



## **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA E UNIFORMIDADE DA IRRIGAÇÃO EM AMBIENTES PROTEGIDOS**

Ricardo Francisco da Silva<sup>1</sup>; Pedro Rogerio Giongo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de Engenharia Agrícola do Câmpus da UEG de Santa Helena de Goiás, bolsista do PBIC–UEG, ricardoeng85@gmail.com

<sup>2</sup>Doutor, docente da UEG do Câmpus de Santa Helena de Goiás, pedro.giongo@ueg.br

### **INTRODUÇÃO**

A água é um componente que constitui de 80 a 95% da massa dos tecidos vegetais em crescimento (TAIZ & ZEIGER, 2004) e este componente é o recurso natural mais limitado no mundo sendo 10% do total captado é utilizado no consumo humano, 20% nas indústrias e 70% é empregado em irrigação (CHRISTOFIDIS, 2006). Por isso, é importante que os sistemas de irrigação apresentem boa eficiência de rega e economia de energia para otimizar o uso da água.

A grande quantidade de água requerida para a prática da irrigação, o decréscimo de sua disponibilidade e o alto custo da energia necessária à sua aplicação têm aumentado o interesse pela racionalização desse recurso, de forma a minimizar as suas perdas (AZEVEDO et al., 1999). Pelo exposto, é necessário minimizar a quantidade de água aplicada via irrigação sem, contudo, comprometer a produção final. Nos dias atuais, o emprego da irrigação localizada vem sendo muito aplicado com esse objetivo.

Na agricultura irrigada, o recurso água é o fator principal, e ele tem se tornado limitante por causa da implementação de novas áreas irrigadas ou por falta da disponibilidade de recursos hídricos; torna-se imprescindível à adoção de medidas que possibilitem o uso adequado dos recursos hídricos disponíveis, com ênfase, em irrigação, na melhoria da eficiência do uso da água (BERNARDO et al., 2006).

A uniformidade de distribuição de água é essencial em qualquer método de irrigação, pois afeta a eficiência do uso da água e como consequência, a quantidade e a qualidade da produção. Em sistemas de irrigação localizada a uniformidade de aplicação de água pode ser expressa por meio de vários coeficientes, destacando-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e o Coeficiente de Uniformidade de Emissão ou Distribuição (CUD),



(MANTOVANI et al., 2007), que compara a média de 25% dos menores valores de vazões observadas com a média total e a Uniformidade estatística ( $U_s$ ), entre outros.

Nenhum sistema de irrigação é capaz de aplicar água com perfeita uniformidade. Em geral, o aumento da uniformidade de distribuição da água requer investimentos na melhoria do sistema, em manutenção e em mão-de-obra, para o manejo racional da irrigação (HEERMANN et al., 1992).

A eficiência de aplicação para irrigação de hortaliças depende da área útil de aplicação, da capacidade da água em entrar nos vasos ou na zona radicular das plantas, das perdas por evaporação e por deriva das gotas pelo vento (REZENDE, 1992).

SILVA *et al.* (1997) afirmaram que frequentemente é necessário avaliar o desempenho de um sistema de irrigação, a fim de determinar sua aplicabilidade em certas condições. Um sistema de irrigação pode ser avaliado levando-se em conta aspectos técnicos (eficiência e uniformidade) e aspectos econômicos. O uso inadequado dos sistemas de irrigação em ambiente protegido, principalmente devido ao mau dimensionamento hidráulico, ou de espaçamentos e manejo inadequado da irrigação, resulta em uma baixa uniformidade de distribuição de água, e em consequência, diminuição da qualidade na uniformidade e desenvolvimento das mudas. Maiores cuidados devem ser tomados em ambientes protegidos cuja destinação são as pesquisas, pois é onde os erros devem ser minimizados, a começar pela instalação de equipamentos e sistema de irrigação.

