

# NECESSIDADES HÍDRICAS DA CULTURA DO ALGODOEIRO<sup>1</sup>

PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO, T.V. RAMANA RAO<sup>2</sup>, MALAQUIAS DA SILVA AMORIM NETO, JOSÉ RENATO CORTEZ PEREIRA<sup>3</sup>, JOSÉ ESPÍNOLA SOBRINHO<sup>4</sup>, GIRLENE FIGUEIREDO MACIEL<sup>5</sup>

**RESUMO** - Um experimento com algodão herbáceo irrigado foi conduzido em Sousa-PB, no período de agosto a dezembro de 1990. Objetivou o monitoramento diário da evapotranspiração máxima medida (ETm) e o potencial de referência (ETo), estimados por métodos climatológicos, visando a estabelecer o comportamento estacional do coeficiente de cultivo ( $K_c = ETm/ETo$ ). Uma parcela de 0,7 ha foi semeada num espaçamento de 1,00m entre fileiras e 0,20 m entre covas. As irrigações foram efetuadas por sulcos. Os parâmetros meteorológicos foram monitorados diariamente sobre a vegetação. O consumo hídrico diário foi máximo na décima semana (ETm = 6,4 mm/dia) e totalizou 440,0 mm no ciclo vegetativo. ETo mostrou uma tendência para sobreestimar ETm nos subperíodos de germinação e crescimento vegetativo, e subestimá-la após o completo desenvolvimento da cultura. Os métodos de estimativa de ETo apresentaram diferenças estatisticamente não significativas. O método de Penman indicou as menores diferenças em relação aos valores da FAO. Os valores de Kc mostraram-se bastante consistentes com os sugeridos pela FAO. Determinou-se uma curva característica para o ciclo vegetativo da cultura. Observou-se uma baixa taxa transpiratória da cultura, mesmo em ótimas condições de umidade no solo.

**Termos para indexação:** evapotranspiração, consumo hídrico, coeficiente de cultivo, ciclo vegetativo.

## COTTON WATER REQUIREMENTS

**ABSTRACT** - A field experiment with irrigated cotton was conducted at Sousa-PB, in the period from August to December, 1990. Its objective was to measure daily maximum crop evapotranspiration (ETm) and reference potential evapotranspiration (ETo), estimated by climatological methods, in order to establish the seasonal behaviour of the crop coefficient ( $K_c = ETm/ETo$ ). A 0.7 ha plot was planted in a 1.00 m row and 0.20 m between plant spacing. Irrigation was made by furrows. The meteorological parameters were daily observed above the canopy. The maximum daily water consumption occurred in the tenth week (ETm = 6.4 mm/day) and the seasonal total water consumption of 440.0 mm. ETo showed a tendency for overestimating ETm in the phases of germination and vegetative growth and for underestimating it in the period of full crop development. The methods of estimation of ETo showed statistically no significant differences, with Penman's method showing the lowest difference in relation to those values suggested by FAO. Kc values showed good agreement with those suggested by FAO. A Kc characteristic curve was established for the crop growing season. The crop showed a low transpiration rate even in excellent soil water conditions.

**Index terms:** evapotranspiration, water consumption, crop coefficient, growing season.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 22 de janeiro de 1993

<sup>2</sup> Ph.D. em Agrometeorologia. Prof. Adj. Dep. de Ciências Atmosféricas (DCA), Univ. Fed. da Paraíba (UFPB). Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58109-000 - Campina Grande, PB.

<sup>3</sup> M.Sc. em Agrometeorologia e Irrigação, respectivamente EMBRAPA/CNPA Campina Grande, PB.

<sup>4</sup> M.Sc. em Agrometeorologia. Prof. Adjunto, Esc. Sup. de Agric. de Mossoró (ESAM), Mossoró, RN.

<sup>5</sup> Mestrando em Meteorologia (DCA/CCT/UFPB), Campina Grande, PB.

