

# CONSUMO DE ÁGUA E COEFICIENTE DE CULTURA DO SORGO<sup>1</sup>

FRANCISCO NETO DE ASSIS<sup>2</sup> e LUIZ AUGUSTO FERREIRA VERONA<sup>3</sup>

RESUMO - O consumo de água, assumido como sendo igual à Evapotranspiração Máxima (ETm) e o Coeficiente de Cultura (Kc) do sorgo sacarino foram estimados com base nas medidas de Etm realizadas em evapotranspirômetro de nível de água constante e da Evapotranspiração de Referência (ETo) calculada pelos métodos de Penman, Classe A e Radiação. A ETm no ciclo de 130 dias foi da ordem de 460 mm. Os valores de Kc, correspondentes aos estágios iniciais do desenvolvimento da cultura e aos valores máximos, foram semelhantes aos recomendados pela FAO. No final do ciclo os valores estimados de Kc foram superiores aos da FAO em cerca de 30%. Foi observada estreita correlação entre a ETm (mm/dia) e o índice de Área Foliar (IAF) da cultura. A eficiência de uso de água foi da ordem de 56,7 Mg/ha/dia.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor*, sorgo sacarino, evapotranspiração, eficiência de uso de água, Índice de Área Foliar (IAF).

## WATER USE AND CROP COEFFICIENT OF SORGHUM

ABSTRACT - Water use, considered as the Maximum Evapotranspiration (ETm) and Crop Coefficient (Kc) from saccharine sorghum were estimated on Etm measures carried out in a constant water table evapotranspirometer and Reference Evapotranspiration (ETo) calculated by Penman's, Class A's and Radiation's method basis. ETm were 460 mm in a 130-day season. Kc values corresponding to early stages of crop growth and to maximum values were equivalent to those recommended by The Food and Agriculture Organization (FAO). Kc values estimated were higher than FAO's values ( $\pm 30\%$ ) at the crop cycle end. A good correlation was observed between ETm (mm/day) and Foliar Area Index (IAF). Water use efficient was 56,7 Mg/ha/mm.

Index terms: *Sorghum bicolor*, saccharine sorghum, evapotranspiration, water use efficiency, foliar area index.

## INTRODUÇÃO

O consumo de água de uma cultura anual, desde a semeadura até a colheita, é quase igual à Evapotranspiração Máxima (ETm) no mesmo período. A diferença existente af, é quanto à quantidade de água retida nos tecidos vegetais, que pode chegar a mais de 90% da matéria seca, mas é inferior a 1% da ETm durante o ciclo da cultura. Por evapotranspiração entende-se a perda de água na forma de vapor

através da superfície do solo (evaporação), mais aquela que ocorre na superfície foliar (transpiração). O papel da transpiração no crescimento e desenvolvimento da planta é fundamental. A mesma via de acesso do gás carbônico para a fotossíntese (os estômatos) permite a difusão do vapor d'água para a atmosfera. A transpiração promove o "resfriamento" da planta e o transporte de nutrientes do solo para os órgãos da planta. Assim, a transpiração, a fotossíntese e o rendimento final estão intimamente associados. Em termos práticos é difícil separar-se a transpiração da evaporação, embora alguns modelos, como o relatado por Kanemasu et al. (1976), tenham este objetivo.

A literatura sobre evapotranspiração de diversos ecossistemas naturais e agrícolas é bastante vasta. Os conceitos utilizados provêm

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 20 de novembro de 1990  
Realizado com recursos do Convênio EMBRAPA/Univ.  
Fed. de Pelotas (UFPEL).

<sup>2</sup> Eng.-Agr., Prof. de Climatol. Agríc., Dep. de Fitotecnia,  
Fac. de Agron. Eliseu Maciel da UFPEL. Caixa Postal 354,  
CEP 96100 Pelotas, RS.

<sup>3</sup> Eng.-Agr., Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária.

basicamente de Thornthwaite (1948), Penman (1948) e, mais recentemente, de Doorenbos et al. (1979). Estes últimos divulgaram o conceito de Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>) que guarda certa similaridade com o conceito de Evapotranspiração Potencial de Thornthwaite (1948) e de Transpiração Potencial de Penman (1948). Explicitamente, a ET<sub>o</sub> representa, segundo Doorenbos et al. (1979), "a taxa de evapotranspiração de uma grande superfície vegetada por uma cultura de porte baixo (8 a 15 cm de altura), em fase de crescimento ativo, sombreando completamente o solo, no qual não existe restrição de água". Neste contexto a ET<sub>o</sub> expressa a demanda evaporativa da atmosfera e prediz o efeito do clima local sobre a evapotranspiração de uma cultura qualquer.

