



## Evapotranspiração e produtividade da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação<sup>1</sup>

João H. B. da C. Campos<sup>2</sup>, Vicente de P. R. da Silva<sup>2</sup>, Pedro V. de Azevedo<sup>2</sup>, Cícera J. R. Borges<sup>2</sup>, José M. Soares<sup>3</sup>, Magna S. B. de Moura<sup>3</sup> & Bernardo B. da Silva<sup>2</sup>

### RESUMO

Este trabalho objetivou determinar a evapotranspiração e a produtividade da mangueira e investigar o manejo da irrigação mais apropriado para esta frutífera. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro tratamentos e quatro repetições; os tratamentos de irrigação foram baseados no coeficiente de cultura de referência (Kcr) como: tratamento T1 (Kcr – 20%), tratamento T2 (Kcr), tratamento T3 (Kcr + 20%) e tratamento T4 (controle). Obteve-se a evapotranspiração do pomar de mangueira por meio do método do balanço hídrico no solo e os componentes de produção, também foram avaliados. A umidade do solo foi estimada com base em doze baterias de tensiômetros de mercúrio posicionadas sob o dossel das plantas, cujas medidas foram realizadas três vezes por semana, às 08, 12 e 16 h. A evapotranspiração do pomar de mangueiras apresentou, durante o seu ciclo produtivo, taxas médias de 3,0; 3,2; 3,6 e 4,0 mm dia<sup>-1</sup> mediante os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente; as produtividades máxima e mínima foram de 31,1 e 28,1 t ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos T3 e T4, respectivamente, enquanto o tratamento de irrigação, T3, é o mais apropriado para a região de estudo.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L., umidade do solo, manejo de irrigação

## Evapotranspiration and mango yield under different irrigation treatments

### ABSTRACT

The objective of this study was to determine the evapotranspiration and yield as well, as the appropriate irrigation scheduling, for mango. The experimental design was in randomized blocks, with four treatments and four repetitions. The irrigation treatments were established based on the reference crop coefficient (Kcr), such as: treatment T1 (Kcr – 20%), treatment T2 (Kcr), treatment T3 (Kcr + 20%) and treatment T4 (control). The evapotranspiration of mango was obtained by the soil water balance method and the production components were also evaluated. Soil water pressure suction was measured based on twelve sets of mercury tensiometers positioned under the canopy of individual trees. Measurements were recorded three times per week at 08:00, 12:00 and 16:00 h. Throughout the mango fruiting cycle the mean daily evapotranspirations were 3.0, 3.2, 3.6 and 4.1 mm day<sup>-1</sup> in the treatments T1, T2, T3 and T4, respectively. The maximum and minimum yields were 31.1 and 28.1 t ha<sup>-1</sup> in the T3 and T4 treatments, respectively. The T3 treatment is more appropriate for the studied area.

**Key word:** *Mangifera indica* L., soil water content, irrigation scheduling

<sup>1</sup> Trabalho extraído da Dissertação de Mestrado do primeiro autor

<sup>2</sup> UACA/UFCEG. Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58109-970, Campina Grande, PB, Fone: (83) 3310-1202. E-mail: [jhugocampos@yahoo.com.br](mailto:jhugocampos@yahoo.com.br); [vicente@dca.ufcg.edu.br](mailto:vicente@dca.ufcg.edu.br); [pvieira@dca.ufcg.edu.br](mailto:pvieira@dca.ufcg.edu.br); [cicerasc@yahoo.com.br](mailto:cicerasc@yahoo.com.br); [bernardo@dca.ufcg.edu.br](mailto:bernardo@dca.ufcg.edu.br)

<sup>3</sup> CPATSA/EMBRAPA. BR 428, Km 152, Zona Rural, CEP 56302-970, Petrolina, PE. E-mail: [monteiro@cpatsa.embrapa.br](mailto:monteiro@cpatsa.embrapa.br); [magna@cpatsa.embrapa.br](mailto:magna@cpatsa.embrapa.br)

## INTRODUÇÃO

Na agricultura irrigada é fundamental o conhecimento das necessidades hídricas das culturas. A evapotranspiração é objeto de muitas pesquisas, principalmente com vistas ao planejamento da irrigação de diferentes culturas em várias partes do mundo. A transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera ocorre de forma passiva, em resposta às diferenças de potencial de água no solo. O consumo de água de uma cultura depende diretamente da demanda energética atmosférica, do conteúdo de água no solo e da resistência da planta à perda de água para a atmosfera (Pereira et al., 1997).

Na contabilidade hídrica o solo funciona como reservatório de água, cujo nível de armazenamento depende das entradas e saídas de água. O movimento cíclico da água começa com a infiltração no solo, continua com o seu armazenamento temporário na região do sistema radicular e termina com sua remoção do solo por meio da drenagem, da evaporação e da absorção pelas raízes (Hillel, 1970).

