

DIFERENTES EQUAÇÕES PARA CÁLCULO DA UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA: IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

F. F. da CUNHA¹; J. A. R. de SOUZA¹; M. R. VICENTE¹; M. M. RAMOS²;
R. O. BATISTA¹; C. A. B. de ALENCAR¹; R. C. G. da SILVA¹

RESUMO: Objetivou-se no presente trabalho comparar as equações que calculam a uniformidade de aplicação de água para sistemas de irrigação localizada. Os sistemas de irrigação foram microaspersão e gotejamento. Avaliou-se 20 equipamentos por meio do teste de uniformidade de distribuição de água. As equações utilizadas foram: coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), de distribuição (CUD), absoluto (CUA), estatístico (CUE), de Hart (CUH), de Benami e Hore (CUBH) e eficiência padrão da HSPA (UDH). Para análise estatística, considerou o CUD a equação padrão, em que as demais foram comparadas com auxílio do teste t para dados pareados. O CUD não diferiu dos valores encontrados pelo CUH e UDH e apresentaram valores superiores as demais equações estudadas.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência de irrigação, microaspersão, gotejamento, CUD e CUC.

DIFFERENT EQUATIONS FOR CALCULATION OF THE UNIFORMITY OF WATER APPLICATION: TRICKLE IRRIGATION

SUMMARY: It was aimed in the present work to compare the equations that calculate the uniformity of water application for systems of trickle irrigation. The irrigation systems were micro-sprinkler and drip irrigation. It was evaluated 20 equipments by means of the test of uniformity of water distribution. The used equations were: coefficient of uniformity of Christiansen (CU), of distribution (DU), absolute (UA), statistical (UE), of Hart (UH), of Benami and Hore (UBH) and standard of HSPA efficiency (DH). Para statistical analysis, considered DU the equation pattern, in that the others were compared with aid of the test “t”. DU didn't differ of the values found by UH and DH and they presented largest values the other studied equations.

KEYWORDS: Irrigation efficiency, micro-sprinkler, drip irrigation, DU and CU.

¹ Pós-Graduando em Engenharia Agrícola, DEA/UFV, Viçosa-MG, E-mail: cunhaff@yahoo.com.br; jarstec@yahoo.com.br; marcelo@irriga.com.br; eng.batista@gmail.com; c.brasileiro@yahoo.com.br; rodrigocharnet@hotmail.com

² D.S., Professor, DEA/UFV, Viçosa-MG, E-mail: mmramos@ufv.br

INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada, pois existe tendência de aumento no custo da energia e de redução da disponibilidade hídrica dos mananciais. Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada é a que propicia a maior eficiência de irrigação, uma vez que as perdas na aplicação de água são relativamente pequenas, considerando-se que, quando bem projetada e manejada, a área máxima molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, com área mínima molhada de 20% nas regiões úmidas e de 30% nas regiões de clima semi-árido (BARRETO FILHO et al., 2000).

A irrigação por microaspersão e por gotejamento constitui os principais sistemas de irrigação localizada. O sistema microaspersão é caracterizado por apresentar pressão operacional menor que 207 kPa, vazão de 20 a 100 L h⁻¹ e diâmetro de alcance dos emissores variando de 1,5 a 10 m.

Por melhor que seja o sistema de irrigação, a distribuição da água aplicada jamais será plenamente uniforme, e a mensuração dessa variabilidade é fundamental na avaliação do desempenho da irrigação. Diante disso, KELLER & BLIESNER (1990) comentam que é recomendável, após a instalação de um sistema de irrigação, proceder-se a testes de campo, com objetivo de se verificar a adequação da irrigação recomendando, quando necessário, ajustes na operação e, principalmente, no manejo.

Vários são os fatores que influenciam na uniformidade de distribuição de água de sistemas de irrigação localizada. Diante disso, objetivou-se com o presente trabalho comparar os valores de uniformidade de aplicação de água de sistema de irrigação por microaspersão e gotejamento calculados por diferentes equações.

MATERIAL E MÉTODOS

Os sistemas de irrigação avaliados foram microaspersão e gotejamento. Para cada sistema, avaliou-se 20 equipamentos por meio do teste de uniformidade de distribuição da água. Para esse teste, foram selecionadas no mesmo setor de irrigação, 4 linhas e em cada linha 4 microaspersores ou gotejadores, totalizando em 16 pontos amostrados. Em cada ponto foi coletada a vazão pelo volume coletado dividido pelo respectivo tempo. O tempo de cada teste foi maior ou igual a metade do tempo em que o sistema de irrigação funcionava durante as irrigações praticadas pelos irrigantes.

De posse aos dados coletados, calculou-se a uniformidade de aplicação de água por meio dos coeficientes de uniformidade CUC, CUD, CUA, CUE, CUH, UDH e CUBH pelas Equações 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente.

