

INFLUÊNCIA DA ALTURA DO EMISSOR NA UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA DE UM SISTEMA PIVÔ CENTRAL¹

ALEXANDRE BRYAN HEINEMANN², JOSÉ ANTÔNIO FRIZZONE³, JOSÉ MARIA PINTO⁴
e JOSÉ CRISPINIANO FEITOSA FILHO⁵

RESUMO - Um sistema de irrigação deve possibilitar o manejo da água com a máxima eficácia. Para tal, é necessário avaliar o desempenho do sistema em operação. Um dos parâmetros utilizados na avaliação é a uniformidade de distribuição da água, a qual é representada pelo coeficiente de uniformidade, de Christiansen (CUC). Os valores de CUC obtidos em ensaios de campo são afetados por diversos fatores. Este trabalho teve como objetivo analisar a influência do número de linhas radiais e da altura dos emissores em relação à superfície de captação desses emissores, no valor do coeficiente de uniformidade de distribuição da água em um sistema de irrigação do tipo pivô central. Foram utilizadas três alturas de emissores (1,10 m, 1,65 m e 3,20 m) e quatro variações de número de linhas radiais de coletores (uma, duas, três e quatro). A análise dos resultados revelou diferença estatística, pelo teste de Tuckey, a 5% de probabilidade, em relação aos valores de CUC obtidos nas três alturas de emissores. Observou-se a importância do uso de duas linhas radiais de coletores, em avaliações de um sistema pivô central no campo.

Termos para indexação: coeficiente de uniformidade, irrigação.

INFLUENCE OF SPRINKLER HEIGHT ON THE UNIFORMITY OF WATER DISTRIBUTION OF A CENTRAL PIVOT SYSTEM

ABSTRACT - An irrigation system should provide water management with maximum efficiency. For this, the performance of the system in operation must be evaluated. One of the parameters utilized in the evaluation is the uniformity of water distribution, which is represented by the coefficients of uniformity of Christiansen (CUC). The CUC values obtained in field trials are affected by diverse factors. This study had as its objective to analyze the influence of the number of radial lines and of the height of the emitters in relation to the impounding surface of these emitters on the value of the coefficient of uniformity of water distribution in an irrigation system of the central pivot type. Three emitter heights (1.10 m, 1.65 m and 3.20 m), and four variations in the number of radial collector lines were utilized (one, two, three and four). The analysis of the results showed a statistical difference by Tuckey's test at 5% of probability in relation to the CUC values obtained in the three emitter heights. The importance of the use of two radial collector lines was shown in evaluation of a central pivot system in the field.

Index terms: coefficient of uniformity, irrigation.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o conceito de uniformidade de distribuição da água em irrigação por aspersão tem tido um grande avanço. Devido à crescente necessidade de conservação do recurso água; à competitividade pela água; ao custo da energia; ao custo dos insumos,

¹ Aceito para publicação em 8 de dezembro de 1997.

² Eng. Agr., Dep. de Eng. Rural (DER), ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP. E-mail: abheinem@carpa.ciagri.usp.br

³ Eng. Agr., Dr., DER, ESALQ/USP.

⁴ Eng. Agric., DER, ESALQ/USP.

⁵ Eng. Agr., DER, ESALQ/USP.

e à estabilização dos preços dos produtos agrícolas, os sistemas de irrigação e os métodos de manejo da água devem proporcionar uma aplicação uniforme e eficiente.

A uniformidade tem impacto na eficiência da irrigação, a qual se caracteriza pela quantidade de água necessária ao desenvolvimento e ao rendimento de determinada cultura. Bernardo (1989) afirma que a uniformidade da irrigação tem efeito no rendimento das culturas, sendo considerada um dos fatores mais importantes na operação de sistemas de irrigação.

