

## **Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura do coqueiro**

**Kleitton Rocha Saraiva<sup>1</sup>, Rubens Machado Rebouças<sup>2</sup>, Francisco de Souza<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestre e Doutorando em Engenharia Agrícola do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola/PPGEA, Centro de Ciência Agrárias/UFC, Av. Mister Hull s/n, Campus do Picí, Bloco 804, Fortaleza-CE, Brasil, 60.455-760, kleitonagro@bol.com.br

<sup>2</sup>Advogado. São Gonçalo do Amarante/CE. Proprietário da fazenda experimental. E-mail: rubemachado@ig.com.br

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Engenharia Agrícola – Departamento de Engenharia Agrícola, Bloco 804 UFC/Fortaleza – CE. E-mail: fsouza@ufc.br

### **Resumo**

A pesquisa objetivou avaliar o sistema de irrigação de 12 parcelas, através de testes de campo, visando determinar o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), a eficiência de aplicação da água (Ea), e a porcentagem de solo umedecido. As parcelas irrigadas por microaspersão encontravam-se cultivadas com a cultura do coqueiro híbrido. Para a obtenção das vazões nos emissores foi feito o cálculo da vazão média; para a obtenção dos coeficientes supracitados utilizou-se métodos nomeadamente reconhecidos. Também foi analisado o bulbo molhado. Os valores de CUC das 12 parcelas demonstraram valores ideais. O mesmo ocorreu com os valores de CUD que obtiveram classificação de bom a excelente. Já quanto à eficiência de aplicação, as parcelas 1, 2, 4, 5, 7 e 9 foram consideradas inaceitáveis. Porém, as parcelas 3, 6, 8, 10, 11 e 12 foram classificadas como aceitáveis. A variação da pressão de serviço exerceu influência nos coeficientes de uniformidade e sobre a vazão no sistema de irrigação por microaspersão. A altura das hastes e a retirada das bailarinas dos emissores influenciaram diretamente a eficiência de aplicação do sistema de irrigação.

Palavras-chave: uniformidade de irrigação, irrigação localizada, *Cocos nucifera*.

### **Abstract**

**Microsprinkler irrigation system performance in coconut palms.** Twelve field plots irrigated by microsprinkler were evaluated in order to determine the Christiansen Uniformity Coefficient (CUC) the Distribution Uniformity (CUD), the Water Application Efficiency (Ea) and the percentage of wetted soil. Coconuts was the cultivated crop. The determine the flow of emitters the statistical average was applied. In order to find the above mentored coefficients know methods were applied. The wetted bulbs were also analyzed. The CUC values for the 12 plots showed were considered optimal. The same happened to the CUD values, rated from good to excellent. In relation to the application efficiency, for the 1, 2, 4, 5, 7 and 9 plots, were considered un acceptable. However, plots 3, 6, 8, 10, 11 and 12 were classified as acceptable. The variation of the operating pressure exerted influence on the uniformity coefficient and the flow in micro sprinkler irrigation system. The height of the sprinklers and the withdrawal of the dancers of the emitters directly influence the application efficiency of irrigation system.

Key words: irrigation uniformity, drip irrigation, *Cocos nucifera*.

### **Introdução**

No Estado do Ceará, a utilização da agricultura irrigada é de fundamental importância para o seu desenvolvimento, pois se trata de uma região onde as distribuições de chuvas são irregulares. Atualmente, discute-se muito a questão do consumo da água e de energia, recursos essenciais que estão se tornando cada vez mais escassos. Neste contexto, é importante a escolha de um método de irrigação capaz

de atender as necessidades hídricas das plantas, utilizando a água e energia de forma eficiente e econômica.

O sistema de irrigação por microaspersão é um dos métodos de irrigação localizada, e se caracteriza pela aplicação de água ao solo com pequena intensidade e alta frequência, por meio dos microaspersores, com baixas perdas de água por condução e evaporação. Segundo Olitta (1987) após a instalação do sistema, recomenda-se a execução de teste de campo



para verificar a adequação e a uniformidade de irrigação projetada, e mesmo a obtenção de dados úteis no aperfeiçoamento do manejo e operação de sistemas já existentes.

A baixa eficiência de aplicação e a desuniformidade da distribuição de água do sistema, está relacionada com: variações de pressão; variações físicas no sistema (tempo); defeitos de fabricação dos equipamentos; e ainda falhas no dimensionamento.