## INTRODUÇÃO

O consumo hídrico das culturas é um parâmetro de fundamental importância, porque condiciona as atividades fisiológicas e metabólicas das plantas. Quanto maior a disponibilidade de água no solo, maior a capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes e maior a eficiência fotossintética das folhas. O máximo rendimento agrícola é

atingido quando o solo é mantido num estado de umidade tal que a absorção das raízes é máxima e o potencial climático é ótimo para o desenvolvimento das plantas. Assim, para um melhor desempenho dos cultivos, em termos de produtividade, necessita-se conhecer as disponibilidades e necessidades térmicas e hídricas em cada fase fenológica ou estágio de desenvolvimento, principalmente quando o reabastecimento de água do solo é feito através da irrigação. Informações sobre o consumo hídrico diário, estacional ou de subperíodos do ciclo vegetativo das culturas, permitem também o ajustamento da época de semeadura mais favorável, em função das disponibilidades térmicas e hídricas, tendo em vista maior eficiência no aproveitamento das precipitações pluviométricas (Berlato & Bergamashi, 1978).

As perdas de água das plantas para a atmosfera podem ser medidas em lisímetros, os quais, por serem caros e de difícil instalação e operação, são restritos à pesquisa experimental. Na prática, essas perdas ou demanda hídrica das culturas são estabelecidas com base nas perdas totais de água para a atmosfera pelo processo de evapotranspiração. Isso porque, toda a água que passa através da planta provém do solo e os processos de evaporação do solo e transpiração da planta ocorrem simultaneamente, não sendo fácil distinguir o fluxo de vapor de água produzido por cada um desses processos (Rosenberg et al., 1983), e ainda porque a transpiração cuticular representa uma fração insignificante da evapotranspiração total (Monteith, 1981). Para Lemon et al. (1957) e Slatier & Mcilroy (1961), a evapotranspiração é uma função dos fatores ambientais e da planta.

Não havendo restrições de umidade no solo, a evapotranspiração depende também da espécie e do estágio de desenvolvimento da cultura (Tanner & Lemon, 1962; Berlato & Molion, 1981). Por outro lado, se a cultura cobre completamente o solo e a disponibilidade de água na zona das raízes é propícia ao processo, a evapotranspiração é potencial e controlada exclusivamente pelos fatores ambientais (Witters & Vipond, 1984). Nesse caso, a evapotranspiração potencial pode ser esti-

mada, com certo grau de precisão, pela evapotranspiração do tanque classe A (Phen & Campbell, 1975, citado por Tan & Fulton, 1980).

Inúmeras técnicas e modelos de medida e estimativas da evapotranspiração têm sido sugeridas, testadas e aplicadas com variado grau de sucesso. Os modelos variam desde fórmulas complexas, baseadas nos processos físicos que controlam a evaporação e a transpiração, até relações de correlação simples entre a evapotranspiração medida e a temperatura do ar, radiação solar, gradiente de temperatura entre a folhagem e o ar, etc. Autores como Penman (1948), Thornthwaite (1948), Vila Nova (1967), Priesetley & Taylor (1972), Dylla et al. (1980), Berlato & Molion (1981), Rosenberg et al. (1983), Shaw (1983) e Klar (1984) têm descrito diferentes técnicas de medida e estimativa da evapotranspiração. Entretanto, essas técnicas e modelos nem sempre reúnem precisão, facilidade de operação e baixo custo, o que tem levado a utilização de métodos essencialmente empíricos, que precisem de calibração local (Azevedo et al., 1989). Qualquer método empregado na determinação de evapotranspiração é de validade duvidosa, a menos que tenha sido adaptado e testado localmente (Doorenbus & Pruitt, 1975; Ramos et al., 1978).

A equação de Penman (1948), que combina o saldo de radiação com os efeitos aerodinâmicos, é o método mais difundido e de melhor precisão na estimativa da evapotranspiração em curtos períodos (dia e semana). Segundo Thom & Oliver (1977), o sucesso da fórmula de Penman, na maioria dos regimes climáticos, se deve ao fato de reunir os principais parâmetros reguladores do processo. As suas limitações restringem-se apenas ao termo aerodinâmico que, em certas situações advectivas, torna-se tão ou mais importante que o termo energético. De acordo com Vila Nova et al. (1975), somente as medições lisimétricas ou as determinações baseadas no balanço de energia oferecem resultados satisfatórios na medição ou estimativa do consumo hídrico de culturas.

Nas regiões áridas e semi-áridas, a intensidade e a distribuição inconstantes das precipitações pluviométricas limitam a disponibilidade hídrica no solo, prejudicando sobremaneira a produtivi-

dade das culturas de maior impacto econômico. No entanto, o rendimento agrícola dessas regiões pode melhorar substancialmente com irrigação, inclusive com a possibilidade de mais de uma colheita por ano, em face da pequena variação das condições energéticas ao longo do ano.