Em certa condição climática a Evapotranspiração Máxima (ET<sub>m</sub>) de uma cultura qualquer, em determinado estágio de desenvolvimento, relaciona-se com a ET<sub>o</sub> na forma  $ET_m = K_c ET_o$ , onde  $K_c$  é o coeficiente de cultura e ET<sub>m</sub> refere-se às condições nas quais o teor de água no solo é suficiente para não restringir o crescimento e o desenvolvimento da cultura.

O valor de  $K_c$  é função do tipo de cultura e, para uma mesma cultura, varia com o estágio de desenvolvimento das plantas. Doorenbos et al. (1979) relaciona valores médios de  $K_c$  para diversas culturas resultantes de observações em várias condições de clima e solo.

Os objetivos deste trabalho são avaliar o consumo de água (ET<sub>m</sub>) e determinar o Coeficiente de Cultura ( $K_c$ ) de uma cultura de sorgo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados analisados neste trabalho foram obtidos em uma área experimental de aproximadamente 0,5 ha localizada ao lado da Estação Agroclimatológica da Universidade Federal de Pelotas e na própria Estação, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 31 52' S, Longitude 52 21' W e Altitude 13,2 m.

O clima da região de Pelotas, na classificação de Koeppen, é temperado (C) com chuvas bem distribuídas (f) e verões suaves (a), sendo representado

pela fórmula Cfa. Entretanto, ocorrem, com grande frequência, estiagens prejudiciais às culturas de verão e outono, e pastagens nativas e cultivadas (Mota 1983).

O solo da área experimental é classificado como Planossolo, Albaqualf (Lemos 1973).

Foi utilizada a variedade de sorgo sacarino BR-501, semeada no espaçamento de 0,70 m entrelinhas, com uma densidade de aproximadamente 143.000 plantas/ha, nos anos agrícolas 81/82, 82/83 e 83/84. A emergência das plantas ocorreu em 27 de novembro no primeiro ano, em 3 de dezembro no segundo, e em 2 de dezembro no terceiro.

A Evapotranspiração Máxima (ET<sub>m</sub>) foi medida diariamente em um conjunto de três evapotranspirômetros de nível de água constante, conforme Assis (1978) dotado de abrigo móvel de chuvas e instalado no centro da área experimental. Cada evapotranspirômetro teve uma densidade de 20 plantas resultante da passagem de duas linhas de plantio pelo seu interior.

A Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>) foi estimada com base nos dados de insolação, temperatura e umidade relativa do ar, velocidade do vento a 2,0 m de altura e evaporação medida no Tanque Classe A, todos obtidos na Estação Agroclimatológica. Os métodos utilizados foram os de Penman (1948), segundo Assis (1978), Radiação (Makking) e Tanque Classe A, segundo Doorenbos & Pruitt (1975).

Semanalmente, nos dois primeiros anos do experimento, foram realizadas amostragem de plantas para a determinação da matéria seca acumulada e do Índice de Área Foliar (IAF).

Os valores diários de ET<sub>m</sub> e ET<sub>o</sub> foram agrupados em pentadas para efeito de análise. Esta, foi inteiramente realizada com base na regressão dos valores de ET<sub>m</sub>, ET<sub>o</sub>,  $K_c$ , MS e IAF, contra o tempo decorrido após a emergência das plantas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de ET<sub>o</sub>, estimados pelos três métodos citados (ET<sub>m</sub>, IAF e Matéria Seca), são mostrados nas Fig. 1, 2 e 3, como média dos três anos. As equações de regressão obtidas para cada série de dados estão indicadas na Tabela 1.

Os valores de ET<sub>o</sub> calculados pelos três métodos mostraram, no conjunto, comporta-

mento diferente ao da ET<sub>m</sub> (Fig. 1). Em todos os casos, a taxa de ET<sub>o</sub> decresceu ao longo do ciclo da cultura porque ET<sub>o</sub> representa a demanda evaporativa da atmosfera, resultante do balanço de energia. Como no período considerado - dezembro a março - há uma diminuição do balanço de energia naquela latitude, compreende-se o comportamento dos valores de

ET<sub>o</sub> apresentados. A taxa de ET<sub>m</sub>, por outro lado, variou segundo o crescimento das plantas, ocorrendo o valor de pico bem próximo ao instante de ocorrência do IAF máximo.