## **OBJETIVOS**

O objetivo do trabalho foi projetar e avaliar a uniformidade da distribuição de água aplicada através do sistema de irrigação por micro aspersão em uma casa de vegetação.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no campo experimental da Universidade Estadual de Goiás, Unidade Universitária de Santa Helena de Goiás GO. (18°03'S, 50°35'W e 572 m de altitude) em uma casa de vegetação, cujas dimensões são de 8 x 12m (largura x comprimento).



Foi utilizado como local de coleta de dados uma casa de vegetação, onde foi instalado um sistema de irrigação via micro aspersão, e o sistema já definido com espaçamento entre aspersores e entre linhas.

Para os testes de campo foi utilizado um número de coletores na altura que simula o recebimento da água pelas culturas. Estes coletores foram distribuídos em uma malha regular cujo espaçamento foi de 0,5 metros (linhas x colunas). Os testes realizados para a coleta de água de distribuição dos aspersores, foi realizada com como número mínimo de 3 repetições, logo após a água foi medida e anotada em planilhas, e em seguida perfazendo os cálculos para geração dos mapas de distribuição da água.

Cada coletor na casa de vegetação teve uma identificação de linha e coluna, ou seja, um sistema matricial de localização, que permitiu, após a coleta do volume de água de cada teste, elaborar um mapa de distribuição, interpolando os dados coletados. Este último procedimento foi realizado com o software Surfer v. 8.0, versão acadêmico.

Os testes de coleta de água foram realizados com o funcionamento normal da bomba da casa de vegetação, ou seja, com vazão e pressão constantes, já definidos no projeto, conforme a Tabela 1.

TABELA 1: Características e especificações dos testes realizados a campo, quanto a pressão (mca), altura dos emissores e vazão.

Tipo emissor	Altura do solo (m)	Pressão (mca)	Vazão (L.s <sup>-1</sup> )
NAAN HADDAR 7110	1,40	2 mca	0,023
NAAN HADDAR 7110	1,90	4 mca	0,025
NAAN HADDAR 7110	1,90	6 mca	0,0258

Além do mapa de distribuição atual, foi gerado, virtualmente, um mapa de melhoria da uniformidade de distribuição, para isso foi utilizado a coleta de água de um único aspersor. Com estes dados foi possível variar os espaçamentos entre aspersor e entre linhas, definindo a melhor distribuição de forma a obter alta uniformidade, através dos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) e de Christiansen (CUC).

O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi calculado utilizando-se a (Equação 1) de MERRIAM & KELLER (1978) apresentando como critério para interpretação dos valores de CUD, para sistemas que estejam em operação por um ou mais anos: valores maior que 90%, excelente; entre 80 e 90%, bom; 70 e 80%, regular; menor que 70%, ruim.

$$CUD = ((100*(q25/q))) \quad (\text{Eq 1})$$

em que: CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição, (%); q25 = valor médio dos 25 menores valores de lamina observadas, mm; q = valor médio total das laminas em mm. O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi calculado pela equação de Christiansen (1942), onde Bernado (1995) classifica o CUC quando abaixo de 80% como ruim, de 80 a 84% como regular, de 85 a 89% como bom e superior a 90% como muito bom.

$$CUC = 100 \left[ 1 - \frac{\sum_i^n |X_i - X_m|}{n * X_m} \right] \quad (\text{Eq 2})$$

em que: CUC= Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, (%);  $X_m$  = Média dos valores observados nos coletores (mL);  $n$  = Número de coletores;  $X_i$  = Volume de água de cada coletor (mL).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 resume os principais resultados obtidos quanto as configurações simuladas para a casa de vegetação de 8x12m. Permitindo avaliar que o uso inadequado de espaçamento, altura e/ou pressão no sistema, podem ocasionar baixa uniformidade de aplicação de água, bem como baixa eficiência do sistema.



TABELA 2: Valores de CUC, CUD, q25 e q em diferentes configurações de espaçamentos e pressão entre aspersores para uma casa de vegetação de 8x12 m.

