



## DISTRIBUIÇÃO DE LÂMINAS DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXO

Diego Carlos da Cruz Ribeiro<sup>1</sup>, Nelmício Furtado da Silva<sup>2</sup>, Fernando Nobre Cunha<sup>2</sup>, Marconi Batista Teixeira<sup>3</sup>, Frederico Antônio Loureiro Soares<sup>3</sup>, Raimundo Rodrigues Gomes Filho<sup>4</sup>

### RESUMO

A irrigação por aspersão tem por objetivo distribuir água sobre a superfície do solo, de modo a permitir a sua infiltração sem escoamento superficial; além disso, a água deve ser distribuída de maneira o mais uniforme possível, de forma a se obter uma adequada uniformidade de aplicação em condições de campo. Diante disso, objetivou-se caracterizar a uniformidade de aplicação de água para aspersores modelo D 148 (setorial) utilizados em irrigações de hortaliças na região de Rio Verde, GO. Os ensaios foram realizados na área experimental do IFGoiano - Campus Rio Verde. Foram estudadas as relações pressões, interferências do pino difusor na lâmina aplicada e o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). Para o ensaio com pressão de 4,0 bar sem a interferência do pino difusor de jato de água, o valor do coeficiente de uniformidade Christiansen (CUC) foi de 81,3%.

**Palavras chave:** aspersor, vento, uniformidade de aplicação, pino difusor.

### BLADES OF DISTRIBUTION OF WATER IN SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM

#### ABSTRACT

The sprinkler irrigation water is intended to distribute on the surface, to allow the infiltration without runoff; in addition, the water must be distributed as uniformly as possible way in order to obtain adequate uniformity application in the field. The research objective was to characterize the uniformity of water distribution of sprinkler model D 148 (sector) used for irrigation of vegetables in the region of Rio Verde, GO. Assays were performed in the experimental area IFGoiano - Campus Rio Verde. The relationships pressures, interference pin protector applied on the blade and Christiansen uniformity coefficient (CUC). For testing at a pressure of 4.0 bar without interference from the spreader pin water jet, the Christiansen uniformity coefficient (CUC) was 81.3%.

**Key words:** spray, wind, uniformity of application, pin diffuser.

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Programa de Pós – Graduação de Ciências Agrárias, IF Goiano – Campus Rio Verde, GO. Fone: (64) 9645 – 9897. e-mail: [agrodiegoribeiro@hotmail.com](mailto:agrodiegoribeiro@hotmail.com)

<sup>2</sup> Acadêmico de Agronomia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Rio Verde. Rodovia Sul Goiana km 01, CEP 75901-970, Rio Verde, GO.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia, Professor, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Rio Verde. Rodovia Sul Goiana km 01, CEP 75901-970, Rio Verde, GO.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola (UFG), Professor Adjunto Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, GO.

## DISTRIBUIÇÃO DE LÂMINAS DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXO

### INTRODUÇÃO

Irrigação por aspersão é o método de irrigação em que a água é aspergida sobre a superfície do terreno, assemelhando-se a uma chuva, por causa do fracionamento do jato d'água em gotas. Para tal efeito a água é conduzida e aplicada às áreas por meio de equipamentos, normalmente compreendendo moto bombas, tubulações e aspersores das mais diversas capacidades e características de fabricação (Bernardo et al., 2008).

No Brasil, o sistema de irrigação por aspersão convencional tem sido bastante utilizado para a irrigação de hortaliças, especialmente em pequenas áreas de produção, e percebe-se atualmente, um aumento de sua utilização na irrigação de parques e jardins e gramados de campos esportivos (Souza et al., 2008).

Em campo, a importância da uniformidade de irrigação e sua influência no rendimento e eficiência de aplicação são bem visíveis. São usados frequentemente vários parâmetros de desempenho para descrever a distribuição de água de irrigação no campo, sendo que um dos mais importantes é a uniformidade de distribuição (Clemmens & Molden, 2007). Dentre os coeficientes de

uniformidade, o mais utilizado é o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC).