O consumo de água pelas comunidades vegetais é uma informação relevante no planejamento agrícola, com vistas à avaliação da produtividade das culturas. Para conhecer as disponibilidades hídricas no solo, considerar os dados pluviométricos no período de estudo não é suficiente, visto que eles correspondem apenas ao processo de suprimento natural de água para as plantas, tornando-se imprescindível, portanto, considerar também os processos de perda de água para o subsolo e para a atmosfera, obtida pelo balanço hídrico no solo (Camargo, 1987). Recentemente, este método vem sendo utilizado na estimativa da evapotranspiração de frutíferas cultivadas nos perímetros irrigados do semi-árido nordestino (Silva, 2000; Azevedo et al., 2003; Sousa, 2005; Moura, 2005; Azevedo et al., 2006).

A precisão do método do balanço hídrico no solo depende da precisão com que são medidos os componentes da equação de conservação de massa; a maior dificuldade reside na determinação da drenagem profunda ou ascensão capilar, mas a vantagem desse método, quando comparado com os outros que utilizam medições agrometeorológicas acima da superfície, é a facilidade de obtenção e processamento dos dados de precipitação pluvial, irrigação e variação do armazenamento de água no solo e, como principal desvantagem, são citadas as dificuldades de obtenção da evapotranspiração nos períodos chuvosos, embora este método não seja para estimativas de evapotranspiração em base diária, porém se a drenagem profunda for bem avaliada o método será aceitável para intervalos de dois ou três dias (Silva, 2000).

O método do balanço hídrico no solo se mostra eficiente na determinação da evapotranspiração de pomar de mangueiras quando aplicado para períodos de sete dias (Silva, 2000); segundo este autor, para períodos inferiores a uma semana as medições tensiométricas podem não refletir efetivamente o volume de água armazenado no solo o que se deve à resposta lenta dos tensiômetros em virtude do tempo necessário para que a cápsula porosa do instrumento entre em equilíbrio com o solo; além disso, os tensiômetros não acusam variações de umidade quando o teor de água no solo está abaixo de 80% da capacidade de campo e, quando é aplica-

do em grandes áreas, o maior problema não é propriamente o método mas a falta de boa representatividade dos dados de umidade do solo em virtude da variação espacial das chuvas e da falta de homogeneidade na topografia do terreno.

Apesar dos estudos já realizados sobre a evapotranspiração da mangueira irrigada na região do Submédio do Rio São Francisco (Silva, 2000; Azevedo et al., 2003), ainda não há informações sobre consumo hídrico da mangueira sob diferentes tratamentos de irrigação. Esta informação é de extrema relevância para o manejo da mangueira, principalmente nessa região, na qual a fruticultura irrigada é responsável por cerca de 16.000 empregos diretos e utilização de bilhões de metros cúbicos de água na irrigação (Lacerda & Lacerda, 2004). Face ao exposto objetivou-se, neste trabalho, a determinação da evapotranspiração e a produtividade da mangueira cultivada na região do Submédio Rio São Francisco, sob diferentes lâminas de irrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido em um pomar de mangueiras (*Mangifera indica* L.), variedade 'Tommy Atkins', localizado na Empresa Agropecuária Boa Esperança S.A. (latitude: 9° 20' S, longitude: 40° 27' O, altitude: 365,5 m), km 183 da BR-428, próxima à área urbana da cidade de Petrolina, estado de Pernambuco. Segundo a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima do tipo BSW<sub>h</sub>, semi-árido, e valores médios anuais das variáveis climatológicas: temperatura do ar = 26,5 °C, precipitação pluvial = 541,1 mm, umidade relativa do ar = 65,9%, evaporação do tanque classe "A" = 2.500 mm ano<sup>-1</sup> e velocidade do vento = 2,3 m s<sup>-1</sup>. A precipitação é irregularmente distribuída no espaço e no tempo, concentrando-se nos meses de dezembro a abril; a insolação anual é superior a 3.000 h e o solo predominante é classificado como Areia Quartzênica (Azevedo et al., 2003).

A análise das características físicas e químicas do solo da área experimental foi realizada com base em amostras indeformadas, coletadas a partir de trincheiras abertas no interior da parcela experimental nas camadas de solo: 0,00-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60; 0,60-0,80; 0,80-1,20 m, com três repetições. As amostras foram utilizadas para determinação da densidade global, textura e curva de retenção de água no solo, enquanto a condutividade hidráulica do solo foi determinada com base em amostras coletadas nas camadas: 0,60-0,80; 0,80-1,20 m. Essas análises foram efetuadas no Laboratório de Solos da Embrapa Semi-Árido, em Petrolina, PE.

A análise de solo da área experimental indicou textura arenosa, com média de 89,3% de areia, 4,1% de silte e 6,3% de argila no perfil, desde a superfície até 1,2 m de profundidade. A umidade média do solo à base de volume, foi de 0,126 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> em capacidade de campo (0,06 atm) e de 0,044 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> em ponto de murcha permanente (15 atm) (Tabela 1). A umidade do solo, tanto em capacidade de campo (CC) como em ponto de murcha permanente (PMP) decresceu com o aumento da profundidade, exceto na camada 0,80-1,2 m em que o PMP foi levemente superior àquele da camada 0,60-0,80 m (Tabela 1).

