

COEFICIENTE DE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA MANGUEIRA IRRIGADA

Vicente de Paulo Rodrigues da Silva¹, Pedro Vieira de Azevedo¹, Bernardo Barbosa da Silva¹, Luiz Henrique Bassoi², Antônio Heriberto de Castro Teixeira², José Monteiro Soares², José Espínola Sobrinho³

¹Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências Atmosféricas, Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Cep: 58 109-970, Campina Grande, PB, e-mail: vicente@dca.ufpb.br

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Semi-Árido

³Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM

ABSTRACT

Data of solar radiation, soil heat flux and dry and wet bulbs air temperature were used in the elaboration of the above canopy energy balance based on Bowen ratio. Also, data soil humidity profiles were used in the determination of the soil water balance of a dripping irrigated seven years old mango orchard, cv. 'Tommy Atkins'. The field experiment was conducted in the irrigated perimeter of Bebedouro, in Petrolina-PE, Brazil (Latitude: 09°09'S, Longitude: 40°22'W; altitude: 365.5m), in the years of 1998 and 1999. The obtained results indicated that, in the submedian San Francisco river region soil and climate conditions, the mango orchard water consumption, represented by the crop coefficient (K_c), doesn't stay constant throughout the productive cycle, but it varies as a function of the days after flowering (DAF) according to the following equation: $K_c = 0.36 + 0.009(\text{DAF}) - 4.0 \times 10^{-5}(\text{DAF})^2$, with $r^2 = 0.79$.

1. INTRODUÇÃO

A mangueira é encontrada praticamente em todo o Brasil, sendo o Nordeste, onde as condições edafoclimáticas são mais favoráveis, a principal região produtora de manga do país, com 53% da produção nacional. A área cultivada nessa região é cerca de 34.000 ha, enquanto a região Sudeste é considerada a segunda maior produtora de manga do país, com uma área plantada de 13.000 hectares.

O uso do coeficiente de cultura na agricultura irrigada tem sido estudado por vários pesquisadores (DOORENBOS & KASSAN, 1979; AZEVEDO *et al.*, 1993; BEZERRA, 1997) objetivando a determinação da demanda hídrica para diferentes culturas. Os resultados, entretanto, têm tido pouca extensão em suas aplicações, visto que esse coeficiente varia de cultura para cultura e ao longo do ciclo produtivo.

DOORENBOS & PRUITT (1977) apresentaram valores de coeficientes de cultura amplamente utilizados para várias culturas, quando não for possível a sua determinação experimental, mas enfatizaram a grande necessidade de calibração desses valores em outras condições climáticas. Esses valores, por sua vez, podem diferir daqueles observados em condições climáticas e edáficas diferentes, assim como em função dos métodos utilizados para determinar a evapotranspiração da cultura e de referência.

Baseado na evaporação do Tanque "Classe A" e em quatro valores de coeficiente de cultura (0,33; 0,66; 1,00 e 1,33), STRABBIOLI (1985) aplicou uma vazão de 4,0 l/h na irrigação do morangueiro, sempre após ter observado 10mm de evaporação. A lâmina d'água aplicada provocou aumento da produção de frutos, de 345 para 554 g/planta, e do peso do fruto de 7,6 para valores entre 8,5-10,4g. Os maiores valores de produção e peso do fruto foram obtidos utilizando-se o coeficiente de cultura igual à unidade, muito embora não tenha ocorrido diferença significativa entre tratamentos.

ALLEN *et al.* (1996) utilizando equações que consideram a velocidade do vento e umidade relativa, modificaram o procedimento de cálculo do coeficiente de cultura proposto por DOORENBOS & PRUITT (1977) com a inclusão do coeficiente de cultura basal. Verificaram, também, que para determinado clima esse novo procedimento é mais eficiente na determinação do consumo hídrico. Posteriormente, PEREIRA & ALLEN (1997) utilizando processos numéricos, apresentaram nova metodologia para o ajustamento dos coeficientes de cultura nos períodos inicial, intermediário e final do ciclo vegetativo de culturas, a qual divergiu daquela adotada por DOORENBOS & PRUITT (1977) que consistia em tabelas de múltiplas entradas e conseqüente interpolação, conforme condições de umidade e vento. Observaram, também, que a adaptação de correções dos efeitos do clima, considerando alguma especificidade das culturas, permitiu uma transposição fácil e segura dos coeficientes de cultura de um local para outro e de um clima para outro, com rigor suficiente e que o coeficiente de cultura, que representa a relação entre a demanda evapotranspiratória da cultura e do ambiente, não é apenas um coeficiente de

caráter empírico, mas tem significado físico preciso. Eles argumentaram, ainda, que a irrigação em quantidade insuficiente ou excessiva provoca perda de água e nutrientes, além de problemas de salinização no solo de regiões áridas e semi-áridas.