O emprego racional da irrigação levanta duas questões: quando e quanto irrigar. Em geral, o agricultor desconhece as necessidades hídricas das culturas e irriga com base em calendários de irrigação estabelecidos para outras regiões, ou baseados em observações visuais do grau de secura do solo e estado de estresse hídrico das plantas.

Recentemente as necessidades hídricas das culturas têm sido estabelecidas através do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), definido originalmente como a razão entre a evapotranspiração máxima da cultura, ( $ET_m$ ) e a evapotranspiração potencial ( $ET_o$ ). Esta é estimada pelo potencial ambiental referente ao processo evapotranspiração, através da equação de Penman (1948). Entretanto, em algumas culturas o  $K_c$  atinge valores superiores à unidade, particularmente durante o subperíodo de maior consumo hídrico da cultura, o que o termo "potencial" de significado questionável (Doorenbus & Pruitt, 1975; Cuenca et al., 1982). Isso ocorre porque a equação de Penman foi derivada de uma superfície coberta totalmente por vegetação curta, em pleno desenvolvimento vegetativo e sempre bem suprida de água, para uma condição de evapotranspiração potencial ou perda total de água para a atmosfera. Nesses condições é desprezível a resistência ao fluxo de vapor de água para a atmosfera. Para contornar esse problema, o termo evapotranspiração potencial foi substituído por evapotranspiração de referência ( $ET_r$ ), significando o consumo hídrico de uma cultura de grama de 2 a 5 cm ou alfafa de 20 a 50 cm de altura.

Além das condições hídricas do solo e do potencial energético ambiental, o  $K_c$  pode ser influenciado também pelas características aerodinâmicas da vegetação, época de plantio, duração da estação de cultivo e condições climáticas (Tan & Fulton, 1980). Sousa et al. (1987) afirmaram que estimativas confiáveis de  $K_c$ , ao longo da estação de cultivo, permitem o conhecimento da necessi-

dade de irrigação da cultura, além de facilitar o estabelecimento da frequência e quantificação da irrigação, sem necessidade do monitoramento da umidade do solo.

O presente trabalho objetivou o monitoramento diário da evapotranspiração de um cultivo de algodão herbáceo irrigado, medida (evapotranspiração máxima- $ET_m$ ) e estimada (evapotranspiração potencial de referência- $ET_o$ ) por vários métodos climatológicos, visando a estabelecer uma curva característica da variação estacional do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento de campo foi conduzido no perímetro irrigado de São Gonçalo, Sousa-PB, no período de agosto a dezembro de 1990. Uma área de 0,7 ha foi plantada com algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* r. latifolium, cultivar CNPA precoce 1), num espaçamento de 1,00 m entre fileiras e 0,20 m entre covas. As irrigações foram efetuadas de acordo com as necessidades hídricas da cultura, isto é, pela taxa diária acumulada de evapotranspiração. Esta era medida em evapotranspirômetros de lençol freático constante, desde a última irrigação até o momento em que a água no solo (monitorada com uma sonda de neutrons, marca Troxler) atingia 40% da lâmina de água correspondente à capacidade de campo (cc).

Os parâmetros meteorológicos, tais como radiação solar incidente ( $R_{si}$ ) e refletida ( $R_{sr}$ ), saldo de radiação ( $R_n$ ), fluxo de calor no solo ( $G$ ), horas diárias de brilho solar ( $n$ ), umidade relativa (UR), temperaturas do bulbo seco- $T_a$ , do bulbo úmido- $T_w$ , máxima  $T_x$  e mínima- $T_m$ , velocidade do vento a 2 m acima da superfície e evaporação do tanque classe A, foram monitorados diariamente em sensores instalados sobre a vegetação ou na área experimental.

A evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_m$ ) foi medida diariamente (mm/dia) em dois evapotranspirômetros de lençol freático constante. A evapotranspiração potencial de referência ( $ET_o$ ) foi estimada diariamente (mm/dia) pelos seguintes métodos:

### Equação de Penman

A equação derivada por Penman (1948) para estimativa da evaporação de uma superfície livre de água

(Eo) combina o balanço de energia com os efeitos aerodinâmicos do vento sobre a superfície, através da expressão:

$$E_o = \frac{S(R_n - G)/0,1\lambda + \gamma E_a}{S + \gamma}, \text{ (mm/dia)} \quad (1)$$

onde  $R_n$  ( $\text{Calcm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) foi monitorado a intervalos de trinta minutos com saldo radiômetro instalado a 50 cm acima do dossel vegetativo, o que dispensa a correção,  $ETo = fE_o$ , de transformação de evaporação em evapotranspiração potencial (Thom & Oliver, 1977);  $G$  ( $\text{calcm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) foi medido a cada 30 (trinta) minutos com 2 (dois) fluxímetros instalados no solo nas profundidades de 5 e 20 cm;  $E_a$  é o termo aerodinâmico referente ao poder evaporante do ar, dado por:

$$E_a = 0,35 (1 + U_2/100) (e_s - e_a) \quad (2)$$

na qual  $U_2$  é a velocidade média do vento ao nível de 200 cm acima da superfície ( $\text{Km/dia}$ ) e  $(e_s - e_a)$  é o déficit de saturação do ar (mb);  $\lambda$  é o calor latente de vaporização dado pela expressão (Wright, 1982):

$$\lambda = 595 - 0,51T_a \quad (3)$$

Os termos  $S$  e  $\gamma$  referem-se, respectivamente, à inclinação da curva de variação da pressão de saturação do vapor de água com a temperatura do ar e  $\gamma = (C_p P)/(0,622\lambda)$  é a constante psicrométrica, onde  $C_p = 0,24 \text{ calg}^{-10}\text{C}^{-1}$  é o calor específico do ar e  $P$  é a pressão atmosférica local em mb.  $S$  foi estimado pela expressão proposta por Wright (1982):

$$S = 33,8639[0,05904(0,00738T_a + 0,8072)^2 - 3,42 \times 10^{-5}] \quad (4)$$

#### Equação de Priestley & Taylor Adaptada às Condições Advectivas

Priestley & Taylor (1972) mostraram que, na ausência de advecção, a evapotranspiração potencial de referência pode ser estimada por:

$$ETo = [S/(S + \gamma)] (R_n - G) \quad (5)$$

que equivale à equação de Penman (1), onde o termo aerodinâmico é substituído por uma constante  $\alpha$ , a qual

deve ser obtida no local e cultura considerados. Em superfícies bem supridas de água, Priestley & Taylor obtiveram  $\alpha$  variando de 1,08 a 1,34, com um valor médio de 1,26. Posteriormente, Jury & Tanner (1975) adaptaram a equação (5) para condições advectivas na seguinte forma:

$$ETo = [1 + (\alpha - 1) (\Delta e_a / \overline{\Delta e_a})] [S/(S + \gamma)] (R_n - G) \quad (6)$$

em que  $\Delta e_a$  é o déficit de saturação diário e  $\overline{\Delta e_a}$  é o déficit de saturação médio no período considerado.

#### Equação da Radiação

Em áreas em que há disponibilidade apenas de dados de temperatura e radiação solar incidente ou insolação, a estimativa da evapotranspiração potencial de referência pode ser obtida pelo método da radiação, o qual prevê o efeito do clima sobre os requerimentos hídricos da cultura (Doorenbus & Pruitt, 1975). Nesse método,  $ETo$  foi obtido por uma relação linear com o efeito combinado da temperatura do ar e da radiação solar:

$$Eto = a + b[S/(S + \gamma)] R_{si} \quad (7)$$

onde os coeficientes  $a$  e  $b$  foram obtidos, conforme Figura 2 de Doorenbus & Pruitt, 1975, nas condições de umidade relativa e vento reinantes na área experimental.

#### Equação do Tanque Classe A

A evapotranspiração potencial de referência foi também obtida pela expressão:

$$ETo = K_p \cdot ECA \quad (8)$$

em que  $ECA$  ( $\text{mm/dia}$ ) é a evaporação do tanque classe A e  $K_p$  é um fator de correção determinado em função da umidade relativa, velocidade do vento, bordadura e exposição do tanque, conforme Tabela 19 de Doorenbus & Pruitt, 1975.