Observou-se que o sistema de irrigação por microaspersão, do coco, de aproximadamente 20 ha, não estava aplicando a água necessária ao bom desenvolvimento da cultura. As plantas apresentavam sinais de deficiência hídrica, pelo não molhamento completo do volume do solo, com um padrão de distribuição da água no terreno menor do que aquele recomendado para o emissor utilizado; com os emissores aplicando pouca água, possivelmente devido à baixa pressão de trabalho dos microaspersores ou talvez por entupimento dos mesmos.

Esta pesquisa objetivou avaliar o sistema de irrigação da fazenda Cafundó (do coqueiral), através da determinação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), da eficiência de aplicação da água (Ea), e da porcentagem de solo umedecido.

### Material e métodos

O trabalho foi realizado na Fazenda Cafundó, localizada no município de São Gonçalo do Amarante – CE. Foram designadas para a pesquisa, 12 parcelas com as seguintes características: irrigação por microaspersão; espaçamento de 8,0 m x 8,0 m x 3,0 m, entre plantas, entre fileiras de plantas e entre ruas, respectivamente. As parcelas encontravam-se cultivadas com a cultura do coqueiro híbrido, totalizando cerca de 3.200 plantas, ou seja, cerca de 270 plantas por parcela.

De acordo com a análise de solo feita com amostras da Fazenda Cafundó, quanto às classificações texturais, segundo as composições granulométricas, o solo dessa fazenda foi classificado da seguinte

forma: areia franca, pois representam a grande maioria dos tipos texturais de solo da área em questão. Uma observação é que até na maior profundidade de coleta (60-90 cm), a quantidade máxima de argila foi de 20%, caracterizando a predominância arenosa da fazenda. No geral esses solos possuem aceitáveis características físicas, como: boa velocidade de infiltração de água, boa condutividade hidráulica, e boa aeração. Todavia, solos arenosos têm pouca estrutura, necessitando de adubação orgânica permanente.

Para a prática da avaliação do sistema, foi feita a irrigação de cada parcela, com duração média de uma hora e meia, por dia. O método de avaliação do sistema de irrigação adotado foi o proposto por Keller e Karmelli (1975).

Com os dados coletados, foram estimados o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), empregando-se a equação 1.

$$CUC = 100 \cdot \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^N |X_i - \bar{X}|}{N \cdot \bar{X}} \right), \text{ em porcentagem.}$$

Equação (1)

em que: N: número de coletores ou pluviômetros;  $X_i$ : lâmina de água aplicada no  $i$ -ésimo ponto sobre a superfície do solo;  $\bar{X}$ : lâmina média aplicada.

Também, durante os cálculos referentes à avaliação, utilizou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), através da equação 2.

$$CUD = \frac{q_{25}}{q_m}$$

Equação (2)

em que: CUD: Coeficiente de uniformidade de distribuição,  $q_{25}$ : média de  $\frac{1}{4}$  das vazões com menores valores (L/h) e  $q_m$ : média de todas as vazões (L/h).

A interpretação dos valores do CUD baseou-se em pesquisas da ASAE (1996): CUD menor que 50%, inaceitável; entre 56% e 62%, ruim; 68% e 75%, regular; 81% e 87%, bom; e 94% e 100%, excelente.

Para efeito do cálculo da eficiência de aplicação, utilizou-se a equação 3.

$$Ea = K_s \times CUD$$



## Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura do coqueiro

Equação (3)

em que:  $K_s$  - é o coeficiente de transmissividade. Para este trabalho utilizou-se o valor de 90%, (onde o  $K_s$  desejável está em torno de 85 a 90% segundo Vermeiren e Jobling (1997)).

A eficiência de aplicação ( $E_a$ ), ideal e aceitável para os diferentes métodos de irrigação, mostra que a do tipo localizada “microaspersão” deve ser:  $E_a$  ideal  $\geq 95\%$  e  $E_a$  aceitável  $\geq 80\%$  (Bernardo 1995).

Em primeiro lugar, foi observado se o sistema de bombeamento estava funcionando normalmente, onde se verificou uma pressão de saída de 20 mca. Também, foram checadas as condições do sistema de filtragem na casa de bomba. Os equipamentos utilizados para a obtenção dos dados de campo foram: cronômetro; um recipiente plástico com graduação volumétrica; e um manômetro com unidade em kgf.cm-2 e mca.

Para a obtenção das vazões nos emissores foram seguidos os procedimentos abaixo: cronometragem de três tempos para encher um recipiente de 200 mL; cálculo da média dos três tempos; cálculo da vazão média (L/h), através da razão entre o volume e a média dos três tempos.

A pressão foi medida na entrada da linha lateral (1º microaspersor) e na saída da linha lateral (último microaspersor), esse procedimento foi feito para todas as linhas analisadas, em cada parcela.

