

## COEFICIENTE DE CULTURA (Kc) DO CAFEIEIRO IRRIGADO NO SUL DE MINAS

Carla de Pádua Martins<sup>2</sup>; Luiz A. Lima<sup>3</sup>; Adão W. P. Evangelista<sup>4</sup>; Antônio C. da Silva<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Subprojeto financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café - CNP&D/Café (19.2004.322.04)

<sup>2</sup> Eng. <sup>(a)</sup>. Agrícola, Pesquisadora – Bolsista do CNP&D/café, junto ao DEG-UFLA; [carla@ufla.br](mailto:carla@ufla.br)

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Engenharia da UFLA.

<sup>4</sup> Pos-doutorando – FAPEMIG/UFLA.

<sup>5</sup> Doutorando - Engenharia Agrícola (área de concentração Irrigação e Drenagem).

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo estimar o coeficiente de cultura (Kc) do cafeeiro em diferentes períodos. O experimento está sendo desenvolvido em uma lavoura de café irrigada por pivô central, em área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As variáveis ETc e o Kc foram determinadas pelo método do balanço hídrico, em um volume de controle de solo com profundidade de 0,75m, cuja umidade foi monitorada por sensores do tipo watermark. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com 6 tratamentos e 3 repetições. Os tratamentos corresponderam às lâminas de água aplicadas em função de percentagens de valores de Kc atualmente utilizados por irrigantes da região, ou seja: 60%, 80%, 100%, 120% e 140% do valor de Kc, além de um tratamento sem irrigação (testemunha). Verificou-se que os valores de Kc do cafeeiro encontrados para os melhores tratamentos nos períodos A(janeiro a março/08), B(abril e maio/08), C(setembro e outubro/08) e D( novembro/08) foram, respectivamente, 1,32, 1,04, 1,27 e 1,16.

**Palavras-Chave:** balanço hídrico, café, pivô central.

## CROP COEFFICIENT (KC) OF COFFEE IRRIGATED BASED ON REVIEW OF WATER IN SOIL

**ABSTRACT:** This study was aimed at determining coffee crop coefficient values (Kc) during different time periods. The experiment has been carried out on a center pivot irrigated experimental coffee field at the Universidade Federal de Lavras (UFLA). Values of crop evapotranspiration (ETc) and Kc were evaluated based on a soil water balance that considers a 0.75m deep soil volume where soil water content is monitored by using soil moisture sensors (Watermark model). A totally randomized block experimental design blocks with six treatments and three replications was used. With exception of the no irrigated control treatment, all other treatments corresponded to irrigation depths that were computed based on fractions of a Kc value applied by local producers (60, 81, 100 and 140 of this value). It was possible to verify that best response coffee treatment presented Kc values of 1.32, 1.04, 1.27, and 1.16 for, respectively, the A(January to March/2008), B(April to May/2008), C( september to October /2008), and D(November) period.

**Keywords:** Water balance, coffee, center pivot.

## INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica pode comprometer os processos bioquímicos e fisiológicos da planta, retardando, o desenvolvimento e o crescimento da cultura, resultando em uma redução da produtividade agrícola.

O conhecimento da forma que as plantas utilizam a água no solo e de como respondem aos níveis de disponibilidade a partir do balanço hídrico, pode ser uma alternativa viável para o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo da irrigação visando o melhor uso possível das reservas de água no solo pelas culturas.

A importância do balanço hídrico como ferramenta para avaliar a intensidade das saídas e entradas de água no solo e, por conseguinte, para definição dos períodos de déficit hídrico para a cultura, está relacionada não somente ao conhecimento dos fatores que o compõem, como também, ao conhecimento das características da planta, principalmente da sua fenologia.

Na agricultura irrigada é fundamental o conhecimento das necessidades hídricas das culturas. A evapotranspiração é objeto de muitas pesquisas, principalmente com vistas ao planejamento da irrigação de diferentes culturas em várias partes do mundo. A transferência de água do sistema solo-planta para a atmosfera ocorre de forma passiva, em resposta às diferenças de potencial de água no solo. O conhecimento da evapotranspiração de uma cultura, ao longo de seu ciclo, e de seu coeficiente de cultura é de grande importância para o dimensionamento e o manejo de sistemas de irrigação. Isso contribui para o aumento da produtividade e para a otimização da utilização dos recursos hídricos, da energia elétrica e dos equipamentos de irrigação (Miranda et al. 1999) O consumo de água de uma cultura depende diretamente da demanda energética atmosférica, do conteúdo de água no solo e da resistência da planta à perda

