



PAULO E. P. ALBUQUERQUE e DANIEL P. GUIMARÃES¹

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

INTRODUÇÃO

O uso racional da água na agricultura é uma forma de atuar sobre um recurso natural finito com vistas a manter a sustentabilidade do meio ambiente. A irrigação é um dos fatores que faz parte do sistema de produção agrícola irrigado que mais consome água, tanto na agricultura em si como globalmente em todas as atividades humanas, atingindo até 70% da água captada para os diversos fins. Ainda, observando-se a irrigação, cerca de 60% dessa água captada se infiltra pelos canais de distribuição e se perde por evaporação, além da porção que é aplicada em excesso e que pode causar a elevação do lençol freático, causando contaminações de aquíferos, salinização do solo etc. (Setti et al., 2001). A água, que é retirada de uma fonte qualquer para abastecer a agricultura, é necessária ao desenvolvimento adequado da cultura de modo a satisfazer às suas exigências metabólicas para o seu máximo rendimento. Estudos das necessidades hídricas das plantas são necessários quando se almeja racionalizar a água na agricultura. Esses estudos se baseiam principalmente na evaporação da água adicionada ao solo (E) e na transpiração das plantas (T). O somatório de ambos os termos (E + T) se denomina evapotranspiração (ET). A evapotranspiração da cultura (ETc) depende de diversas variáveis ligadas ao clima, ao solo e à própria planta, por isso é um fator difícil de se medir, envolvendo equipamentos e aparatos sofisticados e caros os quais são mais apropriados ao setor da pesquisa como forma de aferir e calibrar métodos mais simples de estimá-la. Um modo de tornar a estimativa da ETc mais simples é utilizar a ET de uma cultura de referência (ETo) e correlacioná-la com uma cultura qualquer. Anteriormente, a ETo era definida para a grama ou alfafa cultivada num campo extenso, em pleno desenvolvimento vegetativo, com suprimento hídrico adequado; nos dias de hoje, a definição de ETo mais aceita seria para uma cultura hipotética semelhante à grama ou alfafa, cujos parâmetros foram fixados pela FAO para o modelo de Penman-Monteith (Allen et al., 1998). A relação ETc/ETo origina o chamado coeficiente de cultura (Kc), portanto Kc é dependente do tipo de cultura e de sua fase do ciclo fenológico. Como provém da ET, o Kc também sofre fortemente os efeitos do clima, principalmente o déficit de pressão de vapor do ar e a velocidade do vento. Uma das primeiras publicações sobre Kc foi da FAO em seu manual 24 (Doorenbos e Pruitt, 1977), o qual apresenta

tabelas para as diversas culturas em função de faixas de umidade relativa do ar e de velocidade do vento. Para a cultura do milho, os valores apresentados para o K_c na fase intermediária (K_c -med) do ciclo da cultura variam de 1,05 a 1,20 e, para o sorgo, de 1,00 a 1,15. Uma proposta mais recente da FAO está em seu manual 56 (Allen et al., 1998), que descreve uma nova metodologia para uso do K_c utilizando o novo conceito de ETo conforme o modelo de Penman-Monteith. Esse novo método apresenta valores de K_c para uma condição padrão de umidade relativa mínima do ar (UR_{min}) de 45% e velocidade do vento diária (u) de 2,0 m/s. Para o caso do milho e do sorgo, nessa condição padrão, os valores do K_c -med são de 1,20 e 1,10, respectivamente. Para a condição local de clima que se afastar da condição padrão de UR_{min} e u faz-se necessário corrigir os valores do K_c da metade (K_c -med) e do fim (K_c -fim) do ciclo da cultura por meio de uma equação que é função de ambas variáveis climáticas. 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) para o milho e o sorgo, no Estado de Minas Gerais, através da apresentação de mapas com isolinhas referentes às faixas de valores de K_c .

MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com o método da FAO para a estimativa de valores de coeficiente de cultura - K_c (Doorenbos e Pruitt, 1977; Allen et al., 1998), a cultura de ciclo anual é dividida em quatro fases do ciclo fenológico, conforme a Figura 1. No presente trabalho, focou-se apenas a fase 3, que corresponde ao estágio de florescimento até o início do enchimento de grãos. Essa fase é a que apresentam os maiores valores do K_c , aqui representada como K_c -med.



