

EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA E COEFICIENTE DE CULTURA NOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA MELANCIA IRRIGADA

Francisco Marcus Lima Bezerra¹ & Cláudio Henrique Chaves de Oliveira²

RESUMO

De outubro a dezembro de 1997 foi conduzido na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola - UFC, Fortaleza, CE, um experimento com a cultivar de melancia Crimson Sweet para determinar a evapotranspiração máxima (ET_m) e o coeficiente de cultura (kc) nos seus diferentes estádios fenológicos. O coeficiente de cultura foi obtido pela relação entre a evapotranspiração máxima da cultura, calculada pelo método balanço hídrico e a evapotranspiração de referência, estimada pelos métodos: Penman Monteith, Radiação FAO-24 e Blaney Criddle FAO-24. Os resultados mostraram que a ET_m foi crescente até os 45 dias após emergência, quando a cultura atingiu o estágio de enchimento dos frutos, variando de 2,2 mm dia⁻¹ no estágio inicial da cultura a 8,7 mm dia⁻¹ no estágio de enchimento dos frutos. Os valores do kc médios por estádios fenológicos foram superiores aos apresentados pela FAO no florescimento, enchimento de frutos e maturação e inferiores nos estádios inicial e desenvolvimento das ramas. A evapotranspiração total nos 59 dias do balanço foi de 319,6 mm de água e o máximo consumo de água pela cultura deu-se no estágio de enchimento de frutos (8,7 mm dia⁻¹).

Palavras-chave: *Citrulus lanatus*, balanço hídrico, Penman-Monteith

MAXIMUM EVAPOTRANSPIRATION AND CROP COEFFICIENT IN THE GROWTH STAGES OF IRRIGATED WATERMELON

ABSTRACT

This experiment was conducted during the period of October to December of 1997 at the Hydraulic and Irrigation Laboratory of the Agricultural Engineering Department – University of Fortaleza, Fortaleza, CE. The evapotranspiration and crop coefficient (kc) of watermelon (cv Crimson Sweet) was estimated at different development stages. The crop coefficient was obtained calculating the relation of the maximum evapotranspiration (ET_m) estimated by the soil water balance and the reference evapotranspiration estimated by the methods: Penman - Monteith, Radiation FAO - 24 and Blaney Criddle FAO - 24. The results indicated that the ET_m increased until 45 days after planting when the crop reached the stage of fruit filling and varied from 2.2 mm day⁻¹ at initial to 8.7 mm day⁻¹ at the stage of fruit filling. The mean values of kc at different stages were higher than the FAO at the flowering, filling and maturation stages and were lower than the FAO during initial and development of branches. The total evapotranspiration after 59 days was 319.6 mm.

Key words: *Citrulus lanatus*, water balance, Penman-Monteith

¹ Professor Doutor, DENA/CCA/UFC, C.P. 12 168, CEP 60450 - 760, Fortaleza, CE, Fone: (085) 288 9754, Fax: (085) 288 9755

² Mestrando em Engenharia Agrícola/DENA/CCA/UFC, CP 1 12 168. CEP 60.450 - 760, Fortaleza, CE, Fone: (085) 288 9754, Fax: (085) 288 9755

INTRODUÇÃO

No Estado do Ceará, a fruticultura irrigada tem apresentado enorme potencial, tanto para o mercado interno como para o de exportação, como tecnicamente factível, economicamente viável e socialmente desejável. As condições edafoclimáticas do Estado favorecem a exploração da melancia entre as culturas predominantes nos projetos irrigados do Ceará.

Nas áreas irrigadas do Estado, o cultivo de melancia vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, em virtude de alcançar bons preços, tanto no mercado interno como no externo, com o aumento de 5% em sua área plantada no biênio 94-95. Apesar do aumento na área plantada, a produtividade do Estado ainda é baixa, alcançando a 17ª posição, com uma produção anual de 923.000 frutos (IBGE, 1996).