Espaçamento (m)	Pressão		q25 (mm)	q (mm)	CUC (%)	CUD (%)
	(mca)					
2 x 1,5 (m)	2		1,08636	3,88274	28	66,3
	4		0,516531	3,52084	14,7	66,2
	6		1,54797	4,116806	37,6	67,6
2 x 2 (m) Intercalado	2		0,488217	2,647416	18,4	59
	4		0,549672	2,392355	23	60,3
	6		0,641623	2,798384	22,9	61,1
2 x 2,5 (m)	2		0,38815	2,14477	18,1	50,6
	4		0,296223	1,951108	15,2	57,6
	6		0,606714	2,25758	26,9	59,4
3 x 1,5 (m) Intercalado	2		0,488217	2,175375	22,1	63,6
	4		0,144127	1,902779	7,6	66,4
	6		1,064318	2,349127	45,3	72,9

CUC: Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, CUD: Coeficiente de Uniformidade de Distribuição; q25: Valor médio das 25 menores laminas observadas e q: Lamina média dos aspersores em mm;

Na Figura 1A, 1B e 1C é apresentado os mapas de uniformidade de distribuição de água com espaçamento entre aspersores de 2 x 1,5 (m) na pressão de 2 , 4 e 6 mca. Observa, portanto, pequena diferença para as pressões de 2 e 4 mca, Figuras 1A e 1B, respectivamente.

Ao aumentar a pressão para 6 mca (Figura 1C) observou que a uniformidade de distribuição também foi maior do que as pressões de 2 e 4 mca e, conseqüentemente seus valores de CUC E CUD, conforme a Tabela 2.

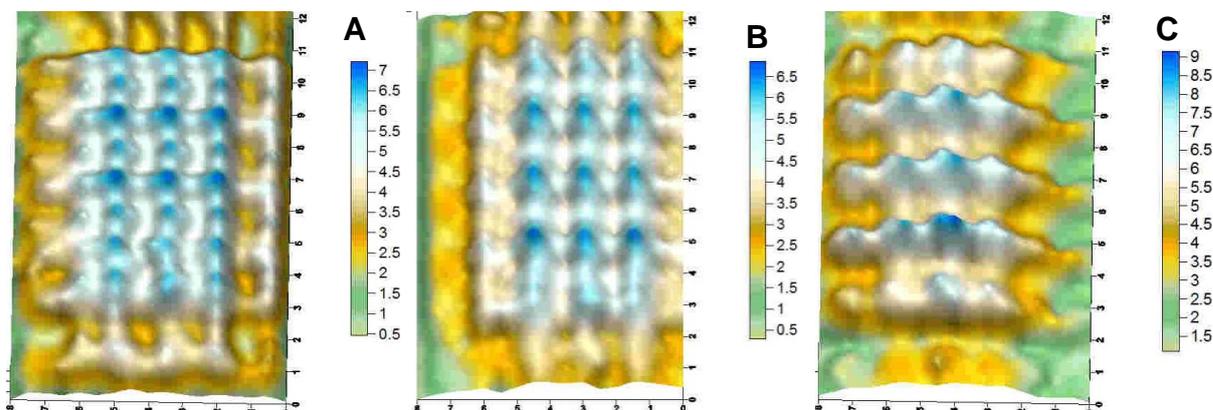


FIGURA 1: Distribuição da lâmina irrigada aplicada, da simulação de aspersores com espaçamentos de 2 x1,5 (m) com pressão de 2 (A), 4 (B) e 6 (C) mca.

Na Figura 2A, 2B e 2C os valores de CUC E CUD obtiveram pouca diferença, no entanto, a maior pressão, proporcionou uma melhora no CUC (61%), ainda que seja considerado como ruim segundo BERNARDO (1995),.

Pesquisas relacionadas com a simulação de uniformidade de distribuição de água, mostram que os valores de CUC encontrados em campo são considerados baixos. SOUZA et al. (1993) avaliando um sistema de irrigação por microaspersão encontraram valores para CUC, na superfície do solo, que variaram entre 25,5 a 36,8%. Ainda trabalhando com simulações, ROCHA & LIMA (1996) obtiveram para o microaspersor Antelco, modelo RRN30, valores para CUC variando entre 15 a 60%.