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

$$CUD = 100 \frac{X_{25\%}}{\bar{X}} \quad (2)$$

$$CUA = 50 \left[\frac{X_{25\%}}{\bar{X}} + \frac{\bar{X}}{X_{12,5\%}} \right] \quad (3)$$

$$CUE = 100 \left[1 - \frac{S}{\bar{X}} \right] \quad (4)$$

$$CUH = 100 \left\{ 1 - \sqrt{\frac{2}{\pi} \left(\frac{S}{\bar{X}} \right)} \right\} \quad (5)$$

$$UDH = 100 \left(1 - 1,27 \frac{S}{\bar{X}} \right) \quad (6)$$

$$CUBH = 166 \frac{N_A}{N_B} \left[\frac{2 T_B + D_B M_B}{2 T_A + D_A M_A} \right] \quad (7)$$

em que, CUC é o coeficiente de uniformidade de Christiansen, em %; CUD é o coeficiente de uniformidade de distribuição, em %; CUA é o coeficiente de uniformidade absoluto, em %; CUE é o coeficiente de uniformidade estatístico, em %; CUH é o coeficiente de uniformidade de Hart, em %; UDH é a eficiência padrão da HSPA, em %; CUBH é o coeficiente de uniformidade de Benami e Hore, em %; X_i a precipitação observada nos coletores, em mm; \bar{X} a média das precipitações, em mm; n o número de coletores; $X_{25\%}$ a média de 25% do total de coletores, com as menores precipitações, em mm; $X_{12,5\%}$ a média de 12,5% do total de coletores, com as maiores precipitações, em mm; S o desvio-padrão dos dados de precipitação, em mm; M_A a média do grupo de dados de precipitação acima da média geral, em mm; M_B a média do grupo de dados de precipitação abaixo da média geral, em mm; D_A a diferença entre o número de dados de precipitação abaixo e acima de M_A , em decimal; D_B a diferença entre o número de dados de precipitação abaixo e acima de M_B , em decimal; N_A o número de dados de precipitação acima da média geral, em decimal; N_B o número de dados de precipitação abaixo da média geral, em decimal; T_A a soma dos dados de precipitação acima de M_A , em mm; e T_B a soma dos dados de precipitação abaixo de M_B , em mm.

Para comparar as equações, considerou o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) a equação padrão. As comparações foram realizadas com auxílio do teste t para dados pareados utilizando 1% de significância. Para execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico SAEG 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, verifica-se para o sistema de irrigação por microaspersão que as equações para cálculo da uniformidade de aplicação de água, CUH e UDH não diferiram ($p>0,01$) dos valores encontrados pelo CUD. Já as demais equações estudadas, apresentaram valores superiores ($p<0,01$) que os encontrados pelo CUD. BARRETO FILHO et al. (2000) utilizando as equações CUD e CUE para avaliarem a uniformidade de aplicação de água em três culturas por microaspersão verificaram também que os valores obtidos pelo CUD foram inferiores que os obtidos pelo CUE.

Tabela 1 – Valores de uniformidade de aplicação de água calculado por diferentes equações para testes realizados no sistema de irrigação por microaspersão

Teste	Equações						
	CUD	CUC	CUA	CUE	CUH	UDH	CUBH
1	95,92	97,58	95,72	96,90	85,95	96,06	155,88
2	93,45	93,90	89,83	92,18	77,69	90,07	64,04
3	87,75	93,33	86,56	89,79	74,50	87,03	106,48
4	81,80	88,87	81,05	84,51	68,60	80,33	157,85
5	74,67	84,98	74,65	80,14	64,44	74,78	85,80
6	73,06	84,77	75,00	78,70	63,18	72,95	137,49
7	59,67	79,73	62,96	64,02	52,14	54,30	194,41
8	52,60	75,43	64,67	64,73	52,61	55,21	148,58
9	52,78	75,83	59,35	62,65	51,23	52,56	151,30
10	45,86	72,61	59,78	58,44	48,56	47,21	103,17
11	36,85	65,67	51,65	54,05	45,92	41,65	82,66
12	38,75	65,96	51,75	53,51	45,60	40,95	71,06
13	27,49	62,24	39,36	46,32	41,54	31,83	72,87
14	23,17	55,14	43,65	47,04	41,94	32,74	58,32
15	10,43	52,42	36,68	40,85	38,64	24,88	39,71
16	20,70	57,30	33,67	32,25	34,33	13,96	43,48
17	0,00	47,70	30,64	35,62	35,98	18,24	19,52
18	11,89	45,25	33,46	35,35	35,84	17,89	30,98
19	10,54	41,99	29,59	31,20	33,82	12,62	23,58
20	0,00	36,38	24,88	24,09	30,48	3,59	20,18
\bar{X}	44,87	68,85	56,25	58,62	51,15	47,44	88,37
S	31,73	18,67	22,12	22,41	16,16	28,46	53,56
S dif.	-	13,76	10,30	10,36	16,51	6,06	37,36
p -valor	-	0,0000	0,0001	0,0000	0,1052	0,0728	0,0001

\bar{X} - média amostral; S - desvio padrão amostral; S dif. - desvio padrão da diferença dos valores da coluna com os da equação padrão (CUD); p -valor - comparação das equações com a padrão (CUD) pelo teste t, valores acima de 0,01 significa que a equação comparada é semelhante a equação padrão e valores abaixo de 0,01 é diferente.