Vários fatores contribuem para que a produtividade desta cultura não alcance níveis mais satisfatórios, como a carência de informações sobre o manejo da água, fator que limita o desenvolvimento da agricultura irrigada.

O manejo das irrigações deve atender às necessidades das culturas, de modo a permitir a manifestação de seu potencial produtivo. Assim, para um planejamento racional das irrigações é de fundamental importância o conhecimento da evapotranspiração da cultura durante os estádios de desenvolvimento.

Doorenbos & Kassam (1979) apresentam os coeficientes de cultura médios, nos seguintes estádios de desenvolvimento: no estabelecimento da cultura 0,4 – 0,5; no estágio de desenvolvimento, 0,7 – 0,8; no estágio intermediário, 0,95 – 1,05; no estágio final 0,80 – 0,90 e na colheita, 0,65 – 0,75.

Ferreira (1990) irrigando melancia por sulcos no município de Pentecoste, CE, encontrou um coeficiente de cultura médio de 0,96 para o ciclo total da cultura.

O objetivo deste trabalho foi determinar a evapotranspiração máxima da melancia irrigada, nos seus distintos estádios de desenvolvimento, através do balanço hídrico no solo, e os diferentes coeficientes de cultura utilizando os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência: Penman Monteith, Radiação FAO-24 e Blaney Criddle FAO-24.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, CE, com latitude 3° 44' S, longitude 38° 33' W e altitude 19,5 m, no período de outubro a dezembro de 1997.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Bsh, isto é, semi-árido, com chuvas irregulares. No período de execução do experimento, a temperatura máxima variou de 30,8° C a 33,2° C, a mínima de 20,2° C a 25° C, a média de 25,4° C a 28,5° C, a umidade relativa do ar de 62 a 84% e a velocidade do vento de 1,99 a 5,30 m s⁻¹.

O solo da área foi classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo de textura franco-argilo-arenosa, cujas características físico-hídricas e os parâmetros α , m, n e as umidades do solo na saturação (θ_s) e residual (θ_r) para o modelo proposto por van Genuchten (1980) obtidos através do software SWRC (Dourado Neto et al., 1995) são apresentados nas Tabelas 1 e 2 e os dados foram determinados no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, UFC.

Tabela 1. Características físico-hídricas do solo (CC, capacidade de campo; PM, ponto de murcha e ρ , densidade) da área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação

Profundidade m	CC	PM	ρ kg m ⁻³	Areia	Silte	Argila
	m ³ m ⁻³	m ³ m ⁻³		%		
0,10	0,189	0,060	1430	83,00	8,07	8,93
0,30	0,200	0,078	1600	76,26	8,33	15,41
0,50	0,288	0,066	1500	64,50	9,32	26,18

Tabela 2. Valores dos parâmetros α , m, n, θ_r , θ_s do modelo de van Genuchten para as profundidades de 0,10, 0,30 e 0,50 m de área experimental do Laboratório de Hidráulica e Irrigação

Profundidade m	α	m	n	θ_r	θ_s
	(cm ⁻¹)			m ³ m ⁻³	
0,10	0,085	0,4767	1,9110	0,060	0,295
0,30	0,040	0,3235	1,4782	0,078	0,288
0,50	0,089	0,1059	1,1184	0,066	0,356

A parcela experimental consistiu de 6 fileiras de 24 m de comprimento, distanciadas 3 m, com uma área total de 432 m². A cultivar de melancia (*Citrullus lanatus* Thumb. Mansf.) utilizada foi a Crimson Sweet, de ciclo precoce (60 a 70 dias) e menor susceptibilidade à podridão estilar.

A semeadura foi realizada em 17 de outubro de 1997, em covas abertas, nas dimensões de 0,30 x 0,30 x 0,30 m, espaçadas 3 m entre linhas e 2 m entre covas nas linhas. As covas foram adubadas com esterco de curral curtido (18 L cova⁻¹) e adubo mineral, de acordo com a recomendação da análise do solo (30 kg de N ha⁻¹; 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg de K₂O ha⁻¹). As fontes da adubação mineral foram uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Fez-se a semeadura utilizando-se 5 sementes por cova e se realizou o desbaste aos 10 dias após a emergência, deixando-se 2 plantas/cova.