Finalmente, também foi analisado o bulbo molhado, rente às plantas de coqueiro, visando verificar como estava o comportamento da infiltração e redistribuição da água no solo. Para tanto, com uma trena, mediu-se: o raio e a profundidade de molhamento a direita da planta, o raio e a profundidade de molhamento à esquerda, e então calculado o diâmetro molhado de solo e observado o perfil de molhamento.

Posteriormente, foi verificada a profundidade de molhamento do solo. Onde com 30 minutos após a irrigação mediu-se com uma trena a profundidade de molhamento, e após 60 minutos, ou seja, com um acréscimo de mais 30 minutos de irrigação, o mesmo procedimento foi adotado. Isso, visando verificar se com o manejo da irrigação atualmente adotado na fazenda, a umidade do solo iria se concentrar na área de maior concentração das raízes do coqueiro (profundidade efetiva do sistema radicular dos coqueiros de 35 cm).

### Resultados e discussão

Todas as variáveis analisadas, no que se refere à eficiência do sistema de irrigação, para as 12 parcelas investigadas, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Vazão média, coeficiente de uniformidade de Christiansen, coeficiente de uniformidade de distribuição, eficiência de aplicação e pressões de início e final das parcelas irrigadas por microaspersão.

Parcela	Q <sub>média</sub> (L.h <sup>-1</sup> )	P <sub>início</sub> (mca)	P <sub>final</sub> (mca)	CUC (%)	CUD (%)	E <sub>a</sub> (%)
1	21,86	12	12	99,53	85,68	77,11
2	24,50	13	13	99,33	82,89	74,60
3	24,11	13	14	99,89	89,40	80,46
4	24,08	14	14	99,54	88,71	79,84
5	24,43	13	14	99,50	88,78	79,90
6	23,65	12	13	99,62	90,62	81,56
7	24,15	13	13	99,42	88,03	79,23
8	23,82	13	13	99,69	92,48	83,23
9	22,00	10	10	99,47	86,64	77,98
10	25,77	14	13	99,78	95,03	85,53
11	19,74	08	07	99,64	91,28	82,15
12	15,92	13	14	99,69	90,26	81,23

Após a análise dos dados das vazões e das pressões de início e final de linha do sistema de irrigação, verificou-se

que as vazões médias de todos os emissores, contidos nas 12 parcelas de irrigação estão abaixo do valor especificado



pelo fabricante (28 L.h-1). Foram observadas vazões que variaram de 15,92 L.h-1 na parcela 12, a 25,77 L.h-1 na parcela 10. A vazão verificada nesta parcela, quando comparada à vazão teórica (fabricante), demonstrou redução de cerca de 8%. Já quanto à parcela 12, a redução foi de 43%. Uma possível causa para tal observação deve-se ao fato de que os microaspersores não são autocompensantes, ou seja, não mantêm a pressão e a vazão, quando há alterações externas, como, por exemplo, topografia irregular do terreno, provocando assim, desuniformidade na vazão. Benício et al. (2009), avaliando um sistema de irrigação por microaspersão, verificaram reduções mínimas e máximas de 5% e 45%, respectivamente. Vistos esses resultados torna-se preciso que o sistema de filtragem seja monitorado, periodicamente, pois partículas podem entupir os microaspersores, ocasionando redução na vazão dos mesmos.

Também, as pressões nas linhas de irrigação encontravam-se reduzidas, quando comparadas à pressão de saída da bomba (20 mca). Observou-se que as parcelas em que os microaspersores demonstraram uma menor vazão média, encontravam-se com pressões mais reduzidas. Foi o exemplo da parcela 11, com vazão média de 19,74 L.h-1 e pressões de entrada e de saída de 08 e 07 mca, respectivamente. Já na parcela 10, com vazão média de 25,77 L.h-1, verificaram-se pressões de entrada e de saída de 14 e 13 mca, respectivamente, comprovando a relação direta entre pressão e vazão. É certo que a perda de carga (pressão) das tubulações causou um decréscimo nas pressões de serviço, pois de acordo com o fabricante, os microaspersores utilizados na pesquisa deveriam trabalhar com pressão de 15 mca. Em apenas 9% das observações de pressão, verificada nos emissores, foram iguais ou superiores à pressão estipulada pelo fabricante, fato esse que foi evidenciado pelo não alcance da vazão teórica do microaspersor (28 L.h-1), em 94% dos emissores da área analisada. Portanto devem ser realizadas vistorias na área de irrigação, visando observar e corrigir possíveis vazamentos nas tubulações do sistema de irrigação, pois vazamentos afetam diretamente a pressão e a vazão dos

emissores, influenciando na uniformidade e na eficiência da irrigação.