O coeficiente de cultivo dos 4 (quatro) métodos de estimativa foi obtido em períodos semanais, pela relação:

$$(Kc)_j = \left[ \sum_{i=1}^7 (ET_m/ET_o)_i / 7 \right] \quad (9)$$

onde  $j = 1, 2, 3, \dots, 13$  é o número de ordem das semanas do ciclo vegetativo da cultura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O máximo consumo hídrico diário da cultura foi observado na décima semana ( $ET_m = 6,4$  mm/dia) e o consumo hídrico total do ciclo vegetativo foi de 440,0 mm, inferior ao intervalo de variação (550-950 mm) proposto para o algodoeiro por Doorenbus & Pruitt (1975). Esta diferença se deve ao fato de o cultivar CNPA precoce 1 apresentar um ciclo reduzido de aproximadamente 100 dias. Os métodos empregados na estimativa de  $ET_o$  100 dias. Os métodos empregados na estimativa de  $ET_o$  evidenciam, com maior ou menor precisão que as variações da evapotranspiração da cultura, em consequência das variações dos parâmetros ambientais, não são eficientes na estimativa do consumo hídrico, mas apenas na estimativa do potencial ambiental do processo de evapotranspiração. Assim, todos esses métodos tendem a sobreestimar  $ET_m$  nas fases iniciais de germinação e crescimento vegetativo e subestimá-

-la após a cultura atingir seu completo desenvolvimento (Azevedo et al., 1989).

Na Tabela 1 são apresentados os valores diários médios períodos semanais, da evapotranspiração máxima da cultura ( $ET_m$ ) e da evapotranspiração potencial de referência ( $ET_o$ ) estimada pelos 4 (quatro) métodos considerados. Observa-se uma taxa acentuada de aumento diário de  $ET_m$  nas fases de crescimento vegetativo e floração que, após atingir um valor máximo na décima semana, decresce na fase de maturação, em função da redução progressiva da taxa de transpiração no período final do ciclo fenológico da cultura. Não há diferenças estatisticamente significativas, ao nível de significância de 0,05, entre os valores de  $ET_o$  estimados pelos diferentes métodos. Entretanto, o método de Penman apresentou menores diferenças em relação aos valores sugeridos pela Food Administration Organization - FAO (Doorenbus & Pruitt, 1975). A limitação prática do emprego da equação de Penman reside no termo referente ao saldo de radiação ( $R_n$ ), o qual requer a utilização de radiômetros especializados e caros (saldo radiômetros). No entanto,  $R_n$

TABELA 1. Valores diários médios, por períodos semanais, de  $ET_m$  e  $ET_o$ , estimados pelos métodos considerados, em mm/dia.

Semanas	Evapotranspiração				
	Medida ( $ET_m$ )	Potencial			
		( $ET_o$ ) PE	( $ET_o$ ) JT	( $ET_o$ ) RS	( $ET_o$ ) CA
27/07 a 02/08	2,50	5,26	5,23	5,39	6,16
03/08 a 09/08	3,20	5,11	5,00	5,28	5,93
10/08 a 16/08	4,00	5,31	5,21	5,41	6,04
17/08 a 23/08	4,53	5,62	5,75	5,95	6,19
24/08 a 30/08	4,91	5,50	5,41	6,05	6,21
31/08 a 06/09	5,21	5,69	5,63	6,07	6,36
07/09 a 13/09	5,33	5,56	5,66	5,94	6,33
14/09 a 20/09	5,63	5,85	5,94	6,02	6,53
21/09 a 27/09	5,83	5,38	5,28	5,66	6,20
28/09 a 04/10	6,00	5,51	5,40	6,06	6,67
05/10 a 11/10	5,54	6,30	6,58	6,87	7,09
12/10 a 18/10	4,97	5,92	5,98	6,33	6,79
19/10 a 26/10	4,34	6,18	6,37	6,86	7,05