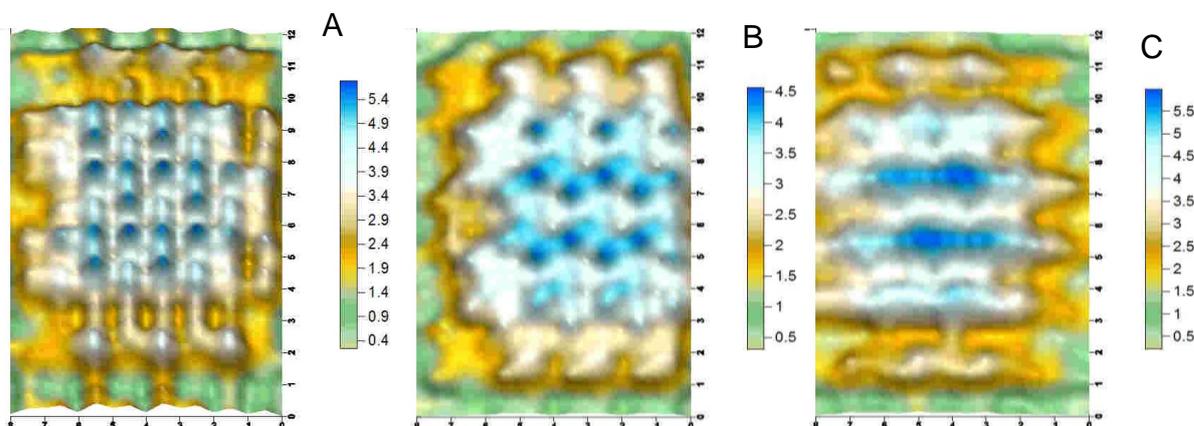


FIGURA 2: Distribuição da lâmina irrigada aplicada, da simulação de aspersores com espaçamentos de 2x2(m) intercalado com pressão de 2, 4 e 6 mca.



Nas Figura 3A, 3B e 3C e Tabela 2, observou uma semelhança nos valores de CUC e CUD, ainda que sejam considerados ruins, eles são superiores que a pressão de 2 mca.

Segundo COELHO (2007), vários fatores podem afetar a uniformidade de distribuição de água nos sistemas de irrigação localizada como: pressão de operação do emissor, velocidade da água na tubulação, alinhamento da linha lateral, entupimento de emissores, entre outros.

Segundo NASCIMENTO et al (1999), Esses resultados mostram que a uniformidade de precipitação na superfície do solo, não é um parâmetro adequado para efeito de dimensionamento e manejo deste sistema de irrigação, principalmente em se tratando de irrigação de fruteiras, em que o uso de microaspersores isolados, não proporciona a superposição de precipitação.

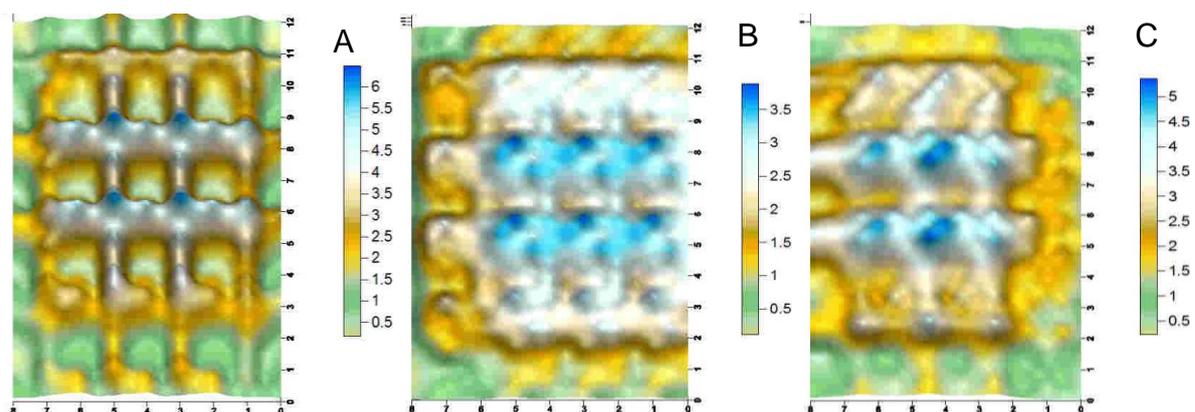


FIGURA 3: Distribuição da lâmina irrigada aplicada, da simulação de aspersores com espaçamentos de 2,5x2(m) com pressão de 2, 4 e 6 mca.