Foram realizadas duas adubações em cobertura aos 20 e 45 dias após a semeadura, com aplicação de 70 kg de N ha⁻¹.

Foi utilizado o método de irrigação localizado do tipo gotejamento, constituído por seis linhas laterais, distanciadas 3 m, com dois gotejadores autocompensantes por covas e vazão média de 3,59 L h⁻¹, operando a uma pressão de serviço de 200 kPa. Na semeadura, o sistema funcionou durante 2 h, para elevar a umidade do solo a nível de capacidade de campo.

Estabelecida a cultura e, portanto, a partir do décimo dia após a semeadura, as irrigações passaram a ser controladas com tensiômetros. Foram instalados dezesseis tensiômetros, sendo 4 a cada profundidade de 0,10, 0,30, 0,50 e 0,70 m, que constituíram 4 baterias instaladas na parcela. As leituras foram tomadas diariamente, até as 8 horas da manhã e, quando os instalados a 0,10 m indicavam valores na faixa de 20 a 30 kPa de tensão de água no solo, irrigava-se a parcela.

O cálculo da quantidade de água a aplicar foi feito com base nos valores de umidade no solo, calculados com as equações de van Genuchten das profundidades de 0,10 e 0,30 m, com as médias das leituras dos tensiômetros de 0,10 e 0,30 m. As lâminas de irrigação foram calculadas para uma profundidade efetiva de 0,40 m.

Durante o ciclo da cultura foram realizadas duas capinas e o controle preventivo de pragas e doenças foi realizado através da aplicação dos defensivos agrícolas: Monocrotophos na

dosagem de 0,9 mL do produto para 1 L de água e Manzate na dosagem de 3 g do produto, para 1 L de água. As aplicações com Manzate foram feitas com intervalo máximo de 7 dias e com o auxílio de um pulverizador costal de 20 L, até o estágio de formação da produção.

A primeira colheita no experimento foi realizada em 14 de dezembro e a última em 29 de dezembro. Foram feitas, 4 colheitas, com produtividade total de 15,27 t ha⁻¹.

A evapotranspiração máxima (ETm) da cultura foi calculada para a camada 0 - 0,60 m pela expressão simplificada do Balanço Hídrico:

$$ETm = I \pm Qz - \Delta h \tag{1}$$

em que:

ETm - evapotranspiração máxima da cultura, mm

I - irrigação, mm

Qz - drenagem profunda ou ascensão capilar, mm

Δh - variação da armazenagem da água, no solo na camada 0 - 0,60 m para o intervalo de tempo considerado no balanço

A drenagem profunda e a ascensão capilar da água no solo foram calculadas pela equação de Buckingham - Darcy, escrita de forma simplificada por Reichardt (1985) como:

$$Qz = -K(\theta) \frac{\Delta \psi}{\Delta Z} \tag{2}$$

em que:

K(θ) - condutividade hidráulica em função do valor da umidade do solo, mm dia⁻¹

Δψ/ΔZ - gradiente do potencial total da água no solo, m de água m⁻¹

Escrevendo-se a equação 2 para a profundidade de 0,60 m, tem-se:

$$Q_{0,60} = -K(\theta)_{0,60} \left\{ \frac{\psi^{0,50} - \psi^{0,70}}{0,20} \right\}_{0,60} \tag{3}$$

sendo:

K(θ)_{0,60} - condutividade hidráulica do solo em função da umidade do solo, na profundidade de 0,60 m