Quanto à pressão de serviço, os microaspersores devem funcionar dentro dos limites de pressão especificados pelos fabricantes, pois pressão muito alta provoca uma excessiva pulverização do jato, o que diminui o raio de alcance e causa uma excessiva precipitação próxima ao emissor. Pressão muito baixa também resulta em má distribuição da água. (Silva César; Silva Cícero 2005).

Foram observadas pressões que variaram de 07 mca na parcela 11, a 14 mca, por exemplo, na parcela 4. A pressão verificada nesta parcela, quando comparada à pressão na saída do conjunto motobomba, demonstrou redução de cerca de 30%. Já quanto à parcela 11, a redução foi de 65%. Fato que demonstra deficiência no projeto hidráulico do sistema. No entanto, verificaram-se vazões aceitáveis, provavelmente devido à topografia do terreno.

Um grande avanço no que se refere à irrigação localizada nas duas últimas décadas, foi o advento de gotejadores e microaspersores autocompensantes, que apresentam um dispositivo para compensar variações na pressão e na vazão. Com isso, é possível o projetista de irrigação adotar linhas laterais de maior comprimento, sem aumento do diâmetro da tubulação, oferecendo-lhe grande vantagem em áreas extensas e de elevada variação topográfica. (Silva César; Silva Cícero 2005).

Uma situação comumente encontrada em sistemas com má distribuição é a falta de pressão no final das linhas de distribuição, devido ao envelhecimento e corrosão das paredes internas das tubulações, o que provoca aumento da perda de carga (Guerra 2004).

Quanto ao coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), todas as 12 parcelas investigadas demonstraram valores elevados de CUC, com uma média de 99,59%. Zocoler (2005) estima que em sistemas localizados, o ideal é que a uniformidade atinja um valor de CUC superior a 90%. Isso significa dizer que aproximadamente 90% da área receberá uma lâmina superior ou igual à lâmina média de aplicação.



## Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura do coqueiro

A uniformidade de irrigação é influenciada por uma série de fatores: pressão de serviço; diâmetro dos bocais, geometria e rugosidade dos orifícios; inclinação e velocidade de lançamento do jato; altura do emissor em relação ao solo; estabilidade da haste de sustentação do emissor, que deve ser mantida sempre na vertical; distância dos microaspersores ao caule das plantas e a interferência na interceptação do jato (Costa 1994); e, principalmente fatores climáticos, como a velocidade e direção do vento (Conceição 2002).

De acordo com a classificação da ASAE (1996), os coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD) das 12 parcelas obtiveram classificação de bom a excelente, com valores variando de 82,89% (parcela 2) a 95,03% (parcela 10). São valores satisfatórios, pois Zocoler (2005) afirma que um CUD ideal em sistema localizados deve estar entre 85 e 90%. Também, Benício et al. (2009) encontraram um valor médio de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) igual a 85,6%, em um sistema de irrigação por microaspersão.

Um baixo valor de CUD indica que uma excessiva perda de água por percolação profunda ocorrerá se toda a área de plantio receber uma lâmina maior do que a real necessária. A desuniformidade de microaspersores é 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 César; Silva Cícero 2005). Para o cálculo da eficiência de aplicação (Ea) o CUD foi utilizado por representar mais as condições reais do campo. Assim como neste trabalho, Benício et al. (2009) encontrou valores de CUD menores que os valores de CUC. Para López et al. (1992), o CUD é o mais utilizado na avaliação, pois o mesmo possibilita uma medida mais rigorosa, dando maior peso às plantas que recebem menos água.

A partir da classificação de Bernardo (1995), as eficiências de aplicação (Ea) das parcelas 1, 2, 4, 5, 7 e 9 foram consideradas inaceitáveis. Porém, as eficiências das parcelas 3, 6, 8, 10, 11 e 12 foram classificadas como aceitáveis. Benício et al. (2009) encontraram um valor médio da eficiência de aplicação (Ea) de 83,62%, em irrigação localizada.

No caso desta pesquisa, verificou-se que as reduzidas eficiências de aplicação (Ea) das 6 parcelas supracitadas, se devem aos seguintes fatos: as bailarinas dos microaspersores encontravam-se ausentes, e a altura da haste do emissor, em relação ao solo estava reduzida, concentrando mais a área de irrigação. Portanto, as hastes dos emissores deveriam ser alçadas aos poucos, visando aumentar o diâmetro de molhamento, possibilitando uma redução nas perdas de água por percolação profunda, e estimular o crescimento lateral do sistema radicular da cultura. Assim a eficiência de aplicação da irrigação poderia ser melhorada. Quanto ao padrão de molhamento do solo, as variáveis referentes à avaliação encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Diâmetro molhado e profundidade de infiltração de água no solo, com 30 min e 60 min após a irrigação.