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 a nova proposta de Allen et al. (1998), os valores de K_c -med tabelado para o milho e o sorgo são de 1,20 e 1,10, respectivamente, para uma condição climática padrão de umidade relativa mínima do ar diária (UR_{min}) de 45% e velocidade do vento diária a 2 m de altura (u_2) de 2 m/s. Portanto, a correção desses valores obedecem à seguinte expressão em função das variáveis UR_{min} e u_2 :

$$K_c\text{-med} = K_c\text{-med (tab)} + [0,04.(u_2 - 2) - 0,004.(UR_{min} - 45)].(h/3)^{0,3} \text{ eq. 1}$$

Em que:

$K_c\text{-med}$ = valor do coeficiente de cultura calculado para condição real de UR_{min} e u_2 ;

$Kc-med (tab)$ = valor do coeficiente de cultura tabelado para condição padrão (para milho, é igual a 1,20 e, para sorgo, 1,10);

u_2 = valor médio da velocidade do vento diário a 2 m da superfície, durante a fase 3 (m/s);

$URmin$ = valor médio da umidade relativa mínima diária durante a fase 3 (%);

h = altura média da planta durante a fase 3 (m) (para milho, adotou-se 2 m e, para sorgo, 1 m).

Os dados utilizados para obtenção de $URmin$ e velocidade do vento a 10 m da superfície (u_{10}) referiram-se a séries históricas de 63 estações meteorológicas sinóticas do Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia), localizadas no Estado de Minas Gerais, com períodos de coleta entre 3 e 20 anos. Os dados foram submetidos à análise de consistência e houve a necessidade de converter os valores de u_{10} em u_2 . 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 (Kc) do milho e sorgo sobre o Estado de Minas Gerais, em três meses representativos dos mínimos, médios e máximos dos valores de Kc obtidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores mínimos, médios e máximos mensais do coeficiente de cultura (Kc) para o milho e sorgo estão apresentados na Tabela 1, após o processamento do cálculo realizado com a equação 1, integrando-se as 63 estações climatológicas analisadas do Estado de Minas Gerais.

TABELA 1 – Valores mensais mínimos, médios e máximos de coeficientes de cultura na fase inicial (Kc_{ini}) para culturas anuais apresentados para o Estado de Minas Gerais, de acordo com o método do manual 24 da FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977) adaptado por Albuquerque e Andrade (2001)

| mês | Valores de Kc_{ini} * | | |
|-------------|-------------------------|-------|--------|
| | mínimo | médio | máximo |
| Januari | 0,66 | 0,72 | 0,79 |
| Fevereiro | 0,66 | 0,73 | 0,81 |
| Março | 0,69 | 0,74 | 0,79 |
| Abril | 0,72 | 0,77 | 0,82 |
| Maio | 0,72 | 0,82 | 0,87 |
| Junho | 0,72 | 0,84 | 0,88 |
| Julho | 0,72 | 0,83 | 0,89 |
| Agosto | 0,68 | 0,78 | 0,85 |
| Setembro | 0,66 | 0,75 | 0,84 |
| Outubro | 0,69 | 0,77 | 0,82 |
| Novembro | 0,69 | 0,74 | 0,82 |
| Dezembro | 0,69 | 0,74 | 0,80 |
| Média Geral | 0,69 | 0,77 | 0,83 |

* Os valores apresentados de Kc_{ini} são para uma frequência de irrigação - F (trazo de rega) de 4 dias. Se $F = 4$ dias, utilizar 0,59 no valor de Kc para cada dia a menos.
Se $F = F > 4$ dias, utilizar 0,57 no valor de Kc para cada dia a menos.
Se $F = F < 4$ dias, utilizar 0,66 no valor de Kc para cada dia a mais.

Observa-se na Tabela 1 que o mês de fevereiro é o que apresenta os valores mais baixos do Kc para ambas as culturas. À medida que se avança no ano, os valores tendem a aumentar, atingindo um ponto moderado no mês de maio, culminando com os valores máximos no mês de agosto, ocasião em que acontecem menores umidades relativas do ar, ou seja, maiores déficits de pressão de vapor do ar, e maiores velocidades do vento, causando interferência direta nos valores de Kc . A partir de setembro, os valores começam a declinar gradativamente, atingindo novamente condições moderadas em novembro até atingir os mínimos em fevereiro, retornando ao ciclo normal. Elegeram-se os meses de fevereiro, maio e agosto para se traçarem as isolinhas dos valores de Kc , para ambas as culturas, sobre o mapa de Minas Gerais, quando ocorrem as suas condições baixas, moderadas e altas, respectivamente (Figura 2).

