



DANIEL P. GUIMARÃES e PAULO E. P. ALBUQUERQUE ¹

¹ Pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151. Sete Lagoas, MG – CEP: 35701-970 – E-mail: daniel@cnpms.embrapa.br

INTRODUÇÃO

Coeficiente de cultura (K_c) é a razão entre a evapotranspiração da cultura (ET_c) e a evapotranspiração de referência (ET_o), isto é, $K_c = ET_c/ET_o$. Na tentativa de racionalizar o uso da água na agricultura, esse termo, o K_c , tem-se tornado mais relevante, porque, uma vez que a sua determinação se torne mais acurada, reduções no custo de produção do sistema agrícola e no impacto ao meio ambiente poderão ser atingidos. A ET_c é o processo dinâmico da água que ocorre no sistema solo-planta-atmosfera, a partir do momento em que a água é aplicada natural (através da chuva) e/ou artificialmente (através da irrigação) sobre um cultivo agrícola. Portanto, toda água que entra pela planta e participa de seus processos metabólicos, incluindo a fotossíntese, faz parte da constituição dos seus tecidos e é transpirada por ela. A transpiração (T) é a maior parcela da quantidade total de água que passa pela planta, podendo alcançar até 99%. A água que é diretamente evaporada pela superfície do solo é a evaporação (E). A integração dos dois termos ($E + T$) constitui-se o que se denomina de evapotranspiração (ET). No início do ciclo da cultura, quando a superfície do solo não está totalmente coberto pela cultura, a parcela da evaporação é grande, mas vai-se diminuindo à medida que a cultura vai cobrindo toda a superfície do solo. A ET_o é o mesmo processo descrito para a ET_c , entretanto neste caso a cultura é específica, dita de referência, que anteriormente considerava-se a grama ou a alfafa, em pleno desenvolvimento vegetativo, cobrindo completamente a superfície do solo e bem suprida de água. Atualmente, ET_o tem uma nova definição: é uma cultura hipotética, semelhante à grama, cujo modelo físico-matemático que a expressa é o de Penman-Monteith, com parâmetros estabelecidos pela FAO (Allen et al., 1998). Como a ET_c ou ET_o , o K_c sofre fortemente os efeitos do clima, além da interação desse e a cultura em si, por isso o seu estágio de desenvolvimento e as suas próprias características (culturas perenes ou de ciclo anual etc.) irão estabelecer os valores para o K_c . O K_c na fase inicial do ciclo da cultura também sofre o efeito da frequência de umedecimento da superfície do solo, devido essa superfície está descoberta ou pouco vegetada. Uma das primeiras publicações sobre K_c foi da FAO em seu manual 24 (Doorenbos e Pruitt, 1977), o qual apresenta gráficos e tabelas para as diversas culturas em função de frequências (F) de umedecimento do solo e

de valores de ET_o que ocorrem nesse período. Na fase inicial do ciclo fenológico, quando ainda as plantas não cobrem totalmente a superfície do solo, é suposto que todas as culturas de ciclo anual, das quais fazem parte o milho e o sorgo, se comportam de modo semelhante com relação ao K_c . Para essas culturas, os valores apresentados para o K_c na fase inicial (K_{c-ini}) do ciclo da cultura podem variar de 0,20 até mais de 1,00, dependendo das condições de umedecimento de solo e da ET_o . Albuquerque e Andrade (2001), baseando-se na proposta original de Doorenbos e Pruitt (1977), propuseram uma equação de regressão múltipla que correlacionam os parâmetros F e ET_o para a determinação do K_{c-ini} . Os trabalhos apresentados no Brasil até o momento sobre coeficientes de cultura têm sido mais de caráter pontual, não sendo apresentados para uso de recomendação mais amplo. Por isso, há necessidade de obtenção desses valores de modo a cobrir áreas maiores e que sejam prontamente obtidos quando houver necessidade. O presente trabalho objetivou obter valores mensais dos coeficientes de cultura (K_c) da fase inicial de culturas de ciclo anual, no Estado do Mato Grosso, através da apresentação de mapas com isolinhas referentes às faixas de valores de K_c .

MATERIAL E MÉTODOS

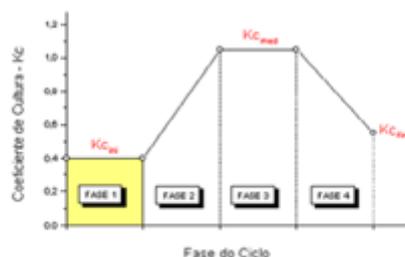


FIGURA 1 - Evolução do coeficiente de cultura (K_c) ao longo do ciclo fenológico, evidenciando-se a fase 1 ou inicial - K_{c-ini} (Doorenbos e Pruitt, 1977).