O vento é o fator climático responsável pelas maiores variações na uniformidade e na eficiência de aplicação de água, sob irrigação por aspersão (Azevedo et al., 2000). Bernardo (2008) menciona que, além da velocidade do vento, a umidade relativa e a temperatura do ar também exercem influência marcante no uso da irrigação por aspersão. Segundo Withers & Vipond (1997) o efeito do vento no perfil de distribuição de água do aspersor pode ser atenuado pela diminuição do espaçamento entre aspersores, no sentido perpendicular à direção do vento.

Segundo Just (2010) os sistemas de irrigação por aspersão devem aplicar água da maneira mais uniforme possível, visto que a desuniformidade de aplicação de água diminui o retorno econômico e aumenta o impacto ambiental da irrigação, em função da redução na produtividade das culturas irrigadas e do desperdício de água, de energia e de fertilizantes.

O presente trabalho objetivou caracterizar a uniformidade de aplicação de água para aspersores modelo D 148 (setorial) utilizados em irrigações de hortaliças na região de Rio Verde, GO.

composto por aspersores Duro Plastic, modelo D148 (setorial) com diâmetro de bocal de 2,8 mm, vazão de  $0,55 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , raio de alcance de 11,8 m e altura de trabalho igual a 1,5m.

O sistema foi composto por dois ramais com tubulação de 20 mm interligados paralelamente à linha principal do sistema (50 mm). A tubulação de subida do aspersor foi composta por mangueira de polietileno (20 mm) com altura de 1,5 m em relação à superfície do solo.

O sistema de bombeamento foi composto por: bomba Thebe, modelo R 20 mancal, série 97 10 015; motor Kohlbach

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em condições de campo, na estação experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, sendo as coordenadas geográficas do local de instalação  $17^{\circ}48'28'' \text{ S}$  e  $50^{\circ}53'57'' \text{ O}$ . A altitude média é de 720 metros e o clima da região é classificado conforme Köppen, como Aw (tropical), com chuva nos meses de outubro à maio, e com seca nos meses de junho à setembro. A temperatura média anual varia de 20 a 35 °C e as precipitações variam de 1.500 a 1.800 mm anuais.

Utilizou-se um sistema de irrigação por aspersão convencional fixo,

## DISTRIBUIÇÃO DE LÂMINAS DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXO

10 cv trifásico, voltagem 220 / 380 V e amperagem 26/15 A.

Para avaliação da uniformidade de aplicação de água selecionou-se quatro aspersores instalados na área experimental com espaçamento de 12 m x 12 m, operando a 180° de forma a irrigar uma área equivalente a 144 m<sup>2</sup>. Durante o período experimental não havia cultura

instalada na área, encontrando-se o solo gradeado.

Dentro da área de estudo foram distribuídos uniformemente coletores Fabrimar (recipientes plásticos) sob hastes a 0,70 m do solo (distância da borda superior do coletor até a superfície do solo), com espaçamento entre coletores igual a 1,0 m.

A Figura 1 exemplifica a distribuição dos coletores na área.

Asp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Asp.
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Asp.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Asp.

**Figura 1.** Distribuição dos coletores na área de estudo (144 m<sup>2</sup>).

O Kit Fabrimar utilizado foi composto por: 150 recipientes plásticos (80 mm de diâmetro na extremidade vazada e 102 mm de altura); 1 proveta em termoplástico transparente, graduada em milímetros (37 mm de diâmetro e 110 mm de altura); 150 hastes de alumínio estrutural (11 mm de diâmetro e 750 mm de comprimento).

Foram realizadas quatro avaliações (coletas de lâminas aplicadas) utilizando-se as pressões de serviço de 2,8 e 4,13 bar e com o pino difusor do jato de água a 0% e 100% de interferência do difusor no jato de água. Cada avaliação foi realizada durante 1 h, obedecendo-se diariamente o mesmo horário de coleta.