OLIVEIRA *et al.* (1993) utilizando o sistema de irrigação por gotejamento com um turno de rega de dois dias, efetuaram cinco tratamentos de irrigação na bananeira, com coeficientes de cultura de 0,60; 0,80; 1,00 e 1,20 e testemunha sem irrigação. A lâmina de água aplicada foi obtida multiplicando-se a evaporação do Tanque “Classe A” pelo coeficiente de cultura. Os resultados indicaram a maior produtividade da bananeira, com coeficiente de cultura de 0,60.

EVANS *et al.* (1993) determinaram o coeficiente de cultura para a videira adulta utilizando lisímetros na determinação da evapotranspiração da cultura e o Tanque “Classe A” na obtenção da evapotranspiração de referência, cujos resultados evidenciaram que os valores de coeficientes de cultura publicados para o planejamento de irrigação da videira sobreestimaram aqueles obtidos experimentalmente. Atribuíram essa diferença aos seguintes aspectos: (i) à variação do tamanho do dossel da planta e sistema de irrigação adotado; (ii) à diferença de variedade; (iii) à variação sazonal do número de horas de sol por dia e (iv) à variação das práticas culturais e características do solo.

CASTEL (1994) aplicou diferentes tratamentos de irrigação numa parcela de laranjal, irrigada por gotejamento com base na evapotranspiração obtida por lisímetro. A lâmina total de água aplicada foi de 290 e 397mm com coeficientes de cultura de 0,21 e 0,31 em 1990 e 1991, respectivamente. Observou que a irrigação com 50% da evapotranspiração foi insuficiente nos dois anos analisados produzindo, assim, alto estresse hídrico e reduzido o crescimento das árvores e o número de frutos.

GUTIÉRREZ & MEINZER (1994b) determinaram a evapotranspiração da cultura do café, irrigada por gotejamento, através do balanço de energia baseado na razão de Bowen e a evapotranspiração de referência pela equação modificada de Penman. Na medição dos fluxos foi utilizada uma torre de 7m de altura, com “fetch” superior a 100 vezes a altura da cultura, sendo os gradientes de temperatura e umidade obtidos com base em medições realizadas a 5,25 e 6,50m acima da superfície do solo. Em 1991, o coeficiente de cultura variou de 0,75 a 0,79, enquanto em 1992 ele foi 30% menor, devido aos altos valores de ET_0 e à baixa condutância estomática da cultura.

SEPASKHAH & KASHEFIPOUR (1995) determinaram o coeficiente de cultura da limeira doce cultivada em clima árido, utilizando diferentes tratamentos de irrigação por gotejamento obtiveram um coeficiente de cultura da ordem de 1,17, bastante superior ao valor de 0,75 sugerido para frutas cítricas, por DOORENBOS & KASSAM (1979). Eles atribuíram esta diferença aos efeitos de advecção local que ocorre em regiões áridas irrigadas por gotejamento. Este sistema de irrigação também foi utilizado por CLARK *et al.* (1996) na determinação do coeficiente de cultura mensal do morangueiro. Foram considerados os métodos de Penman modificado, Tanque “Classe A”, Radiação e Blaney-Criddle na estimativa da evapotranspiração de referência e lisímetro para se determinar a evapotranspiração da cultura. Obtiveram uma correlação entre o coeficiente de cultura e a evapotranspiração variando de 0,94 a 0,97.

MOKATE *et al.* (1995) observaram que a relação entre o fluxo de calor latente e o saldo de radiação é mais eficiente como indicador de demanda hídrica que coeficiente de cultura (relação entre as evapotranspirações da cultura e de referência) e fator da cultura (relação entre a evapotranspiração da cultura e evaporação do Tanque “Classe A”).

FERREIRA *et al.* (1996) determinaram o coeficiente de cultura do pessegueiro na localidade de Águas de Moura (Portugal) utilizando tratamentos irrigado e não irrigado, em três parcelas de tamanho variado (2,88ha, 0,5ha e 0,02ha). A evapotranspiração da cultura, determinada pelo método das correlações turbulentas, foi comparada à soma da transpiração com a evaporação do solo, obtidas pelo método do balanço de calor no caule e medições lisimétricas, respectivamente. Eles verificaram que os fluxos de calor latente, calor sensível do ar e do solo, representaram 33%, 39% e 28%, respectivamente, do saldo de radiação, e que o coeficiente de cultura decresceu lentamente de 0,6 para 0,4, durante os meses de junho e julho. A baixa percentagem da partição do saldo de radiação sugere que a cultura tenha passado por um período de estresse hídrico.