**Tabela 1.** Granulometria (%) e umidade do solo (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>) em capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP)

Profundidade (cm)	Granulometria (%)			Umidade do solo (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	
	Areia	Silte	Argila	CC	PMP
0,0-0,20	91,5	5,0	3,5	0,140	0,059
0,20-40	89,5	5,5	5,0	0,134	0,043
0,40-60	89,5	5,0	5,5	0,128	0,043
0,60-80	89,0	2,0	9,0	0,112	0,037
0,80-1,2	87,0	3,0	10,0	0,112	0,039
Média	89,3	4,1	6,3	0,126	0,044

A área da empresa cultivada com mangueiras, com aproximadamente 200 ha, foi implantada em junho de 1993, no espaçamento 10 x 5 m, totalizando 200 plantas por hectare. O estudo foi realizado em uma parcela com 3.200 m<sup>2</sup>, com 64 plantas irrigadas por microaspersão, utilizando-se um emissor com vazão de 60 L h<sup>-1</sup> por planta; a coleta de dados ocorreu durante o ciclo reprodutivo do mangueiral, no período de abril a agosto de 2005.

Neste trabalho foram analisados os seguintes estádios fenológicos da mangueira (Soares et al., 1998) e respectivos períodos do ano: floração: 20 dias (17 de abril a 07 de maio); queda de frutos: 40 dias (08 de maio a 17 de junho); formação de frutos: 50 dias (18 de junho a 07 de agosto) e maturação de frutos (08 a 18 de agosto); e as colheitas, nos dias 01, 02, 27 e 28 de agosto de 2005.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, compreendendo quatro tratamentos de irrigação, com quatro repetições. A área experimental foi dividida em 16 parcelas, contendo quatro plantas por parcela, totalizando 64 plantas. Em cada parcela se aplicou um tratamento diferente de irrigação. A Figura 1 apresenta o croqui da área experimental com a diferenciação dos tratamentos de irrigação utilizados no estudo.

Empregou-se, no manejo da irrigação, a curva de coeficiente de cultivo para a mangueira obtido por Silva (2000):

$$K_{cr} = 0,36 + 0,009(DAF) - 4 \times 10^{-5}(DAF)^2 \quad (1)$$

em que K<sub>cr</sub> é o coeficiente de cultura de referência e DAF é o número de dias após o início da floração da mangueira.

Dentre os quatro tratamentos de irrigação, os tratamentos T1, T2 e T3 foram obtidos em função da Eq. 1 e o tratamento T4, denominado tratamento controle, correspondeu ao manejo de água adotado pelo produtor. Os tratamentos de irrigação foram definidos da seguinte forma:

Tratamento 1 (T1): (K<sub>cr</sub> - 20%)

Tratamento 2 (T2): K<sub>cr</sub>

Tratamento 3 (T3): (K<sub>cr</sub> + 20%)

Tratamento 4 (T4): Manejo adotado pelo produtor (controle)

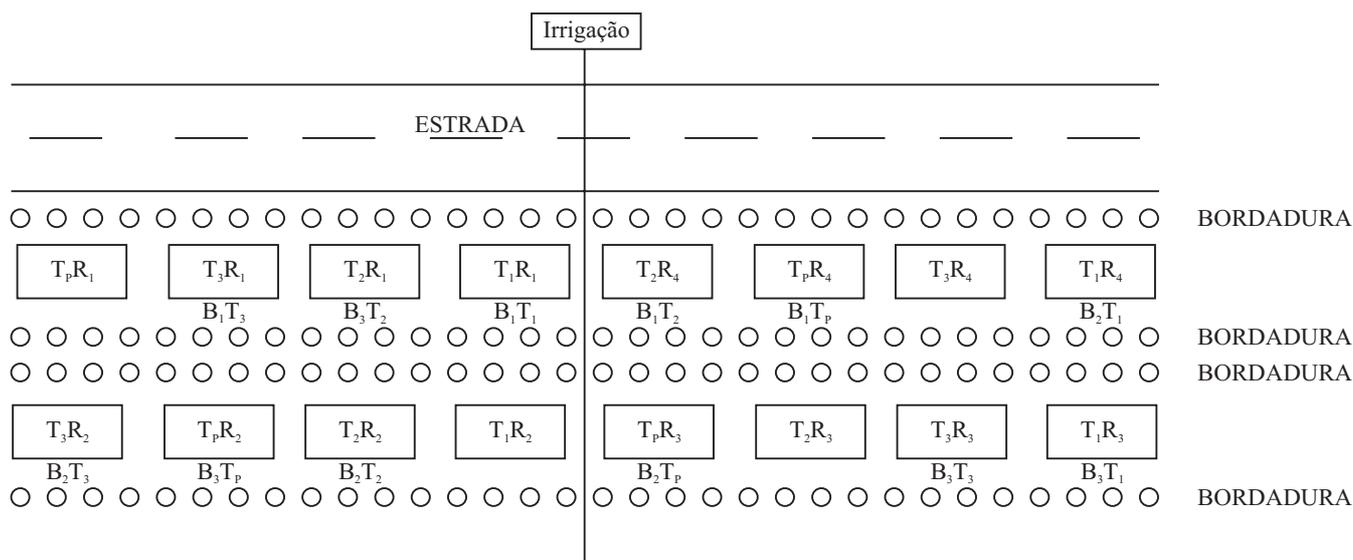
O volume de água aplicado no tratamento de controle (T4) foi baseado na média semanal da evaporação do tanque classe "A". O tempo necessário para aplicar cada lâmina de irrigação nos tratamentos T1, T2 e T3 foi determinado pela Eq. 2:

$$T_i = \frac{V_a}{q} \quad (2)$$

em que T<sub>i</sub> é o tempo de irrigação (h), V<sub>a</sub> é o volume de água aplicado ao solo (L), q é a vazão dos microaspersores (L h<sup>-1</sup>). Para cada planta, V<sub>a</sub> foi determinado com base na expressão:

$$V_a = \frac{K_c ET_o K_i A_p}{E_r} \quad (3)$$

em que ET<sub>o</sub> é a evapotranspiração de referência (mm), K<sub>c</sub> é o coeficiente de cultura, de acordo com os tratamentos



**OBSERVAÇÃO:**

Cada círculo representa uma planta;  
 Cada retângulo representa um grupo com quatro plantas;  
 Cada bateria de tensiômetros foi colocada na terceira planta do grupo;

B<sub>1</sub> – bateria de tensiômetros distante 80 cm da planta;  
 B<sub>2</sub> – bateria de tensiômetros distante 120 cm da planta;  
 B<sub>3</sub> – bateria de tensiômetros distante 160 cm da planta;

**Figura 1.** Croqui da área experimental com mangueiras submetidas a quatro tratamentos de irrigação com quatro repetições, Petrolina, PE, 2005

utilizados,  $K_r$  é o coeficiente de redução,  $A_p$  é a área máxima ocupada pela planta ( $m^2$ ) e  $E_f$  é a eficiência do sistema de irrigação. Diariamente, a irrigação foi controlada através de um painel de programação da irrigação e medida em hidrômetros instalados em cada tratamento. A  $ET_o$  foi obtida diretamente por meio de uma estação automática instalada no campo experimental de Bebedouro, pertencente ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, localizada próximo à área experimental, utilizando-se a Eq. 4 de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left( \frac{900U_2}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (4)$$

em que  $R_n$  e  $G$  são expressas em  $MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$ ,  $\Delta$  é a declinação da curva de saturação do vapor da água ( $KPa\ ^\circ C^{-1}$ ) e  $U_2$  é a velocidade do vento (média diária) a 2 m acima da superfície do solo ( $m\ s^{-1}$ ),  $e_s$  é pressão de saturação do vapor (kPa),  $e_a$  pressão real do vapor (kPa) e  $\gamma$  é o fator psicrométrico ( $MJ\ kg^{-1}$ ).

Na área experimental foram instaladas doze baterias de tensiômetros sob a copa das plantas, sendo três para cada subparcela, nas distâncias de 0,80, 1,20 e 1,60 m em relação ao tronco das plantas; cada uma dessas baterias foi constituída de cinco tensiômetros de mercúrio, com cápsulas (sensores) posicionadas nas profundidades de 0,20, 0,40, 0,60, 0,80 e 1,20 m e medições realizadas três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira) nos horários das 8, 12 e 16 h.

A evapotranspiração do pomar de mangueiras ( $ET_c$ ) foi definida pelo método do balanço hídrico no solo (BHS), expresso por (Libardi, 1995) através da Eq. 5:

$$ET_c = P + I + A - D \pm \Delta W - R \quad (5)$$

em que  $P$  é a precipitação pluviométrica;  $I$  a lâmina de irrigação;  $A$  a ascensão capilar;  $D$  a drenagem profunda;  $\Delta W$  a variação da lâmina de água disponível no solo e  $R$  o escoamento superficial. Todos os componentes dessa equação são expressos em  $mm\ d^{-1}$ .

O escoamento superficial foi considerado nulo, visto que a topografia do terreno era plana,  $P$  foi monitorada com um pluviômetro instalado na área,  $I$  foi medida por meio de hidrômetros e  $\Delta W$  determinado com base no perfil de umidade do solo.

O volume de controle considerado para elaboração do balanço hídrico correspondeu à camada de solo compreendida entre a superfície e a profundidade efetiva do sistema radicular. A partir de três trincheiras abertas no interior da parcela, constatou-se que o sistema radicular se concentrava na camada entre a superfície e 1,20 m de profundidade.