A melhora da uniformidade de um sistema de irrigação é uma das decisões mais importantes para o manejo adequado da água aplicada. Heinemann & Frizzone (1995) concluíram que o aumento do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), em um sistema pivô central, de 81,21% para 94%, em relação aos graus de adequação de 75, 80 e 85%, foi o fator que causou uma economia, no volume de água aplicada, de: 11,86, 14,24 e 16,68% respectivamente.

A uniformidade de distribuição da água é quantificada por coeficientes de uniformidade. Para sistemas de irrigação pivô central, o coeficiente mais utilizado é o de Christiansen, modificado por Heermann & Hein (1968).

Os fatores que afetam a uniformidade de distribuição da água podem ser classificados em climáticos e não-climáticos. Os fatores climáticos são: evaporação, temperatura do ar, umidade relativa e condições locais do vento. Os fatores não-climáticos são os relacionados ao equipamento e ao método de avaliação. Quanto ao equipamento, os fatores são: pressão de operação do emissor, velocidade e alinhamento da linha lateral do equipamento, e altura do emissor. A redução da altura do emissor em relação à cultura é uma técnica muito utilizada para reduzir as perdas por evaporação e deriva. De acordo com James & Blair (1984), Deniculi et al. (1993) e Miranda et al. (1994), a utilização de tubos de descida prejudica a sobreposição dos jatos, provocando um decréscimo na uniformidade de distribuição da água.

Quanto ao método de avaliação, os fatores são: o espaçamento, e o número de linhas radiais de coletores. De acordo com Davis (1966), o número de coletores a utilizar e o espaçamento entre eles de-

pendem da relação entre a quantidade de amostras necessárias para se obter um valor preciso e a facilidade e economia na utilização de poucas amostras nos testes. Quanto maior a não-uniformidade de um sistema de irrigação, maior o número de amostras necessárias para obtenção de um valor preciso.

Este trabalho teve como objetivo analisar a influência do número de linhas radiais de coletores e da altura dos emissores em relação à superfície de captação dos coletores, na estimativa da uniformidade de distribuição da água em um pivô central.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se um pivô central, de baixa pressão, com comprimento lateral de 526,40 m, e espaçamento, entre emissores, de 2,13 m.

Para a avaliação do sistema, foi utilizado como base o projeto de norma n.º 12:02.08-005 – para caracterização de desempenho –, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1985). Foram locadas quatro linhas de coletores, denominadas A, B, C e D, conforme mostra a Fig. 1. A distância utilizada entre os coletores foi de 5,0 m. Os coletores apresentavam uma área de captação de 50,26 cm². Esses coletores foram instalados sobre suportes, ficando a uma altura média de 60 cm do solo.

De acordo com a ABNT, os coletores à frente do raio final do equipamento, com volumes inferiores a 70% da média aritmética do total das medições, foram eliminados. Foram considerados, para cálculo dos valores de CUC, somente os coletores que no início das linhas radiais receberam um volume de água.

No experimento, foram realizadas seis avaliações de desempenho, a saber: duas, na altura de 1,10 m dos emissores em relação à superfície de captação dos coletores (Tubo de descida e prolongador); duas, na altura de 1,65 m (Tubo de descida), e duas, na altura de 3,20 m (Difusor sobre a linha lateral), conforme se ilustra na Fig. 2. Em cada avaliação, o equipamento passou uma vez sobre as quatro linhas radiais de coletores (Fig. 1).

Foram determinados 90 valores de CUC, mediante a combinação de linhas radiais e as três alturas dos emissores. Para cada combinação entre altura dos emissores e número de linhas radiais, foram obtidos 15 valores de CUC, conforme apresenta a Tabela 1.

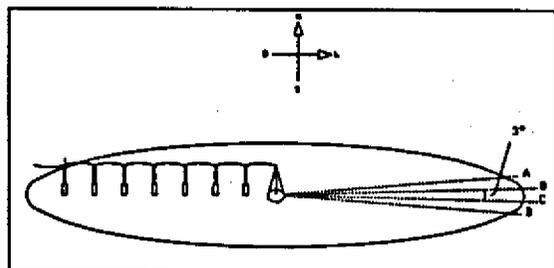


FIG. 1. Esquema da área experimental.