Também estudando as necessidades hídricas de frutíferas, BEZERRA *et al.* (1997) determinaram o coeficiente de cultura da aceroleira utilizando o método do balanço hídrico no solo, para determinar a evapotranspiração da cultura, e o de Penman-Monteith para obter a evapotranspiração de referência. Observaram que para as condições climáticas do local, os valores de coeficiente de cultura recomendados por DOORENBOS & KASSAM (1979) não devem ser adotados, visto que os mesmos subestimam a evapotranspiração da cultura.

MICHELAKIS *et al.* (1996) aplicaram três tratamentos de irrigação na oliveira e os compararam com o tratamento não irrigado. Verificaram que o coeficiente de cultura aumentou de 0,4 para 0,65 no tratamento com potencial de água no solo variando de -0,02 a -0,06 MP_a, mantendo-se, no entanto, entre 0,3 e 0,4 no mesmo tratamento, porém variando de -1,0 a -1,5 MP_a, e decrescendo de 0,2 para 0,05 no tratamento não irrigado. Os

coeficientes obtidos não apresentaram diferença significativa dentro do mesmo potencial de água no solo, com o sistema de irrigação aplicado (gotejamento ou microbacia).

Segundo AZEVEDO *et al.* (1993) em algumas culturas o coeficiente de cultura atinge valores superiores à unidade, particularmente durante o subperíodo de maior consumo hídrico, o que torna o termo “potencial” de significado questionável. A evapotranspiração da cultura pode ser medida diretamente através de lisímetros ou evapotranspirômetros e estimada pelos métodos do balanço hídrico do solo, balanço de energia sobre a cultura ou modelos micrometeorológicos. Por outro lado, a evapotranspiração de referência é usualmente estimada através de equações, na maioria das vezes empíricas, com base em dados obtidos em Estação Meteorológica.

PEREIRA *et al.* (1996) mostraram que o coeficiente de cultura pode ser obtido pelo produto de dois coeficientes ($K_c = a_0 a_c$), sendo que a_0 expressa a influência do clima na resistência aerodinâmica da cultura analisada e de referência, e a_c é função das resistências estomática e aerodinâmica da cultura estudada e de referência, respectivamente. Com base nos resultados obtidos nesse estudo, os autores concluíram, ainda, que a tendência futura é definir evapotranspiração de referência para cada cultura ou para grupos similares de culturas.

Na elaboração e operacionalização de um projeto de irrigação, um dos fatores de maior importância é a quantificação precisa do volume de água necessário ao desenvolvimento adequado das culturas implantadas. Procura-se identificar o momento preciso de irrigar, o sistema de irrigação a ser empregado e a lâmina de água a ser aplicada, de forma a atender satisfatoriamente as necessidades hídricas das plantas e proporcionar maior viabilidade econômica da exploração agrícola. Como a agricultura irrigada se apresenta, atualmente, como uma grande alternativa para o Nordeste do Brasil, é necessário que os recursos hídricos disponíveis na região sejam usados de forma racional, através da utilização de técnicas apropriadas de manejo da água, do solo e de cultivos.

O uso eficiente da água na agricultura irrigada torna-se cada vez mais essencial, face à escassez dos recursos hídricos e ao elevado custo dos insumos, o que torna imperativo a utilização de uma metodologia apropriada para o planejamento e administração da irrigação. Por esta razão, fica cada vez mais evidenciada a necessidade da combinação correta dos diversos fatores que possibilitam a determinação do volume de água a ser aplicado ao solo em cada irrigação (MOREIRA, 1993).

O manejo de água adotado para mangueira em várias propriedades da região do Submédio São Francisco, baseia-se em valores adaptados do coeficiente de cultura para frutas cítricas. Muitos problemas em cultivos irrigados de mangueiras são devidos ao fato dos sistemas de irrigação serem subdimensionados em relação ao período de máxima demanda hídrica (SOARES & COSTA, 1995). Um planejamento de irrigação baseado em valores empíricos do coeficiente de cultura, certamente acarreta sobreestimativa ou subestimativa das reais necessidades hídricas da cultura que, associado a outros fatores, reflete nos custos de produção, na redução da qualidade do produto e na produtividade agrícola.