Na Figura 4 é apresenta o mapa de uniformidade de distribuição no espaçamento de 3 x 1,5 (m) intercalado e com aspersores de 90° em cada canto, na tentativa de aumentar a uniformidade de distribuição do espaço. Houve uma melhora dos valores de CUC e CUD na pressão de 6 mca em relação as demais configurações simuladas.

O uso do micro aspersor com ângulo de 90° em cada canto possibilitou uma melhora da uniformidade e eficiência no uso de água, elevando assim os valores de CUC e CUD.

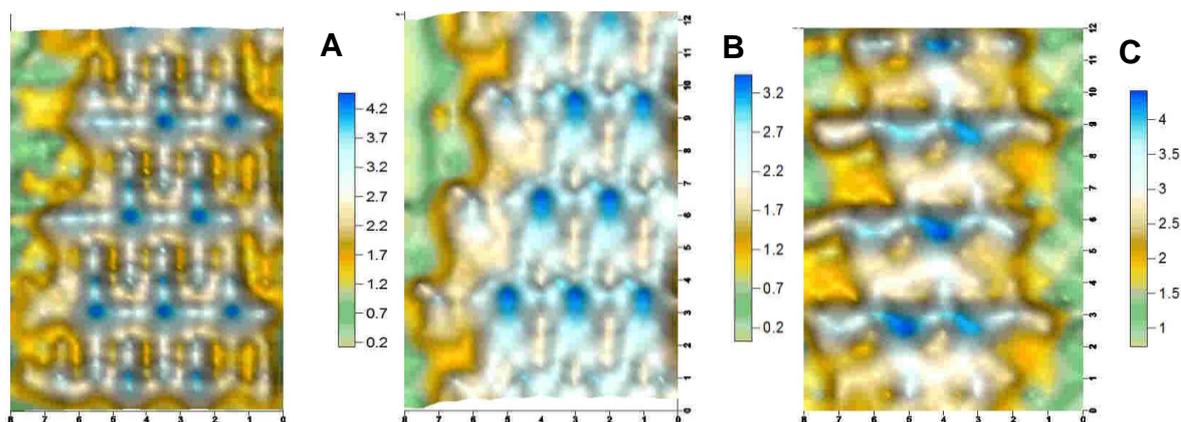


FIGURA 4: Distribuição da lâmina (mm) aplicada, da simulação de aspersores com espaçamentos de 3x1,5(m) intercalado com pressão de 2 A, 4 B e 6 C, mca.

REZENDE et al. (1998), analisando a influência do espaçamento entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo, concluíram que os maiores valores para CUC foram obtidos no perfil do solo, os mesmos observaram também, baseados na avaliação do desempenho do sistema de irrigação, que os valores do CUC acima da superfície resultaria numa irrigação inadequada, ocorrendo o contrário, quando consideraram os valores deste coeficiente no perfil do solo.

No entanto seria necessário realizar alguns testes de uniformidade em diferentes profundidades do solo em busca de uma maior uniformidade de distribuição de água.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os melhores valores de Coeficiente de uniformidade de Christiansen e Coeficiente de uniformidade de distribuição foram obtidos nas pressões de 4 e 6 mca;

A melhor uniformidade de aplicação da água foi obtida no espaçamento de 3 x 1,5 (m) intercalado e pressão de 6 mca;

Os Valores de Coeficiente de uniformidade de Christiansen, tendem a aumentar com aumento de pressão de serviço do micro aspersor;

A altura do aspersor pode ter exercido influencia positiva na baixa uniformidade de distribuição do microaspersor Naan Haddar 7110.