O fluxo vertical descendente ou ascendente ( $D/A$ ), cruzando o limite inferior do volume de controle, foi obtido pela equação de Darcy-Buckingham como:

$$D/A = - \left[ K(\theta) \frac{\partial \phi_t}{\partial Z} \right] \quad (6)$$

em que  $K(\theta)$  é a condutividade hidráulica do solo não-saturado (capacidade do solo em transferir água, em  $cm\ d^{-1}$ ),  $\phi_t$  é o potencial total de água no solo (cm) e  $Z$  (cm) é a coordenada vertical.

O potencial total de água no solo ( $\phi_t$ ) foi obtido pela Eq. 7:

$$\phi_t = \phi_m + \phi_g \quad (7)$$

em que  $\phi_m$  é o potencial matricial e  $\phi_g$  é o potencial gravitacional, ambos expressos em centímetros de coluna de água (cm).

O potencial matricial foi proposto por meio das medições tensiométricas realizadas em campo, utilizando-se a seguinte equação:

$$\phi_m = (-12,6h_{Hg} + h_c + h_p) \quad (8)$$

em que  $h_{Hg}$  corresponde à altura da coluna de mercúrio (cm), a partir do nível da cuba;  $h_c$  é a altura do nível da cuba em relação à superfície do solo (cm) e  $h_p$  é a profundidade da cápsula porosa (cm).

A condutividade hidráulica para o solo não-saturado  $K(\theta)$  foi determinada de acordo com a Eq. 8 (van Genuchten, 1980):

$$K(\theta) = K_o Se^l \left[ 1 - \left( 1 - Se^{1/m} \right)^m \right]^2 \quad (9)$$

em que  $K_o$  é a condutividade hidráulica do solo saturado, obtida em laboratório, através de permeâmetro de carga constante;  $l$  um parâmetro empírico que, segundo Mualem (1976), é igual a 0,5 para a maioria dos solos;  $Se$  é a saturação efetiva dada por:

$$Se = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (10)$$

em que  $\theta$  é a umidade volumétrica,  $\theta_s$  a umidade volumétrica no momento da saturação e  $\theta_r$  a umidade volumétrica residual; assim, o conteúdo de umidade no solo foi obtido pela expressão (van Genuchten, 1980):

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[ 1 + |\alpha \phi_m|^m \right]^m} \quad (11)$$

em que  $\theta_s$  e  $\theta_r$ , como definidas anteriormente, são expressas em  $cm^3\ cm^{-3}$ ,  $\phi_m$  é o potencial matricial (cm de água), e  $\alpha$ ,  $n$  e  $m$ , são constantes empíricas obtidas a partir da curva de retenção da água no solo.

O armazenamento de água no solo ( $W$ ), em mm, durante um intervalo de tempo, foi calculado usando-se a Eq. 12:

$$W_t = \int_0^L \theta(z) dz = \bar{\theta} L \quad (12)$$

em que  $\bar{\theta}$  é a umidade do solo média até a profundidade considerada ( $cm^3\ cm^{-3}$ ) e  $L$  a espessura da camada de solo (cm). Durante o intervalo de tempo considerado, a variação do armazenamento de água no solo ( $\Delta W$ ), expressa em cm, foi obtida como:

$$\Delta W = W_t - W_{t-1} \quad (13)$$

em que  $\Delta W$  e  $\Delta W_{t-1}$  representam os armazenamentos de água no perfil do solo nos instantes  $t$  e  $t-1$ , respectivamente.

A análise de variância (ANOVA) foi aplicada para testar se houve diferença significativa entre as produtividades da mangueira, obtidas com base nos quatro tratamentos de irrigação. O teste de Tukey foi utilizado para avaliar a significância estatística dessas diferenças, em níveis de probabilidade de 1 e 5%. A análise estatística foi conduzida através do “software” Assistat (Silva, 1996).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conlui-se, com base nas observações em campo, que a área de ocupação da planta foi de 27,37 m<sup>2</sup>. Este valor foi obtido quando da com base na medição do raio da copa da planta, utilizando-se 16 plantas na área experimental, com quatro repetições para cada planta representativa de cada parcela. A eficiência do sistema de irrigação foi de 0,85. A Tabela 2 exibe a condutividade hidráulica ( $K_0$ ), a densidade global do solo ( $D_g$ ) e os coeficientes das funções paramétricas de retenção de água no solo de van Genuchten (1980), no perfil entre a superfície do solo e a profundidade de 1,20 m.