Como resultado do comportamento da taxa de ET<sub>m</sub> e ET<sub>o</sub>, os valores de K<sub>c</sub> (Fig. 3), mostraram perfeita coerência com o desenvolvimento da cultura. Com efeito, nos três casos,

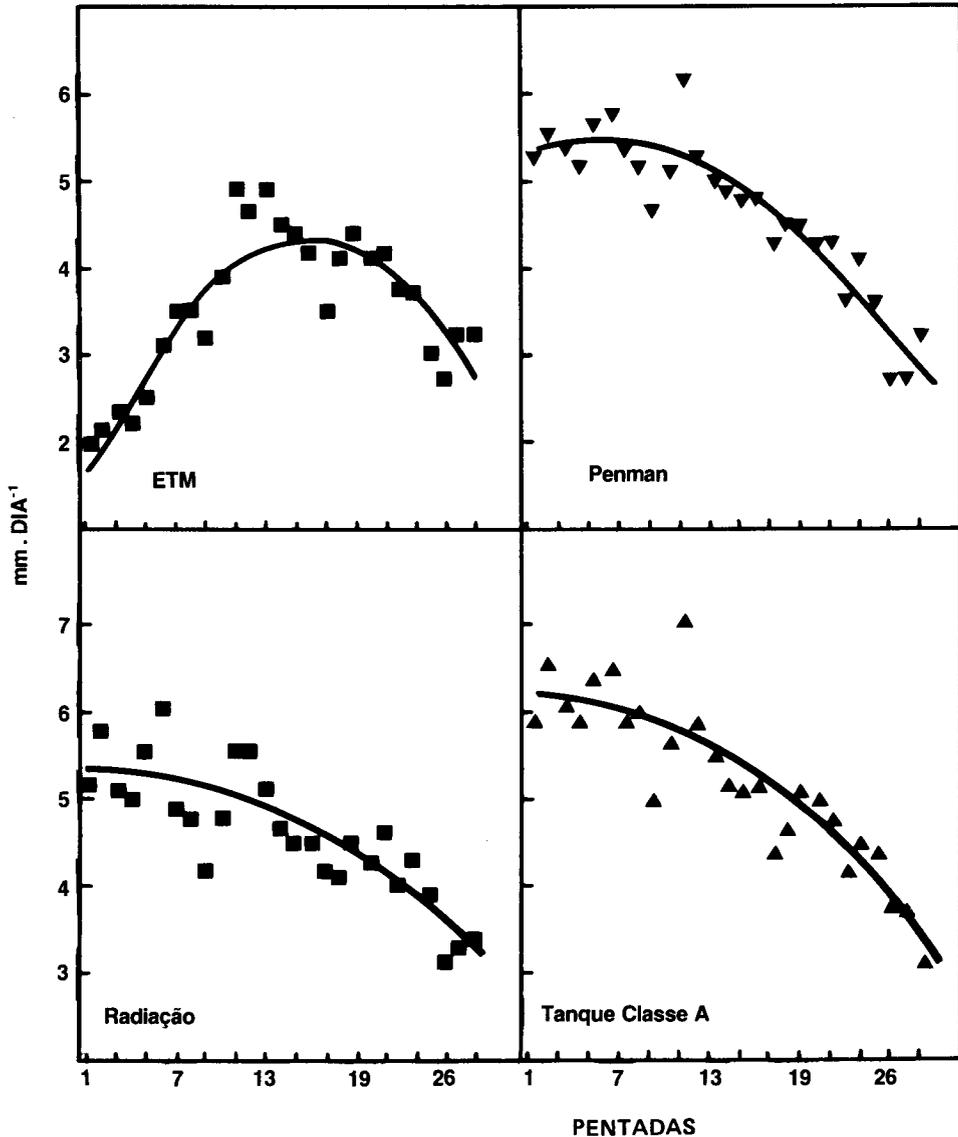


FIG. 1. Variação dos valores de ET<sub>m</sub> e ET<sub>o</sub> calculados pelos métodos de Penman, Radiação e Tanque Classe A durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do sorgo (média de três anos).

o valor de  $K_c$  foi relativamente baixo logo após a emergência; aumentou progressivamente com o crescimento da planta até um certo valor a partir do qual decresceu até a maturação fisiológica. Isto significa que o pa-

drão de comportamento do valor de  $K_c$  foi determinado basicamente pela variação do valor de  $ET_m$ .