Os valores de K(θ)_{0,60}, em mm dia⁻¹, foram obtidos mediante um ensaio de campo conduzido na área experimental, por um período de 40 dias, ajustando-se uma equação, conforme metodologia sugerida por Saunders (1978):

$$K(\theta)_{0,60} = 4.10^{-7} e^{68,936.\theta} \tag{4}$$

θ - umidade média do perfil até a profundidade de 0,60 m

$\left\{ \frac{\psi^{0,50} - \psi^{0,70}}{0,20} \right\}$ - gradiente de potencial total ψ da água no solo, obtido a partir dos potenciais totais a 0,50 m e 0,70 m, em m de água

A determinação da variação da armazenagem da água no solo, na profundidade e no intervalo de tempo considerados, foi obtida mediante a expressão descrita por Reichardt (1985), ou seja:

$$\Delta h = (\theta_2 - \theta_1)Z \tag{5}$$

em que:

θ₂ - umidade média do perfil até a profundidade de 0,60 m no dia da irrigação, m³ m⁻³

θ₁ - umidade média do perfil até a profundidade de 0,60 m no dia da irrigação anterior, m³ m⁻³

A evapotranspiração de referência, ETo, foi estimada pelos métodos de Penman Monteith (PMon), Radiação corrigidos pela FAO-24 (Rad) e Blaney Criddle, corrigido pela FAO-24 (BC), utilizando o software REF - ET (1990), e se adotando a grama (*Paspalum notatum* L.) como cultura de referência. Pelas recomendações de Smith (1991) considerou-se o método PMon como padrão.

Os dados climáticos necessários para o cálculo de ETo foram coletados da estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias - UFC, localizada aproximadamente a 50 m da área experimental.

O coeficiente de cultura, kc, para a melancia, foi obtido mediante a metodologia proposta por Doorenbos & Kassam (1979) empregando-se a expressão:

$$kc = \frac{ETm}{ETo} \tag{6}$$

em que:

ETm - evapotranspiração máxima da cultura, mm dia⁻¹

ETo - evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentadas as correlações entre os valores de evapotranspiração de referência (ETo) obtidos pelo método Penman Monteith, em relação aos métodos de Radiação e Blaney Criddle.

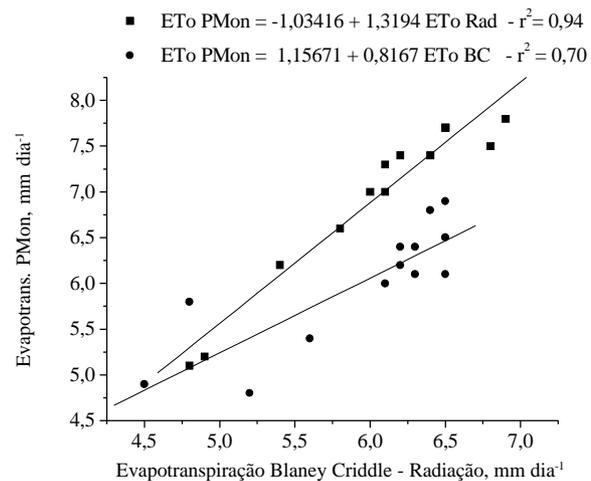


Figura 1. Evapotranspiração de referência (ETo) obtida pelo método Penman Monteith (PMon), em relação aos métodos da Radiação (Rad) e Blaney Criddle (BC)

Observa-se que o método Radiação foi o que melhor se ajustou à equação de regressão linear, apresentando boa correlação, com valor de r² maior que 0,90. O método de Blaney Criddle apresentou valor de r² igual a 0,70; resultados semelhantes foram observados por Oliveira & Carvalho (1998).

A Figura 2 apresenta os valores médios da evapotranspiração de referência (ETo) estimados pelos métodos PMon, Rad e BC e

da evapotranspiração máxima da melancia. Tomando-se o método de Penman Monteith como padrão FAO, como sugere Smith (1991) e comparando-o a outros dois métodos estudados, verifica-se que o método Blaney Criddle foi o que melhor se aproximou do padrão, enquanto o método Radiação sempre superestimou a ETo. Oliveira & Carvalho (1998) obtiveram resultados semelhantes quanto à estimativa da ETo, para duas localidades, pelos métodos Hargreaves, Radiação, Penman e Penman - Monteith, observando que o método da Radiação sempre superestimou a ETo em relação ao padrão.