**Tabela 2.** Densidade global e parâmetros da equação de Genuchten

Profundidade (m)	$D_g$ (g cm <sup>-3</sup> )	$K_0$ (mm h <sup>-1</sup> )	N	$\alpha$ (k Pa <sup>-1</sup> )	M	$\theta_s$ $\theta_r$ (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )	
						$\theta_s$	$\theta_r$
0,0-0,20	1,51	-	1,5208	3,0147	0,3425	0,4288	0,0585
0,20-0,40	1,60	-	1,6818	1,1926	0,4054	0,3954	0,0436
0,40-0,60	1,58	-	1,6434	1,5626	0,3915	0,4021	0,0426
0,60-0,80	1,54	10,45	1,6416	2,0547	0,3908	0,4203	0,0365
0,80-1,20	1,54	31,40	1,6481	2,0478	0,3932	0,4196	0,0386

Com as camadas de solo compreendidas entre 0,60 e 0,80 m e de 0,80 e 1,20 m, a condutividade hidráulica do solo variou de 10,45 a 31,40 mm h<sup>-1</sup>, respectivamente, resultado que sugere que o solo da área experimental apresenta, na região das raízes, capacidade de retenção de água muito baixa; a densidade global do solo variou do valor mínimo de 1,51 g cm<sup>-3</sup>, na camada entre 0,0 e 0,20 m, ao valor máximo de 1,60 g cm<sup>-3</sup>, na camada entre 0,20 e 0,40 m.

#### Teor de umidade no solo

Os valores médios e os desvios padrão da umidade do solo para os quatro tratamentos de irrigação em cada camada de solo analisada, são apresentados na Tabela 3. Os valores máximos de umidade do solo foram obtidos na primeira camada, ou seja, entre 0,0 e 0,20 m, com valores de 0,132; 0,151; 0,153 e 0,156 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> nos tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente; esses valores sempre se situaram próximos à capacidade de campo. A camada de solo entre 0,80 e 1,20 m apresentou umidade do solo média inferior à capacidade de campo, em todos os tratamentos de irrigação.

Os valores médios de umidade do solo foram maiores na

camada entre 0,80 e 1,20 m, quando comparados com aqueles da camada entre 0,60 e 0,80 m, exceto no tratamento T3. Os baixos valores de umidade do solo observados na camada entre 0,60 e 0,80 m ocorreram devido à absorção da água pelas raízes, as quais se concentram nesta profundidade, de acordo com a análise do sistema radicular. Tal análise foi realizada através de três trincheiras abertas na área experimental, com dimensões de 0,80 m x 0,80 m x 1,50 m de largura, comprimento e profundidade, respectivamente. As médias da umidade do solo foram muito próximas nos quatro tratamentos de irrigação em razão da sua pequena variabilidade, quando o solo se encontra próximo à capacidade de campo. Evidentemente, o teor de água no solo diminuiu em função do aumento da profundidade e aumentou de acordo com o aumento da lâmina de irrigação; entretanto, na camada de solo entre 0,20 e 0,60 m a umidade do solo se manteve entre 0,094 e 0,156 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> e, na camada entre 0,80 e 1,20 m, ela foi sempre inferior à capacidade de campo.

**Tabela 3.** Valores médios e os desvios-padrão da umidade do solo nos quatro tratamentos de irrigação em cada camada de solo analisada

Profundidade (cm)	Umidade do solo (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )			
	T1	T2	T3	T4
0,0-0,20	0,132±0,03	0,151±0,01	0,153±0,02	0,156±0,01
0,20-40	0,102±0,03	0,127±0,02	0,131±0,02	0,145±0,01
0,40-60	0,094±0,02	0,119±0,02	0,121±0,02	0,139±0,02
0,60-80	0,077±0,02	0,086±0,02	0,096±0,01	0,108±0,02
0,80-1,2	0,094±0,02	0,091±0,01	0,093±0,01	0,111±0,01
Média	0,100±0,02	0,115±0,02	0,119±0,02	0,132±0,01

#### Balanco hídrico no solo

Apresentam-se na Tabela 4, os valores da evapotranspiração acumulada por período (ETA) e da média diária (ETD) para cada estágio fenológico da mangueira e para todos os tratamentos de irrigação. A maior taxa de evapotranspiração diária média foi obtida no estágio de maturação de frutos com 3,8, 4,4, 4,7 e 5,6 mm d<sup>-1</sup>, respectivamente para os tratamentos T1, T2, T3 e T4; resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2000) em experimento com a mangueira, na mesma região de estudo.

**Tabela 4.** Evapotranspiração acumulada por período (ETA) e evapotranspiração diária média (ETD), por estágio fenológico e tratamento de irrigação

Estádio	Tratamento							
	T1		T2		T3		T4	
	ETA	ETD	ETA	ETD	ETA	ETD	ETA	ETD
	mm							
Floração	70,9	3,5	80,8	4,0	81,7	4,1	78,8	3,9
Queda de frutos	103,7	2,6	109,6	2,7	111,8	2,8	143,1	3,6
Formação de frutos	158,8	3,2	157,9	3,2	200,3	4,0	205,0	4,1
Maturação dos frutos	37,9	3,8	43,6	4,4	46,7	4,7	55,9	5,6
Média	-	3,3	-	3,6	-	3,9	-	4,3
Total	371,4	-	392,1	-	440,6	-	482,8	-