Dentre as poucas pesquisas relacionadas às necessidades hídricas de frutíferas destacam-se: bananeira, OLIVEIRA *et al.* (1993); videira, EVANS *et al.* (1993); laranjal, SEPASKHAH & KASHEFIPOUR (1995); pessegueiro, FERREIRA *et al.* (1996); e aceroleira, BEZERRA *et al.* (1997). Entretanto, de acordo com a literatura consultada e apesar do grande valor nutritivo e comercial do seu fruto, pouco se tem pesquisado sobre a mangueira, particularmente no que se refere ao seu consumo hídrico. Neste contexto, o presente trabalho objetiva determinar o coeficiente de cultura da mangueira nas condições de solo e clima da região do Submédio São Francisco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental desta pesquisa foi conduzida no perímetro irrigado do Projeto Bebedouro, na Estação Experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semi-Árido) no município de Petrolina, PE (Latitude: 09° 09'S, Longitude: 40° 22'W; Altitude: 365,5m) na região do Submédio São Francisco. O experimento foi montado num pomar de mangueiras, cv. 'Tommy Atkins', plantada em fevereiro de 1993, irrigado por gotejamento.

Os métodos dos balanços de energia baseado na razão de Bowen e hídrico no solo foram utilizados na determinação da evapotranspiração do pomar de mangueiras. Por outro lado, a evapotranspiração de referência diária (ET_0) foi obtida pelo modelo Penman-Monteith/FAO, considerando-se a resistência estomática de 70 s/m e a altura da grama fixada em 0,12m, pela equação (ALLEN *et al.*, 1994):

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + g \left(\frac{900 U_2}{T + 273} \right) (e_a - e_s)}{\Delta + g(1 + 0,34 U_2)} \quad (2.1)$$

em que R_n é o saldo de radiação, G é o fluxo de calor no solo, ambos expressas em $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$, γ é a constante psicrométrica, Δ é a declinação da curva de saturação do vapor da água ($\text{KPa } ^\circ\text{C}^{-1}$) e U_2 é a velocidade do vento (média diária) a 2m acima da superfície do solo.

O coeficiente de cultura (K_c) foi obtido pela expressão (DOORENBOS & KASSAM (1979):

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (2.2)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Coeficiente de cultura da mangueira

Os valores obtidos do coeficiente de cultura (K_c) para o pomar de mangueiras utilizando-se, na estimativa da evapotranspiração, os métodos do balanço hídrico no solo e do balanço de energia, são apresentados na Figuras 3.1 e 3.12, respectivamente. A função de ajuste do K_c , obtida pelo método balanço hídrico no solo em função dos Dias Após a Floração (DAF) foi a seguinte: $K_c = 0,36 + 0,009 (\text{DAF}) - 4 \times 10^{-5} (\text{DAF})^2$ com $r^2 = 0,79$ e pelo método do balanço de energia foi: $K_c = 0,71 + 0,001 (\text{DAF}) - 8 \times 10^{-6} (\text{DAF})^2$ com $r^2 = 0,04$. Assim, observa-se péssimo ajuste do curva do K_c pelo método do balanço de energia, o qual se manteve praticamente constante, em torno 0,76, durante todo o ciclo produtivo do pomar de mangueiras (Figura 3.2), e próximo do valor adotado no manejo de irrigação da mangueira na região do Submédio São Francisco, que segundo SOARES & COSTA (1995) é de 0,75.

A utilização do coeficiente de cultura constante de 0,75, durante todo o ciclo produtivo do pomar de mangueiras, provoca uma situação de excesso d'água no estágio fenológico de floração e deficiência hídrica nos estádios fenológicos subsequentes refletindo, assim, na produtividade, qualidade e tamanho dos frutos. CASTEL (1994) observou que num laranjal irrigado com uma lâmina 50% da capacidade evapotranspiratória da cultura, provoca alto grau de estresse hídrico e reduzido crescimento das árvores e do número de frutos. O balanço hídrico no solo, elaborado com base nos dados de umidade do solo do ano de 1999, mostrou-se eficiente na determinação do coeficiente de cultura do pomar de mangueiras, visto que o método respondeu bem às variações fenológicas das plantas durante o ciclo produtivo (Figura 3.1). O coeficiente de cultura do pomar de mangueiras aumentou de 0,39 no estágio fenológico de floração, para atingir 0,85, no meio do estágio de formação de frutos, quando a planta se encontrava em seu desenvolvimento vegetativo máximo, decrescendo em seguida para atingir o valor de 0,58, no estágio fenológico de maturação de frutos.