Os resultados obtidos não foram satisfatórios, seria necessário realizar simulações com outras pressões e espaçamentos do sistema para aumentar a uniformidade.



## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Programa de Bolsas de Iniciação Científica da UEG PIBIC/UEG ao auxílio e a bolsa de iniciação científica concedida ao primeiro autor.

## **REFERÊNCIAS**

- AZEVEDO, H.J.; BERNARDO, S.; RAMOS, M.M.; SEDIYAMA, G.C.; CECON, P.R. Influência de elementos do clima e da pressão de operação do aspersor no desperdício de água, em um sistema de irrigação por alta pressão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.4, p.53-62, 1999.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6ª Ed., Viçosa: UFB, 1995. 657 p.
- CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkley: University of California, 1942. 124 p.
- CUNHA, F.N.; OLIVEIRA, R.C.; SILVA, N.F.; MOURA, L.M.F.; TEIXEIRA, M.B.; FILHO, R.R. Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v.7, nº. 4, p. 248 - 257, 2013.
- COELHO, R. D. **Contribuições para a irrigação pressurizada no Brasil**. Livre-Docencia - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. 192p.
- CHRISTOFIDIS, D.; Oportunidades de irrigação no Cerrado: recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação. **Revista item: irrigação e tecnologia Moderna**. Brasília: ABID, n.69/70 p. 87-97, 2006.
- HEERMANN, D.F.; DUKE, H.R.; SERAFIM, A.M.; DAWSON, L.L. Distribution functions to represent center pivot water distribution. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.35, n.5, p.1465-1472, 1992.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 318p. 2007.
- MARTINS, C. A. S.; REIS, E. F.; Uniformidade de distribuição de água por aspersão convencional na superfície do solo, **in.**: XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação Universidade do vale do Paraíba, p. 1-4,2008.



- MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978.
- NASCIMENTO, T; SOARES, J. M; AZEVEDO, C. A. V. Uniformidade de distribuição de água na superfície e no perfil do solo irrigado com o microaspersor rain-bird qn-141, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.304-308, 1999.
- REZENDE, R. **Desempenho de um sistema de irrigação pivô central quanto a uniformidade e eficiência de aplicação de água abaixo e acima da superfície do solo**. Dissertação (Mestre em Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 1992. 82p.
- REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A; GONÇALVES, A. C. A; FREITAS, P. S. L.; Influência entre aspersores na uniformidade de distribuição de água acima e abaixo da superfície do solo, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.257-261, 1998
- SANTOS, C. S.; SANTOS, D. P.; SILVA, P. F.; ALVES, E. S.; SANTOS, M. A. L.; Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento, **Revista Verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável** (Mossoró – RN - BRASIL), v. 8, n. 3, p. 10 - 16, 2013.
- SANTOS, M. A. L.; SILVA, S.; SARMENTO, P. L. V. S.; ROCHA, A. E. Q.; LIMA, R. A. S.; TEODORO, I.; Uniformidade de distribuição de irrigação via aspersão em espaçamento triangular. **In.:INOVAGRI International Meeting & IV WINOTEC Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na irrigação, Resumos**. Fortaleza, Ceará, p.1-5, 2012.
- SILVA, D.D.; RAMOS, M.M.; MARTINEZ, M.A.DENÍCULA, W. Uniformidade de distribuição de água em sistemas de aspersão, com utilização de aspersor fixo com placa defletora auxiliar. **Engenharia Agrícola**. v.5, n.4. p.281-297, 1997.
- SOUZA, V.H.; ANDRADE, E. M.; SILVA E. L.; Avaliação Hidráulica de sistema de irrigação localizada de baixa pressão, projetado pelo software “BUBBLER”. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.25, n.1, p.264-271, jan./abr. 2005.
- SOUZA, V.F.; BASTOS, E.A.; SILVA, A.A.G.; AGUIAR NETTO, A.O. Uniformidade de precipitação de microaspersores sob condição de campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA, 1993. p.2493-2503.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.449-484.