A medição do raio de alcance do aspersor foi realizada por meio de uma fita métrica e para o monitoramento da pressão de serviço do aspersor utilizou-se um manômetro digital Zurick (0 – 10 bar).

Os dados de temperatura e umidade relativa foram obtidos por um termo-higrômetro modelo MT-242 e a velocidade do vento por um anemômetro.

Antes do aspersor, utilizou-se um regulador de pressão de 40 PSI da marca Senninger para ensaio com pressão de serviço igual a 2,8 bar. Para aferição da pressão foram inseridas duas tomadas de pressão, sendo uma antes e outra após o regulador de pressão. Também foi utilizado um registro de gaveta posterior ao regulador para ajuste fino. No ensaio com pressão de serviço igual a 4,0 bar foi necessário a retirada do regulador de pressão e todo o ajuste foi realizado via registro de gaveta.

Posteriormente à coleta dos dados foram calculados os seguintes parâmetros: lâmina média aplicada (mm h<sup>-1</sup>), coeficiente de uniformidade Christiansen

## DISTRIBUIÇÃO DE LÂMINAS DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXO

(CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD).

Estimou-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) por meio da equação 1.

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{\sum_{i=1}^n x_i} \right) \quad (1)$$

em que:

x - precipitação média dos pluviômetros;

x<sub>i</sub> - precipitação observada em cada pluviômetro;

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas (temperatura e umidade relativa) que predominaram durante a realização dos ensaios foram relativamente estáveis, não verificando deste modo os seus efeitos sobre os coeficientes de uniformidade, a média da temperatura e da umidade relativa foram 28,47°C e 68,75%, respectivamente; no entanto a velocidade do vento variou de 3,64 a 7,53 m s<sup>-1</sup> (Tabela 1), sendo este um dos fatores ambientais que apresentam maior importância, quando se leva em conta a

Para o cálculo do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) utilizou-se a equação 2.

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

em que :

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição, em % X<sub>25</sub> - média de 25% do total de pluviômetros, com as menores lâminas, em mm.

Para simular a sobreposição dos diferentes espaçamentos entre aspersores, nas disposições retangular e triangular e calcular os CUC utilizou-se o aplicativo Cat2D.

uniformidade de distribuição de água, pois a velocidade do vento está relacionada diretamente com a alteração na distribuição da água.

O maior valor de lâmina aplicada foi obtido para velocidade máxima do vento igual a 7,53 m s<sup>-1</sup>. Estudos realizados por Oliveira et al. (2009), mostraram que a velocidade do vento entre 0 e 5 m s<sup>-1</sup> tem relações lineares com a redução do raio de molhamento nas direções perpendiculares e contrárias ao vento, e em acréscimo, em relação ao sentido do vento.

**Tabela 1.** Valores de temperatura (°C), velocidade do vento em (m s<sup>-1</sup>), umidade relativa do ar (%) e lâmina média aplicada (mm h<sup>-1</sup>)

Coleta	Temperatura do ar (°C)	Vento: velocidade máxima (m s <sup>-1</sup> )	Umidade Relativa (%)	Lâmina média aplicada (mm h <sup>-1</sup> )
1	29,1	4,19	70	5,8
2	27,8	3,64	65	5,4
3	27,4	7,53	80	6,5
4	29,6	5,50	60	5,9

A eficiência de irrigação na aspersão engloba a desuniformidade com que a água é distribuída pelo sistema sobre a superfície do solo e das plantas, além das perdas de água por evaporação e por arrastamento pelo vento; a eficiência varia conforme o sistema, o dimensionamento, a

manutenção e as condições climáticas (Marouelli et al., 2001).