A média do coeficiente de cultura do pomar de mangueiras em 1999 foi de 0,71, inferior ao valor utilizado no manejo do mangueiral na região (0,75). A variação do K_c ao longo do ciclo produtivo do pomar de mangueiras foi similar à variação do índice de área foliar no mesmo período: $12,9 \text{ m}^2/\text{m}^2$ na floração, $15,0 \text{ m}^2/\text{m}^2$ na queda de frutos e $14,1 \text{ m}^2/\text{m}^2$ na maturação de frutos. O crescente aumento do K_c , IAF e evapotranspiração do pomar de mangueiras no estágio de formação de frutos, foi atribuído ao lançamento de novas folhas, flores e frutos. Por outro lado, o decréscimo dessas variáveis até a maturação de frutos foi atribuído ao envelhecimento das folhas, que nesse estágio perdem a turgência e aumentam a resistência estomática reduzindo, assim, a capacidade transpiratória.

3.2. Análise da produtividade do pomar de mangueiras

A análise de produção e rendimento do pomar de mangueiras foi efetuada com base na classificação do fruto, em termos de tamanho e peso. Os resultados apresentados na Tabela 3.1 foram obtidos com base na média da produção de duas plantas em 1998 e de três plantas em 1999, sendo a produtividade determinada para uma planta e extrapolada para um hectare. Os frutos classificados entre os Tipos 9 e 11 foram considerados grandes, entre os Tipos 12 e 14 médios e entre os Tipos 15 e 18 pequenos. A média de frutos por planta em 1999 foi inferior à de 1998, na faixa de classificação entre os Tipos 9 e 11. Observa-se que o peso médio dos frutos produzidos em 1999 foi sempre superior àquela em 1998, para toda a faixa de classificação (Tipos 9 a Tipo 18). Na faixa de classificação de frutos menores (Tipos 15 a 18) a média de frutos por planta em 1999 foi superior à de 1998.

De acordo com GORGATTI NETTO (1994) os importadores europeus admitem frutos com peso entre 250 a 750g, dando preferência ao peso médio de 300 a 400g; já os consumidores americanos preferem frutos com 250 a 650g, principalmente aqueles com peso em torno de 400g. A percentagem média de frutos por planta nos anos de