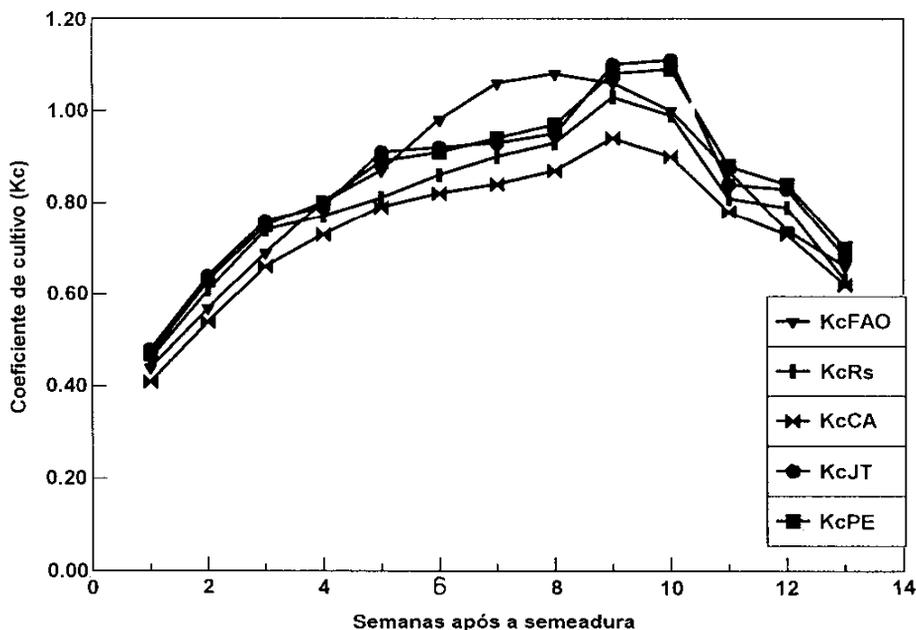
pode ser estimado em função de parâmetros climatológicos, tais como radiação solar, temperatura, insolação e outros. Nas condições e época do experimento, obteve-se o seguinte modelo linear:

$$R_n = 0,0820 + 0,533R_{si}, r^2 = 0,85$$

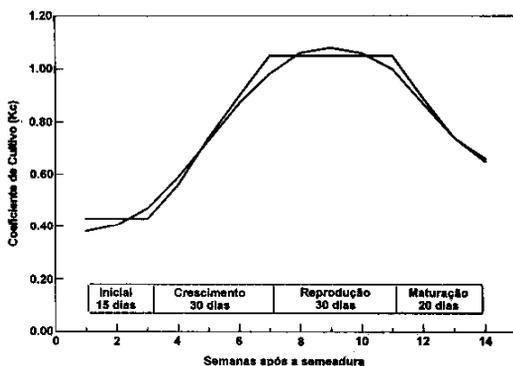
A Figura 1 mostra a variação estacional do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), obtido pelos diferentes métodos e sugerido pela FAO para a cultura do algodão herbáceo. Evidencia-se um melhor ajustamento da curva referente ao método de Penman em relação àquela sugerida pela FAO. As curvas correspondentes aos métodos de Penman e Jury & Tanner são praticamente coincidentes. A referente ao método do tanque classe A evidencia uma subestimativa de  $K_c$  de aproximadamente 20%, em relação ao de Penman, provavelmente porque

o fator de correção de ECA, sugerido pela FAO ( $K_p$ ), não se adequa às condições ambientais reinantes no local e época do experimento. Observa-se também que os valores de  $K_c$  sugeridos pela FAO são bem superiores aos obtidos localmente, no período compreendido entre a 5ª e a 8ª semana, correspondentes aos subperíodos de floração e emissão das maçãs, quando há uma desintensificação da taxa evapotranspiratória da cultura.

A Figura 2 apresenta uma curva característica do comportamento do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) ao longo do ciclo vegetativo do algodão herbáceo. Foi obtida com base na metodologia descrita por Doorenbus & Pruitt (1975) e na média de  $ET_0$  estimada pelo método de Penman, na fase inicial de germinação e desenvolvimento da cultura.



**FIG. 1. Variação estacional do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), estimado pelos métodos de Penman (PE), Jury & Tanner (JT), Classe A (CA), radiação (RS) e sugerido pela FAO para o algodoeiro.**



**FIG. 2.** Comportamento estacional do coeficiente de cultivo,  $K_c$ , do algodão herbáceo cultivado na região de Sousa-PB.

## CONCLUSÕES

1. A cultura do algodoeiro herbáceo apresenta uma taxa diária de consumo hídrico relativamente baixa (cerca de 6,5mm/dia na fase de maior demanda transpiratória da vegetação), mesmo em climas quentes e com suprimento adequado de água no solo. No caso das variedades precoces, o consumo hídrico do ciclo vegetativo não ultrapassa 450,0 mm.