O arraste superficial de partículas ocorre quando o solo recebe uma lâmia de água superior a sua capacidade de infiltração, essas perdas de solo correspondem à camada superficial, mais

## DISTRIBUIÇÃO DE LÂMINAS DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXO

fértil, e esse fator pode ser mais agravante em solos onde não tenha uma cobertura vegetal que venha a minimizar esses efeitos, e dependendo da intensidade de aplicação apresentar problemas com erosão, exposição de raízes de plantas menores ou até arranque das mesmas.

Na Tabela 2 verificam-se o desempenho das lâminas aplicadas para ambas as pressões de ensaio; nota-se um

acréscimo em torno de 6,9% na lâmina média aplicada quando se utilizou 0% de interferência do pino difusor no jato d'água em relação a 100% de interferência do pino e usando uma pressão de serviço de 2,8 bar. Aumentando-se a pressão de serviço para 4,13 bar, o acréscimo na lâmina média aplicada sem interferência do pino difusor no jato d'água foi de 9,2% quando comparada com 100% de interferência.

**Tabela 2.** Valores de interferência do pino difusor na lâmina média aplicada ( $\text{mm h}^{-1}$ )

Coleta	Pressão de serviço (Bar)	Interferência do Pino Difusor	Lâmina média aplicada ( $\text{mm h}^{-1}$ )
1	2,8	0%	5,8
2	2,8	100%	5,4
3	4,13	0%	6,5
4	4,13	100%	5,9

A lâmina média aplicada aumenta com a velocidade do vento em ambos os casos, (com e sem interferência do pino difusor), no entanto quando há interferência do pino difusor observa-se pela figura 2 que a reta tende a apresentar uma inclinação superior à outra (sem a interferência do pino difusor), conseqüentemente pelo modelo pode-se observar que com o aumento da velocidade do vento a lâmina média aplicada aumentará mais rapidamente com a interferência do pino difusor de tal modo que em um dado momento esta reta se tornará superior a anterior (sem interferência do pino difusor), e o início deste ponto coincidirá com a intersecção das duas retas, logo isto ocorrerá quando a velocidade do vento for superior a  $8,45 \text{ m s}^{-1}$ .

Nota-se que com velocidade do vento entre  $9$  e  $10 \text{ m s}^{-1}$  e com interferência do pino difusor, a lâmina média aplicada estimada foi de  $6,84$  e  $7,11 \text{ mm h}^{-1}$ , deste modo pode-se inferir que sob condições climáticas desfavoráveis, e quando houver a interferência do pino difusor, não se obterá a lâmina média de aplicação prática mínima para se conseguir uma adequada distribuição e consecutivamente uma maior

eficiência. Conforme Keller e Bliesner (1990), a intensidade de aplicação prática mínima para se obter distribuição razoavelmente boa e alta eficiência sob condições climáticas favoráveis é de  $3 \text{ mm h}^{-1}$ ; o critério básico para a escolha da intensidade máxima em um aspersor é que este se encontre em limites inferiores ou iguais ao da infiltração básica do solo, determinada pelo teste de infiltração.

Os valores do CUD foram sempre menores que os valores do CUC, o que já era esperado, pois o CUD é calculado levando em conta apenas os 25% da área que recebeu as menores lâminas. Os valores do CUC e CUD quando considerado separadamente diferiram quanto ao resultado estatístico na indicação dos maiores ou melhores coeficientes, levando em conta apenas o CUC o melhor resultado obtido foi o de 81,3% utilizando-se pressão de serviço igual a 4,13 bar e 0% de interferência do pino difusor.

Quando considera-se o CUD os melhores resultados obtidos foram 70,8 e 68,3% utilizando-se pressão de serviço igual a 2,80 e 4,13 bar respectivamente e 0% de interferência do pino difusor para ambos.