As menores taxas de evapotranspiração diária média foram obtidas no estágio de queda de frutos, com valores de 2,6; 2,7; 2,8 e 3,6 mm d<sup>-1</sup>, nos tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente; a evapotranspiração média diária do ciclo produtivo do pomar de mangueiras nos tratamentos T1, T2, T3 e T4 foi de 3,3, 3,6, 3,9 e 4,3 mm, respectivamente; portanto, o tratamento T4 foi o que apresentou a maior taxa de evapotranspiração média diária, tanto no período total quanto nos estádios fenológicos, em todos os tratamentos de irrigação, exceto no estágio fenológico de floração com os tratamentos T2 e T3

A evapotranspiração acumulada durante o ciclo produtivo da mangueira, mediante os tratamentos T1, T2, T3 e T4, foi de 371,4, 392,1 440,6 e 482,8 mm, respectivamente; assim, a ETA também aumentou em função do aumento da irrigação e os resultados apresentados indicam que a evapotranspiração do pomar de mangueiras foi bastante influenciada pelo volume de água aplicado ao solo. Os maiores valores de ETD são observados no estágio de maturação de frutos, em todos os tratamentos de irrigação, em face da curva do K<sub>cr</sub> atingir o máximo nesse estágio fenológico. Acham-se, na Tabela 5, o volume de água aplicado por irrigação por tratamento e a precipitação pluviométrica total para cada estágio fenológico. A lâmina total de irrigação aplicada variou entre o valor mínimo de 365,6 mm no tratamento T1 (K<sub>cr</sub> - 20% K<sub>cr</sub>) ao valor máximo de 548,9 mm no tratamento T4 (controle), enquanto a precipitação pluvial no período foi de 154,4 mm. A lâmina de água aplicada nos tratamentos T1, T2 e T3 representou 66,6, 75,2 e 87,1%, daquela aplicada no tratamento T4; portanto, a evapotranspiração diária média e a evapotranspiração acumulada correspondentes ao ciclo produtivo do pomar de mangueiras, aumentaram em função do total de água aplicado por irrigação.

O curso temporal da evapotranspiração diária do pomar de mangueira para cada tratamento de irrigação, é apresentado na Figura 2. Apesar da evapotranspiração acumulada do pomar ter aumentado de acordo com o aumento da lâmina de irrigação, em alguns estágios do ciclo produtivo, a taxa diária de evapotranspiração não seguiu rigorosamente este comportamento. Analisando-se, em termos de dias após a floração (DAF), observa-se que no período compreendido entre o DAFs 75 e 100 a evapotranspiração no tratamento T3 foi maior que a obtida no tratamento T4. Em experimento de campo realizado nessa região com a mangueira, Azevedo et al. (2003) encontraram a evapotranspiração da mangueira, também com base no balanço hídrico no solo, variando entre 4,1 e 4,7 mm, com valor médio no ciclo produtivo de 4,3 mm.

Tabela 5. Precipitação e irrigação acumulada nos quatro tratamentos de irrigação na mangueira para cada estágio fenológico e período total

Estádio	Período do ano	Pr	T1	T2	T3	T4
Floração	17/04 - 07/05	75,64	53,43	53,43	53,43	53,43
Queda de frutos	08/05 - 17/06	38,60	90,27	109,17	132,71	162,08
Formação de frutos	18/06 - 07/08	21,15	182,52	206,15	241,76	271,68
Maturação dos frutos	08/08 - 18/08	19,05	39,43	44,31	50,13	61,75
Total	17/04 - 18/08	154,44	365,65	413,06	478,03	548,94

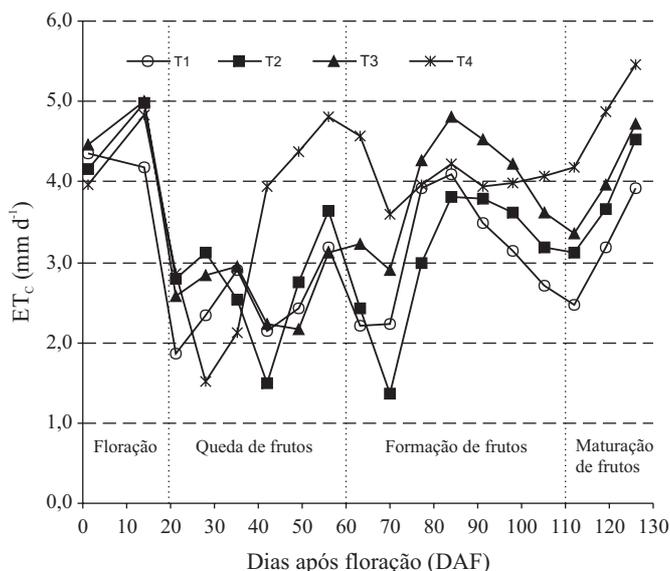


Figura 2. Comportamento diário da evapotranspiração da mangueira obtida pelo método do balanço hídrico no solo nos tratamentos T1, T2, T3 e T4

### Produtividade do pomar de mangueiras

Os parâmetros de produtividade do pomar de mangueiras, expressos como número de frutos por planta, peso de frutos por planta e produtividade (t ha<sup>-1</sup>), nos tratamentos de irrigação T1, T2, T3 e T4, são apresentados na Tabela 6. A análise de variância aplicada aos parâmetros de produtividade revelou diferença significativa apenas entre os tratamentos de irrigação T3 e T4, pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. O volume de água aplicado aumentou do tratamento T1 ao tratamento T4; entretanto, os parâmetros de produtividade não aumentaram nessa seqüência. Apesar do tratamento T4 ter recebido o maior volume de água, foi o que apresentou os menores valores dos parâmetros de produtividade; apenas, do T1 ao T3 os parâmetros de produtividade aumentaram com o aumento da irrigação; portanto, o aumento do volume de água aplicado ao pomar de mangueiras não implica, necessariamente, no aumento dos parâmetros de produtividade.