2. As necessidades hídricas do algodão herbáceo precoce podem ser determinadas, com grau aceitável de precisão, por meio da curva característica de  $K_c$  (Fig. 2), pela evapotranspiração potencial de referência ( $E_{To}$ ), estimada por métodos tão simples quanto o da relação linear com o efeito combinado da temperatura do ar e da radiação solar incidente (Eq. 7), bem como pelo tanque classe A (Eq. 8) ajustado localmente ou combinado com o Penman (Eq. 1).

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, P.V. de; COSTA, J.P.R. da; LEITÃO, M.M.V.B.R. Medidas e estimativas da evapotranspiração numa cultura de soja irrigada, nas condições semi-áridas do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, 1989, Maceió. Anais... Maceió: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p.185-191.

BERLATO, M.A.; BERGAMASHI, H. Consumo de água da soja. Evapotranspiração estacional em condições de ótima disponibilidade de água no solo. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA, 1, 1978, Londrina. Anais... Londrina: [s.n.], 1978. v.1, p.53-58

BERLATO, M.A.; MOLION, L.C.B. Evaporação e evapotranspiração. Porto Alegre: IPAGRO, 1981. 95p. (Boletim Técnico, n.7).

CUENCA, R.H.; ASCE, M.; NICHOLSON, M.T. Application of Penman equation wind function. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, v.108, n.1R1, 1982.

DOORENBUS, S.J.; PRUITT, W.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Roma: FAO, 1975. 180p.

DYLLA, A.S.; TOMMONS, D.R.; SAULL, H. Estimating water used by irrigated corn in West Central. *Soil Science Society of America Journal*, v.44, p.823-827, 1980.

JURY, W.H.; TANNER, C.B. Advective modification of the Priestley and Taylor evapotranspiration formula. *Agronomy Journal*, v.67, p.840-842, 1975.

KLAR, A.B. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.

LEMON, E.R.; GLASSER, A.H.; SATTERWHITE, L.E. Some aspects of the relationship of soil, plant and meteorological factors to evapotranspiration. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.21, p.464-468, 1957.

MONTEITH, J.L. Evaporation and surface temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v.107, p.1-27, 1981.

PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society of London*, v.193, p.120-145, 1948.

PRIESTLEY, C.H.B. TAYLOR, R.J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters. *Monthly Weather Review*, v.100, p.81-92, 1972.

RAMOS, Z.S.; PEQUENO, H.C.; CAMPOS, J.L.D. Um método empírico para estimativa da evapotranspiração potencial no Ceará. *Ciências Agrônomicas*, v.8, p.91-95, 1978.

- ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. **Micro-climate: The biological environment**. 2.ed. [s.l.]: John Wiley & Sons. Inc., 1983. 495p.
- SHAW, E.W. **Hydrology in practice**. Van Nostrand Reinhold (UK) Co. Ltd., 1983. 569p.
- SLATER, R.C.; McILROY, J.C. **Evaporation and the principles of its measurements**. Australia: UNESCO, 1961. p.47-131.
- SOUSA, J.L.; AZEVEDO, P.V. de; BASTOS, E.J.B. **Variação estacional do coeficiente de cultivo numa cultura de milho irrigado**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 5, 1987, Belém. **Coletânea de Trabalhos...** Belém: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1987. p.126-129.
- TAN, C.S.; FULTON, J.M. **Ratio between evapotranspiration of irrigated crops from floating lysimeters and classe A pan evaporation**. *Canadian Journal of Plant Science*, v.60, p.207-212, 1980.
- TANNER, S.B.; LEMON, E.R. **Radiant energy utilized in evapotranspiration**. *Agronomy Journal*, v.54, p.207-212, 1962.
- THOM, A.S.; OLIVER, H.R. **On penman's equation for determining regional evaporation**. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v.103, p.345-357, 1977.
- THORNTHWAITE, C.W. **An approach toward a rational classification of climate**. *Geographical Review*, v.38, p.55-94, 1948.
- VILA NOVA, N.A. **Estudos sobre o balanço de energia em uma cultura de arroz**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1967. 78p. Tese de Doutorado.
- VILA NOVA, N.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; PEREIRA, A.R. **Balanço de energia numa cultura de arroz em condição de sequeiro**. *Bragantia*, v.34, n.9, p.171-176, 1975.
- WITTERS, B.; VIPOND, S. **Irrigação: aplicação e prática**. São Paulo: Nobel, 1984. 339p.
- WRIGHT, J.L. **New evapotranspiration crop coefficients**. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, v.108, n.1R2, p.57-74, 1982.