Segundo Doorenbos e Pruitt (1977), os quais apresentaram tabelas e gráficos para a determinação do K_{c-ini} , Albuquerque e Andrade (2001) obtiveram a seguinte equação de regressão quadrática para a estimativa do K_{c-ini} , mantendo-se uma frequência de irrigação (F) na fase inicial num valor fixo de 4 dias:

$$K_{c-ini} = 1,03099 - 0,091263.ET_o + 0,0042672.ET_o^2 \text{ eq. 1}$$

Em que:

K_{c-ini} = valor do coeficiente de cultura na fase 1 ou inicial;

ET_o = evapotranspiração de referência na fase 1 (mm/dia).

Os dados utilizados para obtenção de ET_o referiram-se a séries históricas de 11 estações meteorológicas sinóticas do Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia), localizadas no Estado do Mato Grosso, com períodos de coleta entre 4 e 18 anos. As variáveis analisadas foram: temperaturas máxima, mínima e média ($^{\circ}\text{C}$), umidades relativas do ar média e mínima (%), pressão atmosférica (bar), precipitação (mm), velocidade do vento (m/s), evaporação (mm) e insolação (h). Após se proceder a análise de consistência dos dados, esses foram classificados em duas categorias, sendo a primeira contendo séries completas, onde todas as variáveis climáticas foram mensuradas, e a segunda formada pelos dados que compunham séries incompletas. Para as séries completas, procedeu-se o cálculo da ET_o pelo método de Penman-Monteith/FAO empregando-se o programa CLIMA versão 1.0 - 2002 do Iapar (Faria e Caramori, 2002). Para as séries incompletas, a ET_o foi estimada pelo uso de redes neurais artificiais com os seguintes procedimentos: a) treinamento de uma rede neural artificial na série completa de dados com a submissão da variável faltante nas séries incompletas, de forma a selecionar os neurônios lineares ou não lineares de melhor ajuste e minimizar os erros de estimativa; b) aplicação da rede neural nas séries incompletas, objetivando restaurar as informações incompletas. Por meio de um programa que traça isolinhas a partir da distribuição espacial de valores em coordenadas, procedeu-se o traçado dos coeficientes de cultura (K_c) sobre o Estado do Mato Grosso, em quatro meses representativos dos mínimos, médios e máximos dos valores de K_c obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores mínimos, médios e máximos mensais do coeficiente de cultura (K_c) para culturas anuais estão apresentados na Tabela 1, após o processamento do cálculo realizado com a equação 1, integrando-se as 11 estações climatológicas analisadas do Estado do Mato Grosso.

TABELA 1 – Valores mensais mínimos, médios e máximos de coeficientes de cultura na fase inicial (K_{c-i}) para culturas anuais apresentados para o Estado do Mato Grosso, de acordo com o método do manual 24 da FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977) adaptado por Albuquerque e Andrade (2001).

mês	Valores de K_{c-i} *		
	mínimo	média	máximo
Janeiro	0,71	0,76	0,82
Fevereiro	0,72	0,76	0,82
Março	0,73	0,76	0,80
Abril	0,74	0,77	0,80
Maior	0,78	0,78	0,80
Junho	0,76	0,79	0,82
Julho	0,75	0,78	0,81
Agosto	0,73	0,75	0,80
Setembro	0,70	0,74	0,77
Outubro	0,68	0,72	0,76
Novembro	0,69	0,74	0,78
Dezembro	0,71	0,75	0,80
Média Geral	0,72	0,76	0,80

* Os valores apresentados de K_c são para uma frequência de irrigação - F (tempo de rega) de 4 dias. Se $F < 4$ dias, subtraia 0,09 ao valor de K_c para cada dia a menos.
 Se $4 < F \leq 8$ dias, subtraia 0,07 ao valor de K_c para cada dia a mais.
 Se $8 < F \leq 10$ dias, subtraia 0,06 ao valor de K_c para cada dia a mais.