Tabela 6. Parâmetros de produtividade do pomar de mangueiras nos tratamentos de irrigação T1 (K<sub>cr</sub> - 20%K<sub>cr</sub>), T2(K<sub>cr</sub>), T3 (K<sub>cr</sub> + 20%K<sub>cr</sub>) e T4 (controle)

Parâmetros	T1	T2	T3	T4
Número de frutos por planta	402,17 a	408,75 a	423,50 b	382,58 a
Peso de frutos por planta	147,46 a	149,87 a	155,28 b	140,28 a
Produtividade (t ha <sup>-1</sup> )	29,49 a	29,97 a	31,06 b	28,06 a

\* Para a mesma variável, nas linhas médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Azevedo et al. (2006) também observam que a produtividade do coqueiro não aumenta com o aumento da irrigação.

A diferença entre o tratamento que produziu os maiores valores dos parâmetros de produtividade (T3) e o tratamento que produziu os menores valores (T4) foi bastante considerável, apesar dessa diferença não ser estatisticamente significativa. A diferença do parâmetro produtividade entre esses tratamentos foi de exatamente 3 t ha<sup>-1</sup>; assim, o ponto máximo dos parâmetros de produtividade foi no tratamento T3, ou seja, com o coeficiente de cultivo obtido por Silva (2000) mais 20%.

### CONCLUSÕES

1. O manejo de água mais adequado ao cultivo da mangueira na região do Submédio Rio São Francisco, é o tratamento que utiliza um incremento de 20% da curva do coeficiente de cultivo de referência.

2. A evapotranspiração no pomar de mangueiras é maior no final do ciclo produtivo e menor no estágio fenológico de queda de frutos.

3. O aumento do volume de água aplicado ao pomar de mangueiras por irrigação não implica, necessariamente, no aumento dos parâmetros de produtividade.

### LITERATURA CITADA

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration. Roma: FAO, 1998. 301p. Irrigation and Drainage Paper 56.
- Azevedo, P. V.; Silva, B. B.; Silva, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in Northeast Brazil. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.58, n.1, p.241-254. 2003.
- Azevedo, P. V.; Sousa, I. F.; Silva, B. B.; Silva, V. P. R. Water-use efficiency of dwarf-green coconut (*cocos nucifera L.*) orchards in Northeast Brazil. *Agricultural Water Management*, v.1, n.84, p.259-264, 2006.
- Camargo, A. P. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: Simpósio sobre o manejo de água na agricultura, 1987, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargil, 1987. p.53-90.
- Hillel, D. Solo e água: Fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS, 1970. 231p.
- Lacerda, M. A. D.; Lacerda, R. D. O Cluster da fruticultura no Pólo Petrolina/Juazeiro. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.4, n.1, 22p. 2004.
- Libardi, P. L. Dinâmica da água no solo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995, 497p.
- Moura, M. S. B. Consumo hídrico, produtividade e qualidade do fruto da goiabeira irrigada na região do submédio São Francisco. Campina Grande: CDRN/UFCG, 2005, 122p. Tese Doutorado
- Mualem, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resource Research*, v.12, n.3, p.513-522. 1976.
- Pereira, A. R.; Villa Nova, N. A.; Sedyama, G. C. Evapo(transpi)ração. São Paulo: FEALQ, 183p., 1997.
- Silva, F. A. S. The Assisat Software: statistical assistance. International Conference on Computers in Agriculture. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, v.1, p. 298-298. 1996.
- Silva, V. P. R. Estimativa das necessidades hídricas da mangueira. Campina Grande: CDRN/UFPB, 2000, 129p. Tese Doutorado
- Soares, J. M.; Costa, F. F.; Santos, C. R. Manejo de irrigação em frutíferas. In: Faria, M. S.; Silva, É. L.; Vilela, L. A. A.; Silva, A. M. (ed.). Manejo de Irrigação. Poços de Caldas: DE/UFLA, 1998. Cap 4, p.281-308.
- Sousa, I. F. Manejo de irrigação, consumo hídrico e produtividade do coqueiro anão verde nos tabuleiros costeiros norte do Estado de Sergipe. Campina Grande: CDRN/UFCG, 2005, 143p. Tese Doutorado
- van Genuchten, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of American Journal*, v.44, p.892-989, 1980.