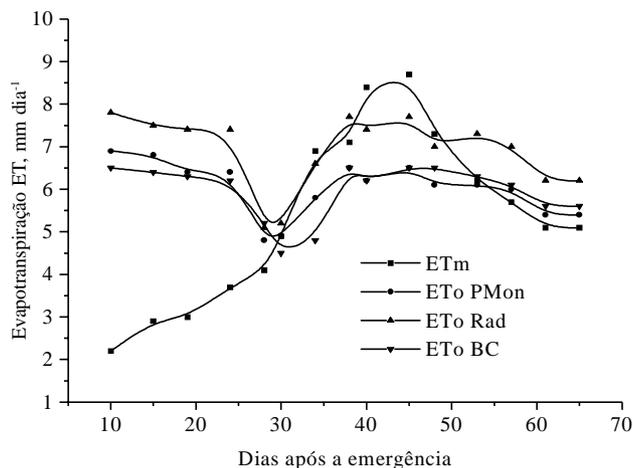


Figura 2. Variação das evapotranspirações de referência, estimadas pelos métodos Penman Monteith (PMon), Radiação FAO (Rad) e Blaney Criddle (BC) e máxima da melancia (ETm), ao longo dos 65 dias após a emergência

Em relação à evapotranspiração máxima da melancia, observa-se que no período de 40 a 50 dias após a emergência (DAE) a ETm superou todas as ETo estimadas, pelos métodos estudados (Figura 2). Em relação à ETo estimada pelo método PMon, o intervalo em que a ETm superou a ETo foi dos 30 aos 55 DAE, período em que a cultura se encontrava nos estádios de floração e enchimento dos frutos. Os resultados mostram que a ETm cresceu desde o estágio inicial da cultura até os 45 DAE, quando atingiu o valor de 8,7 mm dia⁻¹, caindo em seguida até o valor mínimo de 5,1 mm dia⁻¹ no estágio de maturação. A evapotranspiração total nos 59 dias do balanço hídrico foi de 319,6 mm d'água e a lâmina de irrigação total aplicada nos 65 dias do ciclo da cultura foi de 335,2 mm. Doorenbos & Kassam (1979) afirmam que, para a melancia alcançar alto rendimento, são necessários de 400 a 600 mm de água para o período total de crescimento de 100 dias, dependendo das condições climáticas. A lâmina aplicada neste trabalho foi inferior à recomendada pelos autores acima, o que se deve ao ciclo da cultivar estudada, de apenas 65 dias.

A Figura 3 mostra a variação dos coeficientes de cultura obtidos com os valores de ETo estimados pelos métodos estudados e nela se pode observar que os valores do kc estimados a partir da ETo obtida pelos métodos de Penman Monteith, Radiação FAO e Blaney Criddle FAO, apresentaram pequenas variações até os 30 DAE; a partir daí, apenas os valores de kc obtidos pela ETo estimada pelo método da radiação passaram a ter variações maiores com relação à ETo estimada pelo método Penman Monteith; no geral, os valores de kc mostraram comportamento semelhante, porém com diferenças que dependeram do método utilizado.

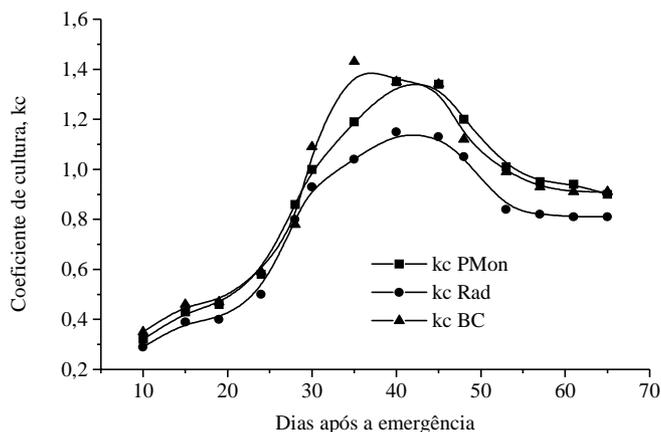


Figura 3. Comportamento dos coeficientes de cultura da melancia, calculados pelas ETo dos métodos Penman Monteith (PMon), Radiação FAO (Rad) e Blaney Criddle FAO (BC), ao longo dos 65 dias após a emergência