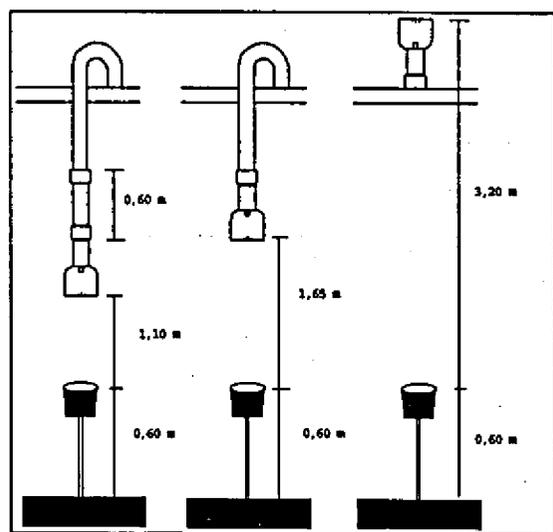


FIG. 2. Ilustração da posição dos emissores.

TABELA 1. Combinações possíveis com 4 linhas radiais.

Nº de linhas radiais	Nº de valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen	Combinações de linhas radiais
1	4	(A), (B), (C) e (D)
2	6	(A e B), (A e C), (A e D), (B e C), (B e D) e (C e D)
3	4	(A, B e C), (B, C e D), (A, B e D) e (A, C e D)
4	1	(A, B, C e D)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de CUC e os resultados da análise estatística obtidos com relação a uma, duas, três e quatro linhas radiais e com os emissores a 1,10, 1,65 e 3,20 m em relação à seção de captação dos coletores.

Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, os valores de CUC diferiram entre si somente em relação a uma linha radial; não apresentaram diferença significativa ao se utilizarem duas, três ou quatro linhas radiais, nos respectivos espaçamentos (Tabela 2). Observa-se que as médias dos valores de CUC, referentes às três alturas, estão mais próximas dos valores médios obtidos com apenas duas linhas radiais (Tabela 2).

Os valores de CUC aumentaram à medida que se aumentou o número de linhas radiais numa mesma altura dos emissores. Isso ocorre porque o volume de água coletado em determinado ponto distante da base do pivô é somado ao volume de água de outro coletor, no mesmo ponto distante da base do pivô, mas em outra linha radial, e assim por diante. Pela média aritmética da soma dos volumes, obtém-se um valor médio do volume coletado num determinado ponto. Esse valor será utilizado no cálculo da lâmina coletada nesse ponto. Assim, volumes discrepantes coletados no momento em que ocorreram alguns distúrbios – como rajadas de vento, desalinhamento do equipamento pivô central, e vazamentos – são diluídos. Isso evidencia a importância do uso de mais de uma linha de coletores nas avaliações de desempenho, pois aumenta a precisão do valor do CUC obtido.

A Tabela 3 apresenta a influência da altura dos emissores nos valores médios de CUC. Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, os valores de CUC diferiram entre si, nas três alturas dos emissores, em relação à superfície de captação dos coletores, para uma, duas e três linhas radiais. Quanto a quatro linhas radiais, não houve diferença estatística com relação às alturas de 1,65 m e 3,20 m dos emissores (Tabela 2, análise na vertical).

Observa-se que, em face do aumento da altura dos emissores, ocorre menor variação dos valores de CUC na mudança de uma para duas, três e quatro linhas radiais. Isso ocorre porque com o aumento da

TABELA 2. Valores médios de coeficiente de uniformidade de Christiansen, em função do número de linhas de coletores e de três alturas dos emissores em relação à superfície de captação¹.

