

## COEFICIENTE DA CULTURA DO GIRASSOL PARAMETRIZADO EM FUNÇÃO DA SOMA TÉRMICA ACUMULADA

RICARDO L. MALDANER<sup>1</sup>, ARNO B. HELDWEIN<sup>2</sup>, IVAN C. MALDANER<sup>3</sup>, DIONÉIA D. P. LUCAS<sup>3</sup>, ROBERTO TRENTIN<sup>4</sup>, FERNANDO D. HINNAH<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico curso técnico em Agropecuária UFSM, Santa Maria- RS, Fone: (55) 9903-2550, ricardo\_maldaner@hotmail.com.

<sup>2</sup>Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, CCR/UFSM, Santa Maria- RS.

<sup>3</sup>Doutorando PPG em Agronomia UFSM, Santa Maria - RS.

<sup>4</sup>Doutorando PPG em Eng. Agrícola UFSM, Santa Maria - RS.

<sup>5</sup>Acadêmico do curso de Agronomia, UFSM, Santa Maria - RS.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011  
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi o de parametrizar de forma analítica o coeficiente de cultura (Kc) diário para a cultura do girassol em função da soma térmica acumulada ao longo do ciclo de desenvolvimento. O trabalho foi realizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Os dados de soma térmica, para o ajuste do modelo, foram obtidos de um experimento com o híbrido de girassol Aguará 03. O Kc foi parametrizado para sete datas de semeadura. A partir das médias do coeficiente da cultura, para cada subperíodo foram determinados os valores diários de Kc para todos os dias do ciclo da cultura do girassol. Para os subperíodos Semeadura–Emergência e início da antese–final da antese foi considerado Kc constante de 0,43 e 1,12, respectivamente. No subperíodo R5.1–R6 o valor de Kc é máximo, uma vez que as plantas atingiram o índice de área foliar (IAF) máximo (mantendo-o até o fim da antese), resultando na maior exigência de água das plantas nesse subperíodo. Para os subperíodos emergência–início da antese e final da antese–maturação fisiológica o Kc foi parametrizado em função a soma térmica acumulada. Os valores diários do Kc ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura do girassol podem ser parametrizados em função da soma térmica acumulada pelas plantas.

**PALAVRAS-CHAVE:** balanço hídrico, *Helianthus annuus*, temperatura do ar.

## SUNFLOWER CROP COEFFICIENT PARAMETERIZED AS A FUNCTION OF ACCUMULATED THERMAL TIME

**ABSTRACT:** The objective of this study was to analytically set parameters the daily crop coefficient (Kc) for sunflower crop in function of accumulated thermal time during the development cycle. The study was conducted at the Crop Science Department of Federal University of Santa Maria.. The thermal data for the adjustment of the model were obtained from an experiment with sunflower hybrid Aguará 03. The Kc was parameterized for seven sowing dates. From the averages of crop coefficient ,for each subperiod were daily values of Kc for whole cycle of sunflower crop. For subperiods Seeding–Emergency and beginning of anthesis–late anthesis was considered constant Kc of 0.43 and 1.12, respectively. In the subperiod R5.1-R6 the Kc value is maximum, once the plants reached the maximum leaf area index (LAI) (keeping it until the end of anthesis), resulting in higher water requirement of plants in this subperiod. For the subperiods emergency–beginning of anthesis and late anthesis–physiologic maturation the Kc was parameterized according the thermal time. The

daily values of Kc during the development cycle of sunflower crop can be parameterized as a function of accumulated thermal time by plants.

**KEY-WORDS:** water balance, *Helianthus annuus*, air temperature.

**INTRODUÇÃO:** O girassol é uma cultura em expansão no Brasil e no mundo, devido à crescente demanda do mercado alimentício e da bioenergia (UNGARO et al., 2009). A ocorrência de períodos com deficiência hídrica (DH) é um dos dois fatores mais limitantes à produtividade do girassol no Rio Grande do Sul (CASTRO; FARIAS, 2005). A magnitude da DH pode ser calculada pelo balanço hídrico (BH), com base em dados meteorológicos, o que também permite determinar a necessidade de irrigação para a cultura. Para o cálculo do BH é indispensável quantificar a evapotranspiração diária da cultura (ETc), sendo necessário conhecer o valor real diário do coeficiente de cultura (Kc), que varia continuamente ao longo do ciclo, principalmente em função da área foliar, a qual é dependente do desenvolvimento das plantas (PEREIRA et al., 1997). Assim, a variação diária real do Kc pode ser parametrizada com base na soma térmica, pois na literatura são encontrados apenas valores médios de Kc para cada subperíodo de desenvolvimento do girassol, o que resulta em erros significativos na ETc diária. O objetivo deste trabalho foi o de parametrizar de forma analítica o Kc diário para a cultura do girassol em função da soma térmica acumulada ao longo do ciclo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi realizado no Departamento de Fitotecnia da UFSM. Os dados de soma térmica, para o ajuste do modelo, foram obtidos de um experimento com o híbrido de girassol Aguará 03. A soma térmica diária (STd, °C.dia) foi calculada pelo método abaixo (GILMORE; ROGERS, 1958):

$STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$  quando  $T_b < T_{med} \leq T_{tot}$  e  $STd = (T_{tot} - T_b) \cdot (T_{max} - T_{med}) / (T_{max} - T_{tot})$  quando  $T_{tot} < T_{med} \leq T_{max}$  (1)

onde:  $T_b$  é a temperatura base,  $T_{tot}$  é a temperatura ótima e  $T_{max}$  é a temperatura máxima para o desenvolvimento do girassol. Utilizou-se  $T_b = 3,9 \text{ °C}$ ,  $T_{tot} = 27 \text{ °C}$  e  $T_{max} = 34 \text{ °C}$  (FAGUNDES et al., 2007). A temperatura média ( $T_{med}$ ) foi calculada pela média aritmética entre a temperatura mínima e a temperatura máxima diária do ar. A soma térmica acumulada ( $STa$ , °C dia) a partir da emergência foi calculada por  $STa = \sum 1 \text{ n } STd$ , onde n é a duração em dias, da fase de desenvolvimento. A partir das médias de Kc, conforme Matzenauer et al. (1999), para cada subperíodo foram determinados os valores diários do coeficiente da cultura para todos os dias do ciclo da cultura do girassol. Para a geração dos modelos utilizou-se o Kc interpolado para cada dia em função da soma térmica total (ST) atingida até o dia<sub>(n)</sub> ( $ST_n \cdot ST^{-1}$ ) do respectivo subperíodo de desenvolvimento da cultura (SDC) do girassol (SCHNEITER; MILLER, 1981). Para os SDC sementeira à emergência (S-E) e início da antese ao final da antese (R5.1-R6) os valores do Kc foram considerados constantes. Para as datas de sementeira de início de agosto (data de sementeira 1) e início de setembro de 2007 (data de sementeira 2) foram gerados modelos lineares no transcorrer do subperíodo da emergência ao início da antese (E-R5.1) e final da antese à maturação fisiológica (R6-R9), já para as datas de sementeira no início de outubro (data de sementeira 3), novembro (data de sementeira 4) e dezembro de 2007 (data de sementeira 5) e início de janeiro (data de sementeira 6) e fevereiro de 2008 (data de sementeira 7) foram gerados modelos lineares no transcorrer do subperíodo da emergência – botão visível (E-BV), botão visível – início da antese (BV-R5.1) e final da antese à maturação fisiológica (R6-R9), baseados na soma térmica acumulada, para interpolar os valores diários do Kc ao longo do respectivo SDC para girassol semeado em final de

agosto. Para a avaliação do desempenho dos modelos a estatística utilizada foi a raiz quadrada do quadrado médio do erro (RQME) calculada por (JANSSEN; HEUBERGER, 1995):

$$RQME = (\sum(s_i - o_i)^2/N)^{0,5} \quad (2)$$

em que, “s” é o valor estimado, “o” é o valor observado e N é o número de observações.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Para os subperíodos S–E e R5.1–R6 foi considerado coeficiente da cultura constante de 0,43 e 1,12, respectivamente. Para o subperíodo S–E o valor de Kc foi considerado constante pois as plantas de girassol ainda não emergiram, sendo assim a evapotranspiração composta apenas da fração de evaporação na superfície do solo. No subperíodo R5.1–R6 o valor de Kc é máximo, uma vez que as plantas atingiram o índice de área foliar (IAF) máximo (mantendo-o até o fim da antese), resultando na maior exigência de água pelas plantas nesse subperíodo. No subperíodo E–R5.1 o IAF aumenta de forma linear ou por vezes exponencial. Assim o modelo mais simples gerado com melhor ajuste foi o linear do Kc em função da soma térmica acumulada (st),  $Kc = 0,000626*st + 0,435347$ , com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,996 (Figura 1A). Para o subperíodo R6–R9 foi obtido o modelo  $Kc = -0,001401*st + 2,926892$  ( $R^2 = 0,998$ ) (Figura 1A). No subperíodo R6–R9 o Kc diminui devido à redução do IAF causado pela senescência gradativa das folhas, desde as inferiores até o ápice das plantas. O RQME foi de 0,053 e 0,01 para as datas de semeadura 1 e 2, respectivamente. Para as datas de semeadura 3, 4, 5, 6 e 7 foram obtidos três modelos para todo o ciclo da cultura do girassol (Figura 1B). Para o subperíodo E–BV foi obtido o modelo,  $Kc = 0,00028*st + 0,431613$  ( $R^2 = 0,999$ ) (Figura 1B). No subperíodo BV–R5.1 o modelo obtido foi  $Kc = 0,00120*st - 0,288425$  ( $R^2 = 0,999$ ) (Figura 1B). Para o subperíodo R6–R9 foi obtido o modelo  $Kc = -0,000819*st + 2,254705$  ( $R^2 = 0,999$ ) (Figura 1B). Para as datas de semeadura 3, 4, 5, 6 e 7 o RQME foi de 0,002, 0,030, 0,035, 0,021 e 0,062, respectivamente. Observando-se que o RQME pode ser considerado baixo nas diferentes datas de semeadura, sendo que o maior valor foi o da data de semeadura 1 de 0,053 de erro no Kc em todo o ciclo de desenvolvimento da cultura.