Os valores médios do kc nos estádios fenológicos inicial (I), desenvolvimento das ramas (II), floração (III), enchimento dos frutos (IV) e maturação (V) são apresentados na Tabela 1. Os valores do kc representativos do estágio inicial e do desenvolvimento das ramas são inferiores aos apontados pela FAO (Doorenbos & Kassam, 1979). Nos estádios seguintes (III e IV) os valores médios do kc obtidos pelos três métodos de estimativa de ETo foram superiores aos da FAO; finalmente, no estágio V, os valores de kc obtidos pelos métodos PMon e BC foram ligeiramente superiores aos valores de kc apresentados por Doorenbos & Kassam (1979). O coeficiente kc obtido pelo método Radiação encontra-se dentro da faixa de variação dos valores da FAO (0,80 - 0,90).

Tabela 3. Valores médios dos coeficientes de cultura da melancia, cultivar Crimson Sweet, nos diferentes estádios fenológicos, em Fortaleza, CE

Método	Estádio Fenológicos				
	I	II	III	IV	V
Penman Monteith	0,32	0,67	1,27	1,18	0,95
Radiação FAO	0,29	0,60	1,09	1,01	0,82
Blaney-Criddle FAO	0,35	0,68	1,39	1,15	0,92
Kc - FAO (1979)	0,4 - 0,50	0,70 - 0,80	0,95 - 1,05	0,95 - 1,05	0,80 - 0,90

Os resultados obtidos no ensaio aproximaram-se dos valores apresentados na literatura disponível, com pequenas variações. Pode-se inferir portanto, que estas variações estão associadas às condições climáticas diferentes dos locais onde foram realizados os ensaios, principalmente o fotoperíodo e a temperatura.

CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos no ensaio, pode-se concluir que:

1. O método da Radiação foi o que apresentou melhor correlação com o método Penman Monteith, permitindo a utilização da equação de regressão linear para se estimar a ETo.
2. Os valores de kc obtidos variaram em função do método de estimativa da ETo, apresentando a mesma tendência de variação ao longo dos estádios fenológicos da cultura.

3. Os valores de kc podem ser aplicados satisfatoriamente para as condições climáticas de Fortaleza, pois não diferiram muito dos valores apresentados por Doorenbos & Kassam (1979).

4. O máximo consumo de água pela melancia ocorreu no estágio de enchimento dos frutos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FUNCAP, pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p. Estudio FAO. Riego y Drenaje, 33

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; PARLANGE, M.B. Soil water retention curve, version 1.00, Davis. **Disquete ...** 1995.

FERREIRA, L.N. de M. **Determinação da evapotranspiração atual e potencial da cultura da melancia**. Fortaleza: UFC, 1990. 66p. Dissertação Mestrado

IBGE. **Anuário estatístico do Brasil – 1996**. Rio de Janeiro: v.3, p.46, 1996.

OLIVEIRA, M.A.A. de; CARVALHO, D.F. de. Estimativa da evapotranspiração de referência e da demanda suplementar de irrigação para o milho (*Zea mays* L.) em Seropédica e Campos, Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p. 132 – 135, 1998.

REICHARDT, K. **Processo de transferência no sistema solo – planta – atmosfera**. 4 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985. 466p.

SAUNDERS, L.C.U. **Métodos de determinação e variabilidade espacial da condutividade hidráulica sob condições de campo**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1978. 71p. Tese Doutorado

SMITH, M. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45p.

van GENUCTEN, M. Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892 –898, 1980.