Altura dos emissores (m)	Nº de linhas de coletores				Média
	Uma	Duas	Três	Quatro	
1,10	68,61 a	74,98 b	78,47 b	80,53 b	75,65
1,65	77,04 a	82,11 b	84,14 b	85,40 b	82,17
3,20	88,13 a	90,08 b	91,09 b	91,43 b	90,18

¹ Médias seguidas por letras distintas, na horizontal, diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade (Tukey).

TABELA 3. Valores médios de coeficiente de uniformidade de Christiansen e resultado da análise estatística, em função da altura dos emissores para o espaçamento de 5,0 m entre coletores e uma, duas, três e quatro linhas radiais¹.

Número de linhas	Altura dos emissores (m)			Média
	1,10	1,65	3,20	
1	68,61 a	77,04 b	88,13 c	77,93
2	74,98 a	82,11 b	90,08 c	82,39
3	78,47 a	84,14 b	91,09 c	84,57
4	80,53 a	85,40 b	91,43 b	85,79

¹ Médias seguidas por letras distintas, na horizontal, diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade (Tukey).

altura dos emissores ocorre aumento da área de recobrimento dos jatos dos emissores e melhor uniformidade do sistema, reduzindo a influência do número de linhas radiais (número de amostras) no cálculo dos valores de CUC. Esses resultados estão de acordo com James & Blair (1984), Deniculi et al. (1993) e Miranda et al. (1994).

A equação de regressão para estimativa do CUC, em face do número de linhas radiais e da altura dos emissores para o espaçamento de 5,0 m entre os coletores é apresentada a seguir:

$$\text{CUC} = 53,03 + 9,46 \text{ NL} - 0,81 \text{ NL}^2 + 7,84 \text{ A} + 0,74 \text{ A}^2 - 1,42 \text{ A.NL} \quad (\text{R}^2 = 0,9928)$$

em que:

NL = número de linhas radiais;

A = altura dos emissores, m.

As variáveis número de linhas radiais (NL e NL²) e altura dos emissores (A e A²) e a interação entre A.NL foram significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

CONCLUSÕES

1. A utilização de duas linhas radiais constitui a melhor condição para a determinação do coeficiente de uniformidade de Christiansen.

2. A altura dos emissores apresenta efeito significativo sobre o coeficiente de uniformidade de Christiansen.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema de irrigação por aspersão do pivô central: caracterização de desempenho/método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985. 22p. (Projeto de norma, 12:02.08-005).
- BERNARDO, S. Manual da Irrigação. 5.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1989. 596p.

- DAVIS, J.R. Measuring water distribution from sprinklers. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.9, n.1, p.94-97, 1966.
- DENÍCULI, W.; ITABORAHY, C.R.; LOUREIRO, B.T.; RAMOS, M.M. Uniformidade de aplicação de água em sistema de irrigação por aspersão com deslocamento contínuo equipado com tubos de descida flexíveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. *Anais... Jaboticabal: SBEA*, 1993. p.2787-2801.
- HEERMANN, D.F.; HEIN, P.R. Performance characteristics of self-propelled center-pivot sprinkler irrigation system. *Transaction of the ASAE*, St. Joseph, v.11, n.1, p.11-15, 1968.
- HEINEMANN, A.B.; FRIZZONE, J.A. Custo da melhora da uniformidade de distribuição de água por um pivô central vs. economia de energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., 1995, Viçosa. *Anais... Viçosa: SBEA*, 1995, p.189.
- JAMES, L.G.; BLAIR, S.K. Performance of low pressure center-pivot systems. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.27, n.6, p.1753-1757, 1984.
- MIRANDA, F.R. de; RAMOS, M.M.; DENÍCULI, W.; SOARES, A.A. Uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação, do tipo linear e de baixa pressão, em função da altura de instalação e do tipo de placa defletora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 23., 1994, Campinas. *Anais... Jaboticabal: SBEA*, 1994. p.119.