUD foram analisadas as quatro menores vazões, isto é, um quarto da amostra, pela média de todas as vazões coletadas, resultando no valor de 78%, o que confere um resultado razoável na

classificação de Merriam e Keller (1978).

Usando a Metodologia de Denículi et al. (1980) as vazões coletadas nos trinta e dois gotejadores apresentaram uma variação ainda mais expressiva ao longo da lateral e entre as laterais, isto se deve ao fato desta metodologia avaliar um número maior de emissores por linha. Os valores da vazão tiveram uma variação entre 1,61 Lh⁻¹ a 4,16 Lh⁻¹, como pode ser visto na Tabela 2.

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PELAS METODOLOGIAS DE KELLER E KARMELI, E DE DENÍCULI EM CITROS IRRIGADOS POR GOTEJAMENTO

Tabela 2 – Vazão dos gotejadores avaliados pela Metodologia de Denículi et al. (1980)

Linha	Pressão (atm)	Repetição	Vazão dos Gotejadores L h ⁻¹							
			1º emissor	1/7 emissor	2/7 emissor	3/7 emissor	4/7 emissor	5/7 emissor	6/7 emissor	Último emissor
1	Início	1	3,5	3,4	2,87	2,5	2,18	1,93	1,6	2,54
	0,50	2	3,47	3,3	2,88	2,6	2,17	1,92	1,62	2,55
	Final	3	3,54	3,5	2,89	2,4	2,19	1,91	1,61	2,53
	0,17	Média	3,50	3,40	2,88	2,50	2,18	1,92	1,61	2,54
6	Início	1	4,15	3,36	2,53	2,4	2,5	2,46	2,63	2,54
	0,50	2	4,16	3,35	2,54	2,5	2,6	2,47	2,62	2,53
	Final	3	4,14	3,37	2,55	2,3	2,4	2,45	2,61	2,52
	0,25	Média	4,15	3,36	2,54	2,4	2,5	2,46	2,62	2,53
11	Início	1	3,9	3,77	3,61	3,31	2,79	3,15	3,18	2,54
	0,48	2	3,85	3,78	3,63	3,33	2,78	3,14	3,17	2,55
	Final	3	3,95	3,76	3,62	3,32	2,77	3,13	3,16	2,53
	0,16	Média	3,9	3,77	3,62	3,32	2,78	3,14	3,17	2,54
17	Início	1	3,84	3,13	2,91	2,71	2,65	2,98	2,79	2,21
	0,44	2	3,85	3,12	2,95	2,71	2,64	2,99	2,75	2,23
	Final	3	3,83	3,11	2,84	2,71	2,63	2,97	2,77	2,22
	0,13	Média	3,84	3,12	2,9	2,71	2,64	2,98	2,77	2,22

Esta diferença pode ser atribuída a diversos fatores, dentre eles se destacam as perdas de cargas ao longo do tubo e das inserções dos emissores, dos ganhos e perdas de energia de posição, da qualidade do tubo, das obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e geometria do emissor.

Neste método, devido a um número maior de coletas, ao calcularmos o valor do CUD, foi obtido um resultado ainda mais baixo, 77% sendo, considerado também razoável segundo a classificação de Merriam e Keller (1978), que classifica como ruim, sistemas de irrigação por gotejamento com CUD inferior a 70%, razoável entre 70% e 80%, bom entre 80% e 90% e excelente quando o CUD for superior a 90%.

Outro ponto observado refere-se a valores de pressões intoleráveis, visto que a pressão no final da linha corresponde a uma perda de carga superior aos 10% admitidos na irrigação localizada (LÓPEZ et al., 1992).

A pressão de entrada foi muito superior a pressão de saída em todas as linhas laterais, pelos valores apresentados

nas tabelas, foram determinadas as perdas de carga na primeira linha (linha 1), na segunda linha (linha 6), na terceira linha (linha 11) e na quarta linha (linha 17), que foram respectivamente: 66 %, 50 %, 66,7 % e 70,5 %.

Na avaliação de 31 sistemas de irrigação por gotejamento, em culturas de café situadas em Minas Gerais e Espírito Santo, Souza et al. (2006) constataram: 1 sistema com CUD ruim (3,2%), 10 sistemas com CUD razoável (32,3%), 8 sistemas com CUD bom (25,8%) e 12 sistemas com CUD excelente (38,7%).

Com relação à qualidade dos gotejadores, um coeficiente de variação de fabricação baixo, a variação das características do gotejador devido à temperatura, problemas com entupimento e tempo de uso, são os fatores que mais afetam a uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento (SOLOMON, 1985; PIZARRO CABELLO, 1996).

CONCLUSÕES

A uniformidade no sistema de irrigação por gotejamento, na área do experimento é afetada por diversos fatores dentre os quais se destacam os fatores

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PELAS METODOLOGIAS DE KELLER E KARMELI, E DE DENÍCULI EM CITROS IRRIGADOS POR GOTEJAMENTO

hidráulicos e a falta de manutenção, resultando numa má distribuição da água, ocasionando prejuízos à produtividade.

O Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) foi inferior ao recomendado para sistemas de irrigação localizada, em ambos os métodos utilizados.

A baixa uniformidade de distribuição também foi causada por variações da pressão ao longo do sistema (déficit de entrada e saída). As duas metodologias aplicadas classificaram a uniformidade do sistema de irrigação como razoável, sendo

78% para Keller e Karmeli, 1974 (16 gotejadores) e 77% para Denículi et al., 1980 (32 gotejadores).

Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que para a avaliação de um sistema onde o comprimento das linhas laterais é acima de 100 m é recomendado a utilização de 32 pontos (Método de Denículi et al., 1980) como forma de assegurar resultados mais representativos da uniformidade de distribuição de água, principalmente quando se utiliza o CUD.

AGRADECIMENTOS

Ao proprietário da área onde foi realizada a avaliação do sistema de irrigação, o Sr. Rêgolo Jannuzzi Cecchettini, que disponibilizou

gentilmente o seu lote e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, Campus Sobral, pelo apoio.

REFERÊNCIAS

AVELINO NETO, S. **Desempenho hidráulico de tubos de emissão em módulos de irrigação sob adução por gravidade**. 2000. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Água e Solo. Unicamp, Campinas. 2000.

BARRETO FILHO, A. A. et al. Desempenho de um Sistema de Irrigação por Microaspersão instalado a nível de campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000.

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-MG, v. 27, n. 150, p 155-162, 1980.

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

LÓPEZ, R. J.; ABREU J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F.

G. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 405p.

MANTOVANI, E. C.; SALASSIER, B; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. Ed. Atual. E ampl. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 358 p.

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

PIZARRO CABELO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación**, 3. Ed., Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996, 413 p.

REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L. de . Influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 257-261, 1998.

AValiaÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO PELAS METODOLOGIAS DE KELLER E KARMELI, E DE DENÍCULI EM CITROS IRRIGADOS POR GOTEJAMENTO

SILVA, C. A., SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de Irrigação localizada - **Revista Científica Eletrônica de Agronomia** - publicação científica da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal de Garça /FAEF. Ano IV n.8, 2005.

SOLOMON, K. H. Global uniformity of trickle irrigation system. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 4, p. 1151 – 1158, 1985.

SOUZA, L. O. C. de, MANTOVANI, E. C., SOARES, A. A., RAMOS, M. M., FREITAS, P. S. L. de, Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 541 – 548, 2006.