## DISTRIBUIÇÃO DE LÂMINAS DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO FIXO

Apenas um valor do CUC (81,3%) foi superior ao valor mínimo aceitável recomendado (80%) para o desempenho normal do sistema de aspersão de maneira abrangente (Bernardo et al., 2008), o qual foi obtido utilizando-se pressão de serviço igual a 4,13 bar e 0% de interferência do pino difusor (Tabela 3), este foi o melhor resultado obtido para o CUC, sendo 23,6% maior que o obtido com 100% de interferência do pino difusor e a mesma pressão de serviço.

Comparando-se o CUC de 81,3% com a pressão de serviço igual a 2,8 bar sem interferência do pino o CUC nota-se que ele foi 4,9% a mais e relacionando-o com 100% de interferência do pino difusor, observa-se que o CUC obtido foi 15,1% maior; conseqüentemente 75% dos valores dos coeficientes ficaram concentrados

abaixo de 80%, sendo estes considerados impróprios para as culturas agrícolas, concordando com Bernardo, 2008.

O valor de CUD de 46,4% utilizando-se pressão de serviço igual a 4,13 bar e 100% de interferência do pino difusor foi considerado inaceitável. Segundo Keller e Bliesner (1990), valores de CUD abaixo de 60% são considerados baixos, usados para culturas de baixos valores econômicos, enquanto que para culturas de alto valor econômico, os autores recomendam os valores de CUD acima de 75%. A obtenção de baixo valor de CUD indica excessiva perda por percolação, o que pode ocorrer se toda área receber lâmina maior ou igual à necessária (MANTOVANI et al., 2007).

**Tabela 3.** Valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD), conforme a variação de pressão e interferência do pino difusor

Coleta	Pressão (Bar)	Interferência do pino difusor	CUC (%)	CUD (%)
1	2,80	0%	77,3Bb	70,8Ac
2	2,80	100%	69,0Cc	62,1Bd
3	4,13	0%	81,3Aa	68,3Ac
4	4,13	100%	62,1Dd	46,4Ce

<sup>1</sup> Os coeficientes seguidos de letras maiúsculas diferem entre si na mesma coluna e os seguidos de letras minúsculas diferem entre si na mesma linha a 5% de significância pelo teste Tukey.

Os resultados encontrados nesse estudo valem apenas para os aspersores testados em condições de campo, sob a influência de fatores climáticos não controláveis, devendo-se escolher adequadamente o horário de funcionamento do sistema e controle rigoroso quanto ao manejo do sistema.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento

### REFERÊNCIAS

AZEVEDO, H. J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M. M.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R. Influência de fatores

### CONCLUSÕES

O CUC foi superior a 80% quando se utilizou pressão de serviço igual a 4,13 bar e 0% de interferência do pino difusor. O CUD foi superior a 70% quando se utilizou 2,8 bar e 0% de interferência do pino difusor.

Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

climáticos e operacionais sobre a uniformidade de distribuição de água, em um sistema de irrigação por aspersão de

DISTRIBUIÇÃO DE LÂMINAS DE ÁGUA EM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR  
ASPERSÃO FIXO

- alta pressão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.152-158, 2000.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Impr. Univ. UFV, 2008. 625p.
- CLEMMENS, A.J.; MOLDEN, D.J. Water uses and productivity of irrigation systems. **Irrigation Science**, Heidelberg, v.25, n.3, p.247-261, 2007.
- JUSTI, A. L.; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C. Índice de capacidade do processo na avaliação da irrigação por aspersão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.264-270, 2010.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990, 6p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2 ed., atual e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2007. 358p.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade de água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 111p.
- OLIVEIRA, H. F. E.; COLOMBO, A.; FARIA, L. C. Modelagem dos efeitos do vento sobre as dimensões do alcance do jato de um canhão hidráulico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, p. 818-824, 2009.
- SOUZA, E. A. M.; SOUZA, P. C.; VILAS BOAS, M. A. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional fixo e gotejamento em vila rural. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 47-62, janeiro-março, 2008.
- WITHERS, B.; VIPON, S. **Irrigação: projeto e pratica**. São Paulo: E. P. U., 1997. 33