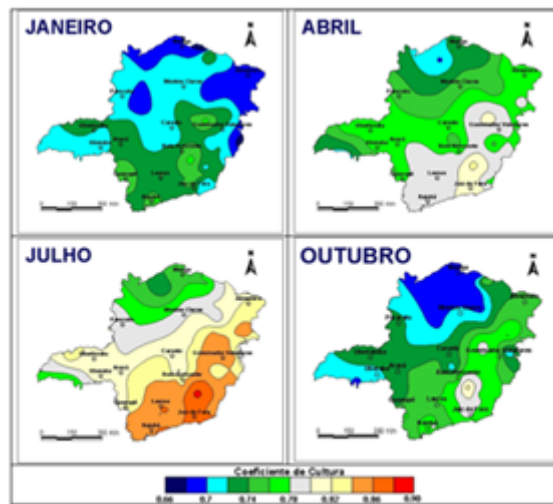


FIGURA 2 – Isolinhas de valores de coeficientes de cultura (Kc) na fase inicial para culturas anuais no Estado de Minas Gerais, em quatro meses do ano, considerando-se uma frequência de irrigação inicial de 4 dias.

Observa-se na Figura 2 que a região Norte (semi-árida) possui a característica peculiar de apresentar os maiores valores de Kc em relação a outras regiões do estado, em todos os meses analisados. Por outro lado, a tendência da ocorrência dos menores valores está na Zona da Mata (lado sudeste no mapa) e, com menor grau, no Vale do Jequitinhonha (lado nordeste). A partir do momento em que os meses começam a ficar cada vez mais secos (maiores déficits de pressão de vapor do ar) e com maiores intensidades de vento, ou seja, partindo-se dos meses de maio a setembro, observa-se uma nítida divisão no sentido nordeste-sudoeste, com os maiores valores se concentrando no lado oeste, em cujos locais se situam o cerrado e o semi-árido (posicionado no lado norte). A utilidade de se adotar um valor mais correto para o Kc pode estar, como relatado anteriormente, no incremento da eficiência da irrigação, de modo a torná-la mais racional e, conseqüentemente, evitar desperdícios e minimizar danos ao meio ambiente. Por exemplo, ao observar o mês de agosto na Figura 2, notam-se valores de Kc variando de 1,10 (Zona da Mata) a 1,23 (Região Norte), que é uma diferença relativa de cerca de 12%. No caso do milho, a fase 3 dura em média de 40 a 50 dias em relação ao ciclo total da cultura; uma evapotranspiração de referência (ET_o) média de 3,5 mm/dia, para o período, significariam 140 a 175 mm. Então a evapotranspiração da cultura (ET_c) para a fase 3 seria, para o Kc = 1,10, de 154 a 193 mm; para o Kc = 1,23, a ET_c seria de 172 a 215 mm. Portanto, a diferença entre a ET_c ao usar o Kc de 1,10 e 1,23 seria de 18 a 22 mm, caso a ET_o média se mantivesse no período em 3,5 mm/dia. Lâminas de irrigação de 18 a 22 mm significam volumes de água de 180 a 220 m³ de água por hectare. Em suma, uma diferença a mais de 12% no valor de Kc pode representar uma economia em torno de 200 mil litros a menos de água bombeada por hectare, analisando-se somente a fase reprodutiva da cultura.

CONCLUSÕES

- Os valores do coeficiente de cultura (Kc) do milho e sorgo no Estado de Minas Gerais atingem faixas mais altas no mês de agosto (de 1,08 a 1,26, para milho; e de 1,00 a 1,15, para sorgo), atingem a condição moderada nos meses de maio e novembro (de 1,06 a 1,18, para milho; e de 0,98 a 1,09, para sorgo) e a mais baixa em fevereiro (de 1,05 a 1,15, para milho; e de 0,98 a 1,06, para sorgo);
- A região que apresenta os maiores valores de Kc é a Norte e os menores ocorrem na Zona da Mata;

- Os lados oeste e norte do estado (que engloba a região semi-árida e a dos cerrados) apresentam valores mais elevados de Kc em relação aos lados leste e sul;
- Pode haver uma economia de água em torno de 200 mil litros por hectare, apenas na fase de florescimento (reprodutiva) da cultura do milho, ao se usarem valores recomendados de Kc em relação a uma situação específica.

LITERATURA CITADA

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).

SETTI, A.A., LIMA, J.E.F.W., CHAVES, A.G.M., PEREIRA, I.C. *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2001. 2ªed. 225p.



XXV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - 29/08 a 02/09 de 2004 - Cuiabá - Mato G