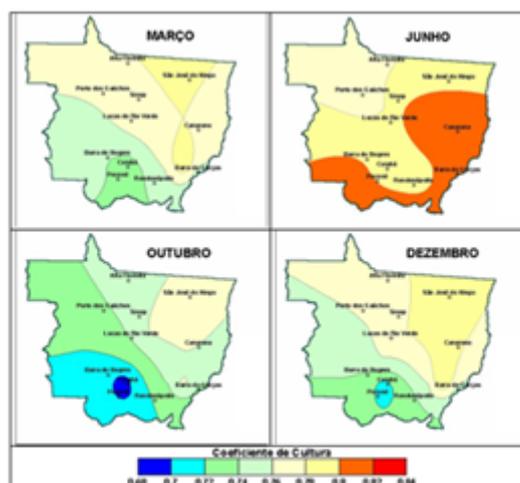


FIGURA 2 – Isolinhas de valores de coeficientes de cultura (K_c) na fase inicial para culturas anuais no Estado do Mato Grosso, em quatro meses do ano, considerando-se uma frequência de irrigação inicial de 4 dias.

Observa-se na Tabela 1 que a amplitude entre os valores do K_c na fase inicial é pequena, sendo o mês de outubro o que apresenta os valores mais baixos. A partir de janeiro, à medida que se avança no ano, os valores mínimos tendem a aumentar, atingindo um ponto moderado no mês de março, atingindo a maior média em junho, ocasião em que cai a evapotranspiração de referência (E_{To}), causando interferência direta nos valores de K_c . A partir de julho, os valores começam a declinar gradativamente, atingindo novamente condições moderadas em agosto até atingir os mínimos em outubro, retornando novamente à condição moderada em dezembro. Na Tabela 1, como os dados foram oriundos da equação 1, os valores apresentados são para um ciclo de umedecimento do solo (por irrigação ou chuva) de 4 dias, portanto se essa frequência diferir de 4 dias, haverá necessidade de correção dos valores do K_c -ini ao adicionar ou subtrair uma constante por dia, conforme está especificado no rodapé da própria tabela. Elegeram-se os meses de março, junho, outubro e dezembro para se traçarem as isolinhas dos valores de K_c sobre o mapa do Mato Grosso, quando ocorrem as suas condições moderada, alta, baixa e novamente moderada, respectivamente (Figura 2). Observa-se na Figura 2 que nos lados leste e sul do estado é onde ocorrem os maiores e menores valores (maior amplitude) de K_c ao longo do ano em relação ao norte e oeste (menor amplitude). Quando a E_{To} fica cada vez menor (normalmente no mês de junho), observa-se uma nítida divisão no sentido leste-oeste, com os menores valores se concentrando no lado norte, em cujo local se situa a Floresta Amazônica. Ao inverso do que ocorre com o K_c na fase de florescimento (fase 3 – K_c -med), essa tendência é normal, pois valores mais baixos de K_c -ini estão normalmente ligados a taxas maiores de evapotranspiração e menores frequências de umedecimento da superfície do solo, pois o solo ficando sem nenhuma ou com pouca cobertura vegetal na fase inicial, ao permanecer seco por mais tempo em sua superfície, tende a perder menos água por evaporação. Deve-se frisar que a utilidade de se adotar um valor mais correto para o K_c pode estar, como relatado anteriormente e em outros trabalhos, no incremento da eficiência da irrigação, de modo a torná-la mais racional e, conseqüentemente, evitar desperdícios e minimizar danos ao meio ambiente.

CONCLUSÕES

- Os valores do coeficiente de cultura (Kc) da fase inicial (os primeiros 20 a 27 dias desde a semeadura, no caso do milho) de culturas anuais, das quais fazem parte o milho e o sorgo, no Estado do Mato Grosso, atingem faixas mais altas no mês de junho (de 0,76 a 0,82), atingem a condição moderada nos meses de março, agosto e dezembro (de 0,71 a 0,80) e a mais baixa em outubro (de 0,68 a 0,76), cujos valores são para um ciclo de umedecimento da superfície do solo de 4 dias;
- A região que apresenta os menores e maiores valores de Kc (maior amplitude) é o sul e o leste do estado e as condições mais moderadas (com as menores amplitudes) ocorrem nas partes norte e oeste do estado.

LITERATURA CITADA

ALBUQUERQUE, P.E.P., ANDRADE, C.L.T. *Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 14p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 10).

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).

DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. *Crop water requirements*. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 24).

FARIA, R. T. de.; CARAMORI, P. H. *Clima: computação lógica de informação para monitoramento agroclimático*. Londrina: IAPAR, [2002]. 1 CD-ROM