Semelhante ao acontecido para o outro sistema de irrigação localizada, verificou-se para o sistema de irrigação por gotejamento que as equações para cálculo da uniformidade de aplicação de água, CUD e UDH não diferiram ($p>0,01$) dos valores encontrados pelo CUD (Tabela 2). Já as demais equações estudadas, apresentaram valores superiores ($p<0,01$) que os encontrados pelo CUD.

Tabela 2 – Valores de uniformidade de aplicação de água calculado por diferentes equações para testes realizados no sistema de irrigação por gotejamento

Teste	Equações						
	CUD	CUC	CUA	CUE	CUH	UDH	CUBH
1	90,90	94,66	90,34	93,03	78,93	91,14	260,78
2	90,71	93,93	89,38	91,73	77,06	89,50	141,82
3	87,67	91,89	88,71	90,51	75,42	87,95	115,19
4	85,91	92,07	87,36	86,43	70,60	82,76	161,37
5	80,22	87,54	82,23	85,31	69,42	81,34	137,07
6	71,51	83,71	73,12	79,42	63,80	73,86	174,75
7	64,27	81,56	69,10	75,07	60,17	68,35	177,81
8	55,37	74,33	65,61	67,84	54,75	59,15	113,74
9	58,30	76,70	63,97	70,13	56,39	62,07	96,46
10	55,12	70,58	61,47	65,35	53,04	56,00	68,28
11	37,79	65,13	53,78	57,85	48,20	46,47	95,73
12	34,13	63,07	48,19	54,10	45,94	41,70	68,36
13	29,13	60,66	44,96	50,40	43,81	37,01	59,92
14	32,60	55,19	44,65	47,11	41,98	32,83	42,14
15	29,76	52,44	41,41	42,82	39,67	27,39	34,31
16	21,30	48,85	36,41	38,87	37,62	22,36	38,42
17	12,13	43,78	35,50	37,19	36,77	20,23	32,25
18	9,87	41,01	30,94	32,58	34,49	14,37	26,39
19	5,86	39,33	27,90	29,39	32,95	10,32	22,72
20	5,78	31,08	26,36	21,42	29,27	0,20	15,85
\bar{X}	47,92	67,38	58,07	60,83	52,51	50,25	94,17
S	29,89	20,29	22,04	22,81	15,85	28,97	65,81
S dif.	-	10,36	8,15	7,85	14,34	3,93	42,24
p -valor	-	0,0000	0,0000	0,0000	0,1680	0,0157	0,0001

\bar{X} - média amostral; S - desvio padrão amostral; S dif. - desvio padrão da diferença dos valores da coluna com os da equação padrão (CUD); p -valor - comparação das equações com a padrão (CUD) pelo teste t, valores acima de 0,01 significa que a equação comparada é semelhante a equação padrão e valores abaixo de 0,01 é diferente.

Nota-se para os sistemas de irrigação localizada, que a diferença entre os valores de uniformidade calculados pelo CUC e CUD são maiores quanto maior for a desuniformidade de aplicação de água, pois o CUD penaliza bastante por considerar apenas as 25% menores vazões como citado anteriormente. Se numa avaliação houvesse, por exemplo, 4 emissores

entupidos, com vazão nula, e 12 funcionando perfeitamente e com a mesma vazão, isso significaria que o valor calculado pelo CUD seria zero e pelo CUC, 50%.

Quanto a semelhança encontrada entre os valores de uniformidade calculados pelo CUD, CUH e UDH para ambos os sistemas de irrigação localizada, pode-se afirmar que os testes apresentaram distribuição normal, pois de acordo com HART (1961), essa condição faz essas três equações se iguaem.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que o coeficiente de uniformidade de distribuição não difere dos valores encontrados pelo coeficiente de uniformidade de Hart e eficiência padrão da HSPA e apresentam valores superiores as demais equações avaliadas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO FILHO, A. A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A.; GOMES, E. M. 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.
- BENAMI, A.; HORE, F. R. A new irrigation-sprinkler distribution coefficient. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 7, n. 2, p. 157-158, 1964.
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by Sprinkling**. Berkeley: California Agricultural Station. 1942. 124p. Bulletin, 670.
- CRIDDLE, W. D.; DAVIS, S.; PAIR, C. H.; SHOCKLEY, D. G. **Methods for Evaluating Irrigation Systems**. Washington DC: Soil Conservation Service - USDA, 1956. 24p. Agricultural Handbook, 82.
- HART, W. E. Overhead irrigation pattern parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 42, n. 7, p. 354-355, 1961.
- KARMELI, D.; KELLER, J. **Trickle Irrigation Design**. Glendora: Rain Bird Manufacturing Corporation, 1975. 132p.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and Trickle Irrigation**. New York: AVI Book, 1990. 652p.
- WILCOX, J. C.; SWAILES, G. E. Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinklers. **Scientific Agriculture**, Ottawa, v. 27, n. 11, p. 565-583, 1947.