Comparando-se os valores de  $K_c$  obtidos neste trabalho com os recomendados pela

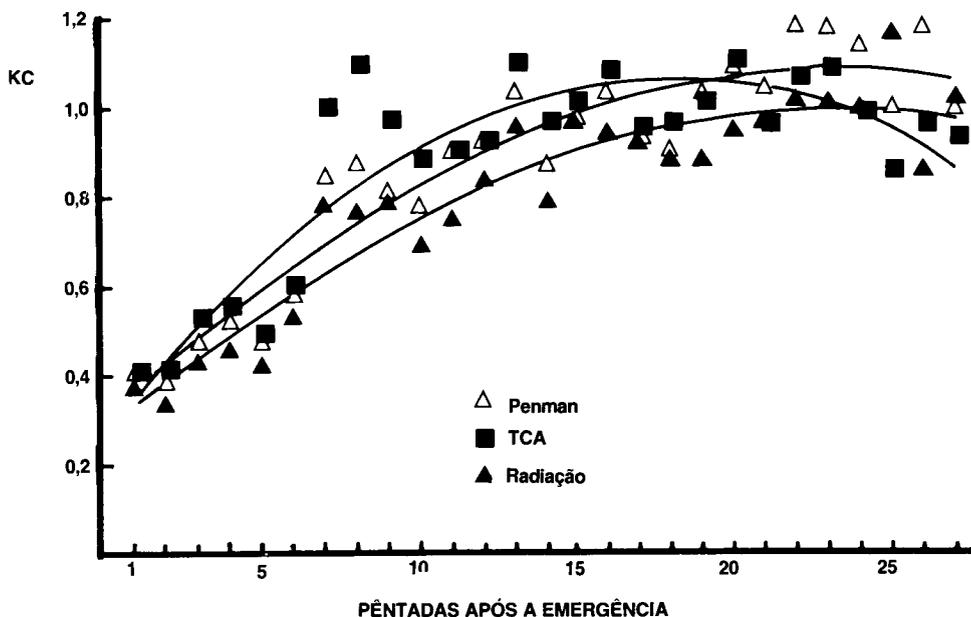


FIG. 2. Variação dos valores de Coeficiente de Cultura ( $K_c$ ) durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do sorgo (média de três anos).

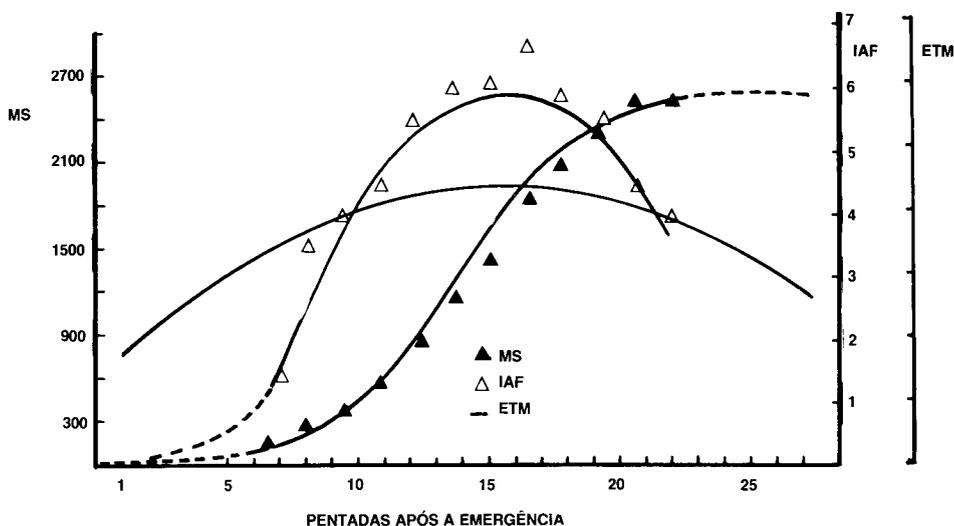


FIG. 3. Variação do Índice de Área Foliar (IAF), acúmulo de Matéria Seca (MS) e da Evapotranspiração Máxima ( $ET_m$ ) durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do sorgo (média de três anos). A escala da  $ET_m$  é a mesma do IAF.