Parcela	Tempo (min)	$\varnothing_{\text{molhado}}$ (cm)	$P_{\text{Infiltração}}$ (cm)
2	30	66	33
	60	66	50
3	30	65	27
	60	65	52
4	30	73	48
	60	73	82
6	30	77	48
	60	77	75
9	30	52	38
	60	52	51



A partir dos dados supracitados é possível observar que apesar de se utilizar na área estudada um mesmo modelo de microaspersor, os diâmetros molhados verificados encontraram-se desuniformes. Isso se deve, provavelmente, a altura das hastes dos emissores, em relação ao solo, pois hastes mais elevadas molham uma área maior e vice-versa.

Quanto à profundidade de infiltração, verificou-se que após os 30 minutos de irrigação, as plantas das parcelas 4, 6 e 9 foram beneficiadas com a água, pois a profundidade efetiva média do sistema radicular das culturas foi de 35 cm. Já as plantas das parcelas 2 e 3, com esse tempo de irrigação, provavelmente sofreram déficit hídrico, pois a água infiltrou 33 cm e 27 cm, respectivamente, ou seja, a umidade não se concentrou na maior concentração radicular da cultura.

Verificou-se que após os 60 minutos de irrigação, todas as plantas foram beneficiadas com a água. Isso visto que com o supracitado tempo de irrigação a menor profundidade alcançada foi de 50 cm, na parcela 2. Vale salientar que esta parcela demonstrou os menores valores de CUC, CUD e Ea, durante a avaliação do sistema de irrigação por microaspersão. Já a parcela 4 demonstrou a maior profundidade de molhamento (82 cm). Esta apesar de ter molhado o solo em uma maior profundidade, não demonstrou os maiores valores de CUC, CUD e Ea, como era de se esperar. Provavelmente, esse fato deva-se pela quantidade de água que foi perdida por percolação profunda, pois o solo da área analisada tem uma textura arenosa, tendo reduzida capacidade de retenção de umidade.

### Conclusão

Os CUC's das 12 parcelas demonstraram valores ideais para sistemas localizados. O mesmo ocorreu com os CUD's que obtiveram classificação de bom a excelente.

Já as eficiências de aplicação (Ea) das parcelas 1, 2, 4, 5, 7 e 9 foram consideradas inaceitáveis. Porém, as eficiências das parcelas 3, 6, 8, 10, 11 e 12 foram classificadas como aceitáveis.

A variação da pressão de serviço exerceu influência sobre a vazão no sistema de irrigação por microaspersão. A altura das hastes e a retirada das bailarinhas influenciaram diretamente a eficiência de aplicação do sistema de irrigação.

### Referências

- ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field Evaluation of Microirrigation Systems**. 1996. p.792-797.
- BENÍCIO et al. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da goiaba em Barbalha-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.3, n.2, p.55–61, 2009.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6.ed. Viçosa: UFV, **Imprensa Universitária**, 1995. 657p.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. **Simulação da distribuição de água em microaspersores sob condição de vento**. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002. 110 p.
- COSTA, M. C. **Caracterização hidráulica de dois modelos de microaspersores associados a três reguladores de fluxo e um mecanismo de pulso**. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 1994. 109p.
- GUERRA, A. F. **Adequação e manejo das irrigações por aspersão por pivô central no cerrado**. EMBRAPA/CPAC, 2004. Disponível em <<http://www.agronline.com.br/artigos>>. Acesso em: 27 de jun. 2010.
- KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, Rain bird Sprinkler Manufacturing Corporation. 1975. 133p.
- LÓPEZ, J. R.; ABREU, J. M. H.; REGALADO, A. P.; HERNÁNDEZ, J. F.G. Riego Localizado. Madrid. Espana: Mundi – **Prensa**. 1992. 405p.
- OLITTA, A. F. L. **Os Métodos de Irrigação**. 1ª ed. São Paulo: Nobel. 1987. 108p.
- SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação



- localizada. **Revista científica eletrônica de agronomia**. n.8. Minas Gerais. 08:123-140. 2005.
- VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. **Irrigação Localizada**. Tradução de GHEY, H.R.; DAMASCENO, F.A.V.; SILVA JÚNIOR, L.G.A.; MEDEIROS, J.F. Campina Grande. UFPB. 1997. 184p.
- ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação**. Ilha Solteira – SP: UNESP. 2005. Disponível em <<http://www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.html>>. Acesso em: 10 de jan. 2011.