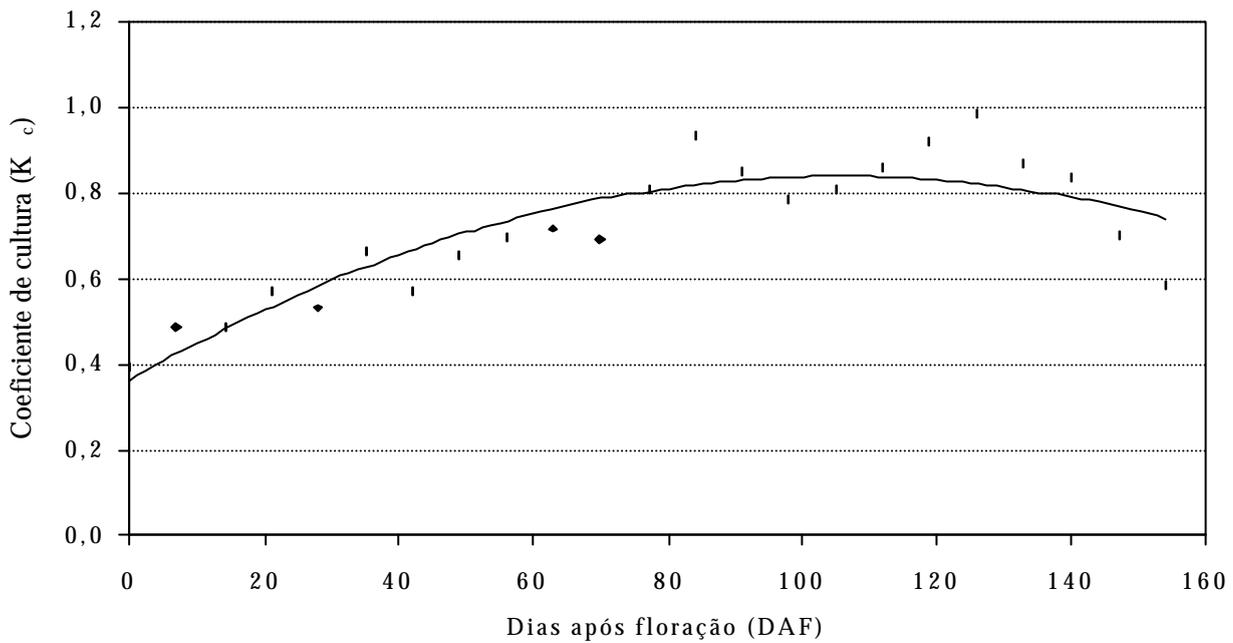


Figura 3.1. Comportamento do coeficiente de cultura ao longo do ciclo produtivo do pomar de mangueiras, cv. 'Tommy Atkins', em Petrolina, PE, obtido pelo método do balanço hídrico no solo, em 1999

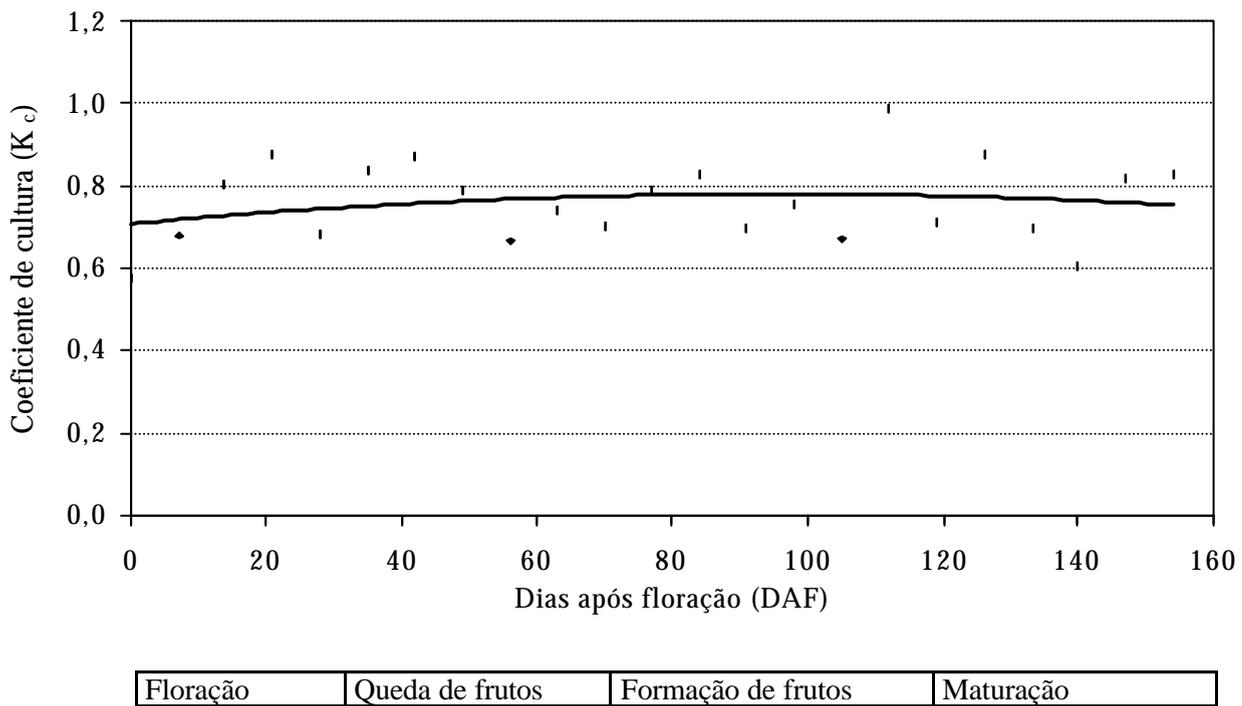


Figura 3.2. Comportamento do coeficiente de cultura ao longo do ciclo produtivo do pomar de mangueiras, cv. 'Tommy Atkins', em Petrolina, PE, obtido pelo método do balanço de energia, em 1999

1998 e 1999, na faixa de classificação entre os Tipos 9 e 11 foi, respectivamente, de 87,7 e 37,34% da média total de frutos produzidos.

Em 1998, a maior produtividade foi de frutos Tipo 9, e a menor de frutos Tipo 14, enquanto em 1999 a maior produtividade foi de frutos Tipo 12 e a menor de frutos Tipo 9. Não obstante a produtividade média do

pomar de mangueiras em 1998 ter sido superior à de 1999, a produtividade total em 1998 (44.684 kg/ha) foi inferior à de 1999 (48.491 kg/ha) e superior à produtividade média nacional (47.648 kg/ha).