**TABELA 1. Equações de regressão dos valores de ETm, ETo, MS, IAF e Kc contra o número de ordem da pântada após a emergência.**

Var. Dependente	Equação	Coef. Det.
ETm	$Y = 1,24 + 0,399X - 0,013X^2$	0,80
ETopen	$Y = 5,34 + 0,050X - 0,005X^2$	0,87
ETorad	$Y = 6,22 + 0,0006X - 0,004X^2$	0,81
ETotanche	$Y = 5,37 + 0,004X - 0,003X^2$	0,71
Kcpen	$Y = 0,29 + 0,068X - 0,0014X^2$	0,89
Kcrad	$Y = 0,25 + 0,064X - 0,0013X^2$	0,89
Kctanche	$Y = 0,29 + 0,086X - 0,0023X^2$	0,81
IAF	$Y = -8,09 + 0,373X - 0,0024X^2$	0,89
MS	$Y = 2600/(1 + \text{EXP}(-0,431(X - 13,77)))$	0,99

Em todos os casos a variável independente (X) é o número da pântada (1 a 27) com exceção para a Matéria Seca (MS), onde X representa dias após a emergência.

FAO (Doorenbos et al. 1979) constata-se que há boa concordância nos estágios iniciais do desenvolvimento da cultura (0,25 a 0,29 contra 0,3 daqueles autores) e nos valores máximos (1,04 a 1,11 contra 1,15). No final do ciclo os valores de Kc aqui observados são cerca de 30% superiores aos de Doorenbos et al. (1979). Em termos médios, considerando todo o ciclo da cultura, entretanto, os valores de Kc variaram entre 0,68 (Método de Radiação); 0,74 (Penman) e 0,76 (Tanque Classe A) contra 0,75 (sem especificar o método) dos mesmos autores.

A integração da curva de ETm (Fig. 1), desde a emergência até a maturação fisiológica, resultou em um valor de 461 mm. Este valor relacionado ao acúmulo de matéria seca (Fig. 3), mostrou que a eficiência de uso da água foi da ordem de 56,7 t/ha/mm. Kanemasu et al. (1976), citando dados de diversos autores, mostraram que o consumo de água pela cultura do sorgo varia entre 350 e 720 mm, com eficiência de uso de água da ordem de 36,3 a 68,0 t/ha/mm, dependendo da quantidade de água aplicada por irrigação. Em geral, tanto a ETm total quanto a eficiência, aumentam com a frequência e com a quantidade de água fornecida à cultura.

O fato de a curva de variação da ETm ser bem semelhante à da variação do IAF (Fig. 3) sugere que, em princípio, a ETm pode ser estimada com base no IAF. De fato, utilizando-se os valores de IAF e ETm obtidos com as equações da Tabela 1, no intervalo de 30 a 110 dias após a emergência, (pântada 6 a 22), o coeficiente de correlação entre as duas variáveis é de 99,6% com uma equação de regressão da forma:  $ETm = 3,0 + 0,22 IAF$ . Este fato, se confirmado, representaria uma grande vantagem na avaliação da ETm de culturas.

## CONCLUSÕES

1. O coeficiente de cultura (Kc) varia segundo o método de cálculo da ETm, explicitamente os seus valores médios determinados segundo os métodos de cálculo de ETm, foram 0,74 (Penman), 0,76 (Tanque Classe A) e 0,68 (Método de Radiação).

2. A taxa de variação da ETm durante o ciclo da cultura, segue o mesmo padrão do Índice de Área Foliar.

3. Os valores de Kc aqui determinados apresentam boa concordância com os recomendados pela FAO quando se consideram os estágios iniciais da cultura, os valores de pico e os valores médios (todo o ciclo); no estágio final de desenvolvimento da cultura os valores de Kc foram cerca de 30% superiores aos da FAO.

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, F.N. de. **O uso do evapotranspirômetro no estudo de algumas relações entre evapotranspiração medida e estimada.** Piracicaba: USP-ESALQ, 1978. 65p. Tese Mestrado.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting crop water requirements.** Roma: FAO, 1975. 193p. (IDP 24).
- DOORENBOS, J. et al. **Yield response to water.** Roma: FAO, 1979. 180p. (IDP 35).

- KANEMASU, E.T.; STONE, L.R.; POWERS, W.L. Evapotranspiration model tested for soybean and sorghum. **Agronomy Journal**, v.68, n.4, p.569-572, 1976.
- LEMOS, J.B. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: DNPEA-DPP, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30).
- MOTA, F.S. **Normais e séries climatológicas - campus da UFPEL período 1951/1980**. Pelotas: UFPEL, Estação Agroclimatológica, 1983. 45p. (Boletim Técnico, 6).
- PENMAN, J.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London, Series A: Mathematical and Physical Sciences**, v.193, p.120-145, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climates. **Geographical Review**, v.38, p.35-94, 1948.