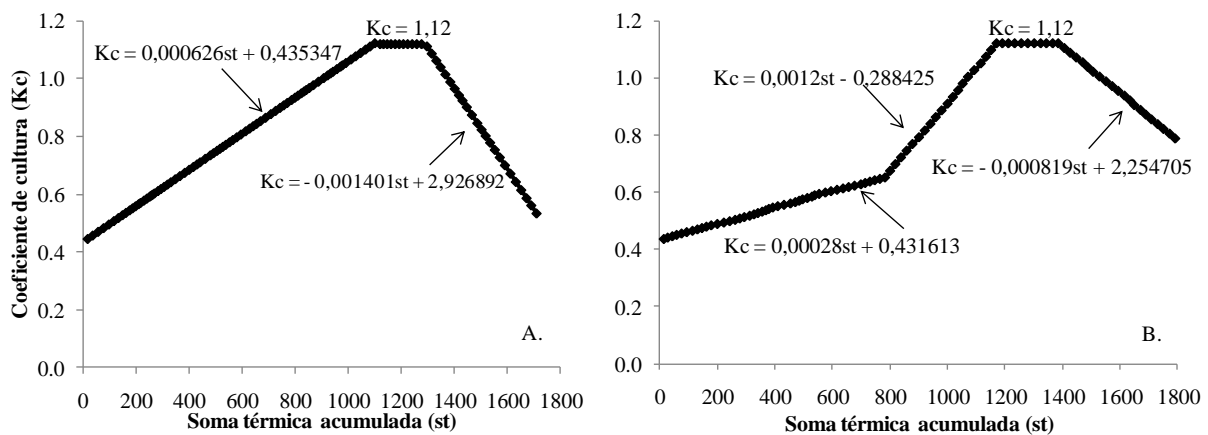


Figura 1. Coeficiente de cultura (Kc) para o girassol em função da soma térmica acumulada (st). A. Equações para a estimativa do Kc em função da soma térmica acumulada para as datas de semeadura de agosto e setembro; B. Equações para a estimativa do Kc em função da soma térmica acumulada para as datas de semeadura de outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

**CONCLUSÕES:** Os valores diários do coeficiente da cultura (Kc) ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura do girassol, nas diferentes datas de semeadura, podem ser parametrizados em função da soma térmica acumulada pelas plantas.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Conselho Nacional de Pesquisa e desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES) pela concessão de bolsas à alguns dos autores.

**REFERÊNCIAS:**

CASTRO, C. de; FARIAS, J. R. B. **Ecofisiologia do girassol**. In: \_\_\_\_\_. **Girassol no Brasil**. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005, cap.9,p. 163-218.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma, 1979. p. 198. (FAO Irrig. and Drain. Paper, n. 33).

FAGUNDES, J. D. et al. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): efeito de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p.987-993, jul/ago, 2007.

GILMORE, E. C. Jr.; ROGERS, J. S. Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, v. 50, p. 611-615, 1958.

JANSSEN, P.H.M.; HEUBERGER, P.S.C. Calibration of process – oriented models. **Ecological Modelling**, v. 83, n. 1-2, p. 55-56, janeiro/abril 1995.

MATZENAUER, R. et al. Relações da evapotranspiração máxima do girassol (*Helianthus annuus* L.) com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 241-247, 1999.

PEREIRA, A. R. et al. **Evapo(transpi)ração** – Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

SCHNEITER, A.A., MILLER, J.F. Description of Sunflower growth stages. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 6, p.901-903, Nov./Dez. 1981.

UNGARO, M. R. G. et al. Girassol. In: MONTEIRO, J.E.B.A. Agrometeorologia dos Cultivos – o Fator Meteorológico na Produção Agrícola. Brasília: INMET, 2009. p. 205-221.