A análise de variância dos dados de produtividade evidenciou que não existe diferença significativa, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, entre as médias anual de peso médio de frutos, média de frutos por planta e produtividade. O aumento do volume de água aplicada, através do aumento do coeficiente de cultivo de 0,75 em 1998 para 1,0 em 1999, provocou aumento na produtividade do mangueiral, da ordem de 4.257kg. Segundo DOORENBOS & KASSAN (1979) em condições de suprimento limitado de água a cultura sofre maior perda de rendimento quanto maior for o fator de resposta da cultura, que relaciona a queda de rendimento e déficit hídrico do solo.

Tabela 3.1. Produtividade do pomar de mangueiras, cv. 'Tommy Atkins', por tipo de fruto, em Bebedouro, Petrolina, PE, em 1998 e 1999

Classificação Do fruto	Peso médio do fruto (g)		Média de frutos por planta (g)		Produtividade kg/ha	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Tipo 9	637a	695a	88,5a	8,3b	14.094a	1.447b
Tipo 10	568a	575a	46,0a	33,7a	6.532a	4.839a
Tipo 11	486a	573b	104,0a	32,7b	12.636a	4.679b
Tipo 12	442a	494b	72,0a	92,3a	7.956a	11.403b
Tipo 13	389a	450a	20,5a	26,3a	1.994a	2.962a
Tipo 14	338a	404a	6,5a	88,7b	549a	8.955b
Tipo 15	-	376	-	78,0	-	7.332
Tipo 16	-	357	-	17,3	-	1.547
Tipo 18	224a	306b	16,5a	69,7b	924a	5.329b
Médias	441a	470a	51,0a	50,0a	6.384a	5.388a

* Nas linhas, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

O Quadro 3.1 apresenta a comparação do volume total de água aplicado ao solo pela irrigação com os coeficientes de cultura de 0,75; 1,0 e a curva característica do K_c , em 1998 e 1999. O volume d'água aplicado por planta, utilizando-se o $K_c = 0,75$ em 1998, aproximou-se do valor previsto pela função característica do K_c , utilizando-se a evaporação observada no Tanque "Classe A". Em 1999, essa diferença foi bem superior à do ano de 1998, devido a irrigação ter sido realizada no período de maior demanda atmosférica de energia, provocando uma sobreestimativa da irrigação pela função característica do K_c . Por outro lado, deduz-se que se a parcela em 1999 tivesse sido irrigada com a função característica do K_c , teria resultado numa redução de 4.257l por planta, com uma economia de 1.064m³ de água por hectare.

Quadro 3.1. Volume de água aplicado ao longo do ciclo produtivo do pomar de mangueiras, cv. 'Tommy Atkins', em 1998 e 1999, com base no coeficiente de cultura (K_c) e na função característica do K_c (modelo)

Anos	Coeficiente de cultura	Volume d'água aplicado (l)	Volume médio aplicado por dia (l)
1998	$K_c = 0,75$	15.770	199,9
	Modelo	15.499	271,9
1999	$K_c = 1,0$	21.321	236,9
	Modelo	17.064	189,6

A subestimativa do volume d'água aplicado ao solo com $K_c = 0,75$, no estágio fenológico de floração, foi compensada pela sobreestimativa da curva característica do K_c no estágio de formação de frutos, quando o K_c atingiu valores da ordem de 0,85. De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4.5, a utilização do modelo de estimativa do K_c no manejo de irrigação do pomar de mangueiras em 1999 indicaria o mesmo nível de produtividade com o $K_c = 1,0$, porém com considerável redução do custo de produção, face à economia de água, energia, nutrientes e mão-de-obra.

4. CONCLUSÕES

Os resultados aqui apresentados permitem concluir o seguinte:

1. nas condições climáticas da região do Submédio São Francisco, o consumo hídrico da mangueira não se mantém constante durante todo o ciclo produtivo, mas varia em função dos dias após floração de acordo com a seguinte equação: $K_c = 0,36 + 0,009 (DAF) - 4 \times 10^{-5} (DAF)^2$;
2. a utilização do K_c de 0,75 no manejo de irrigação da mangueira na região do Submédio São Francisco, sobreestima as reais necessidades hídricas da cultura na fase fenológica de floração e parte da queda de frutos e as subestima nos estádios fenológicos subsequentes;
12. a produtividade da mangueira é fortemente influenciada pela lâmina d'água aplicada no período de maior atividade evapotranspiratória, que ocorre no período da queda de frutos, ao final da formação de frutos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PERIER, A.; *et al.* An Update for the definition of reference evapotranspiration. **ICID Bulletin**, New Delhi, v. 43 n. 2, p. 1-31, 1994.
- ALLEN, R.G.; SMITH, M.; WILLIAM, O.; *et al.* Modifications to the FAO crop coefficient approach. In: Evapotranspiration and irrigation scheduling, **Proceedings of the International Conference**, American Society of Agricultural Engineers the Irrigation Association, november, 3-6, San Antonio, Texas, p. 124-132, 1996.
- AZEVEDO, P.V. de; RAMANA RAO, T.V.; AMORIM NETO, M.da S.; *et al.* Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28. n.7, p.863-870, 1993.
- BEZERRA, F.M.L., FREITAS, A.A., OLIVEIRA, C.H.C. Evapotranspiração máxima da acerola (*Malpighia Glaba* L.) no primeiro ano de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997, p. 671-672.
- CLARK, G.A.; ALBREGTS,E.E.; STANLEY, C.D.; *et al.* Water requirements and crop coefficients of drip-irrigated strawberry plants. **Transactions of the SAE**, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, v. 39, n.3, p. 905-912, 1996.
- CASTEL, J. Response of young clementine citrus trees to drip irrigation. I. Irrigation amount and number of drippers. **Journal of Horticultural Science**, Ashford – Kent, v. 69, n. 3, p. 481-489, 1994.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Roma, FAO, 1979, 193p. (Irrigation & Drainage paper 33).
- _____ ; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Roma: FAO, 1977, 198p. (Irrigation & Drainage paper 24).
- EVANS, R.G.; SPAYD, S. E.; WAMPLE, R.L.; *et al.* Water use of *Vitis Vinifera* Grapes in Washington. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 109-124, 1993.
- FERREIRA, M.I.; VALANCOGNE, C.; DAUDET, F.A; *et al.* Evapotranspiration and crop-water relations in a peach orchard. In: Evapotranspiration and irrigation scheduling, **Proceedings of the International Conference**, American Society of Agricultural Engineers the Irrigation Association, november, 3-6, San Antonio, Texas, p. 61-68, 1996.
- GORGATTI NETTO, A; GAYET, J.P.; BLEINROTH, E.W.; *et al.* Manga para exportação: procedimento de colheita e pós-colheita. EMBRAPA, Brasília, DF, p.1-28, 1994.
- GUTIÉRREZ, M.V.; MEINZER, F.C. Estimating water use and irrigation requirements of coffee in Hawaii. **Journal of American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 119, n.3, p. 652-657, 1994.
- MICHELAKIS, N.; VOUYOUKALOU, E.; CLAPAKI, G. Water use and soil moisture depletion by olive trees under different irrigation conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 29, n.3, p. 315-325, 1996.
- MOKATE, A.S.; VASHNEYA, M.C.; NAIDU, T.R.V.; *et al.* Evapotranspiration and energy balance studies over wheat crop by Bowen ratio energy balance method. **Journal Maharashtra agricultural Universities**, Pune, v. 20, n. 2, p.273-276, 1995.
- MOREIRA, H.J.C. **Sistema agroclimatológico para o acompanhamento das culturas irrigadas: manual prático para o manejo da irrigação**. Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação, 90p, 1993.
- OLIVEIRA, S.L.; ALVES, E.J.; CALDAS, R.C. Coeficiente de cultura para irrigação da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 15, n. 3, p.15-20, 1993.

- PEREIRA, L.S.; ALLEN, R.G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Revista de Engenharia Agrícola de Jaboticabal**, Jaboticabal, v. 16, n. 4, p. 118-143, 1997.
- _____; PERRIER, A.; ALLEN, R.G.; *et al.* Evapotranspiration: Review of concepts and future trends. In: Evapotranspiration and irrigation scheduling, **Proceedings of the International Conference**, American Society of Agricultural Engineers the Irrigation Association, november, 3-6, San Antonio, Texas, p. 109-115, 1996.
- SEPASKHAH, A.R.; KASHEFIPOUR, S.M. Evapotranspiration and crop coefficient of sweet lime under drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 27, p. v.1, 331-340, 1995.
- SOARES, J.M.; COSTA, F.F. Irrigação. In: **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**. EMBRAPA, Brasília, 1995. Cap. 2, p. 43-80.
- STRABBIOLI, G. A study on strawberry water requirements. **Annali dell'Intituto Sperimentale per la Frutticoltura**, Italia, v. 16, n. 1, p. 75-84, 1985.