de água para a atmosfera. Sendo assim, torna-se necessário o estudo de parâmetros de apoio para cálculo da necessidade hídrica da planta, como o coeficiente de cultura ( $K_c$ ), que se apresenta como um indicador de significado físico e biológico importante na tomada de decisão agrícola. O conhecimento da  $ET_c$  permite estimar a quantidade de água que deve ser repostada ao solo para manter o crescimento e a produção da cultura em condições ideais. Em condições de campo, o balanço hídrico é um método bastante utilizado para a determinação da  $ET_c$ . De acordo com Pires et al. (2001), o manejo da irrigação pode ser realizado via balanço hídrico, desde que seja conhecida a quantidade de água aplicada pelo sistema de irrigação, a evapotranspiração da cultura e a precipitação. Segundo os autores, o balanço hídrico é simples, eficiente e de fácil manejo nas propriedades agrícolas. O conceito de  $K_c$  portanto, tem sido usado extensivamente para estimar a necessidade real de água de uma cultura particular por meio de estimativas ou medições de  $ET_c$ . Um simples valor de  $K_c$  não pode ser estabelecido para todas as situações climáticas; portanto, deve ser determinado um coeficiente de cultura para cada estágio de desenvolvimento da cultura em estudo. Numa tentativa de detalhar o consumo de água do cafeeiro, Oliveira (2003), determinou valores de  $K_c$  que variaram de 0,72 até 1,50 no período de junho a setembro, para lavoura adulta. Isto é o que vários resultados de pesquisas vêm demonstrando com relação à  $ET_c$ . Assim, o objetivo deste trabalho foi monitorar o regime hídrico e climático, estimar o coeficiente de cultura ( $k_c$ ) do cafeeiro Rubi, utilizando-se o método do balanço hídrico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento está sendo desenvolvido na área experimental do Departamento de Engenharia da UFLA, em lavoura de café por pivô central. A variedade é a "Rubi". Os tratamentos corresponderam às lâminas de água aplicadas em função de percentagens de valores de  $K_c$  utilizados por irrigantes na região, ou seja: 60%, 80%, 100%, 120% e 140% do valor de  $K_c$ , além de um tratamento sem irrigação (testemunha). Foi analisado o comportamento de dados de potencial matricial obtidos por meio de sensores de umidade conectados a dataloggers. Para isso, realizou-se análise de regressão linear simples nos dados de potencial matricial ( $h$ ) observados em cada parcela experimental e foi considerado como melhor tratamento, aquele cuja equação da reta ajustada, apresentou o menor coeficiente angular, ou seja, cujos valores de  $h$  obtidos, apresentaram uma menor variabilidade ao longo dos períodos analisados. Foram analisados dados dos sensores instalados a 0,25 m, numa distância de 0,40 m do caule da planta. Os principais componentes do balanço de água no solo foram contabilizados em períodos descendias, em um volume de controle de base unitária que se estende desde a profundidade imediatamente abaixo do sistema radicular da cultura (0,75 m), até a superfície do solo. Estes componentes foram: precipitação pluvial diária, escoamento superficial, irrigação, armazenamento de água na zona radicular, drenagem interna, ascensão capilar e a evapotranspiração da cultura. A evapotranspiração do cafeeiro ( $ET_c$ ) foi determinada realizando o balanço de água na zona radicular da cultura (Equação 1), entre os fluxos que contribuem para a adição de água no volume de controle, ou seja, a precipitação pluvial diária, irrigação e ascensão capilar, e os componentes que constituem em perdas de água, como o escoamento superficial e a drenagem interna.

$$ET_c = P + I + C - ES - D - \Delta ARM_z \quad (1)$$

em que,

$ET_c$  = evapotranspiração da cultura, mm;  $P$  = precipitação, mm;  $I$  = irrigação, mm;  $C$  = ascensão capilar, mm;  $ES$  = escoamento superficial, mm;  $D$  = drenagem interna, mm; e  $\Delta ARM_z$  = variação no armazenamento na camada, mm.

O armazenamento de água no perfil de solo considerado foi determinado pelo método trapezoidal.

$$ARM = \int_0^L \theta dz \cong (\bar{\theta}(t_i))L \quad (2)$$

Os fluxos de drenagem interna ou ascensão capilar no limite inferior do volume de controle foram estimados por meio da equação de Darcy – Buckingham, ou seja:

$$q = K(\theta) \frac{dh_t}{dz} \quad (3)$$

Ao final de cada fase fenológica do café foram estimados os valores de  $K_c$  com base na seguinte equação:

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_0} \quad (4)$$

em que,

$K_c$  = coeficiente de cultura, mm;  $ET_c$  = evapotranspiração da cultura, mm;  $ET_0$  = evapotranspiração de referência, mm. A contabilização da entrada de água por precipitação foi feita por meio de um pluviômetro instalado na área experimental. Para contabilização do escoamento superficial, cada parcela experimental foi delimitada por diques de metal com área de 1 m<sup>2</sup>. As lâminas aplicadas foram calculadas por meio da seguinte equação:

$$Li = \frac{\% K_c ET_0}{Ei} \quad (5)$$

em que,

$L_i$  = lâmina de irrigação, (mm);  $K_c$  = coeficiente de cultura;  $ET_0$  = evapotranspiração de referência, (mm); e  $E_i$  = Eficiência de irrigação.

A coleta e a tabulação dos dados foi realizada durante o ano de 2008. O monitoramento foi dividido em 04 períodos, a saber:

- Período A - 01/01/08 a 31/03/08 =>  $K_c = 1,10$
- Período B - 01/04/08 a 13/05/08 =>  $K_c = 0,90$
- Período C - 01/08/08 a 31/10/08 =>  $K_c = 1,30$
- Período D - 01/11/08 a 31/11/08 =>  $K_c = 1,15$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise preliminar dos valores de potencial matricial de água no solo ( $h - kPa$ )

Durante o período A, o tratamento 4 (100% $K_c$ ) foi o que apresentou o melhor resultado, justificado pelo menor coeficiente angular (0,004) da reta ajustada aos dados de  $h$ , quando comparado aos valores dos coeficientes angulares das retas ajustadas aos dados medidos nas parcelas irrigadas com os demais tratamentos. Durante o período B, o tratamento 4 (100% $K_c$ ) também foi o que apresentou o melhores resultado (coeficientes angulares de 0,27), apesar dos valores de  $h$  apresentarem tendência ascendente ao longo do período. Ressalta-se que os valores de tensão registrados nas parcelas irrigadas com esse tratamento, variaram entre -10 a -30 kPa. Durante o período C, também o tratamento 4 (100% $K_c$ ) foi o que apresentou o melhor resultado (coeficiente angular = 0,10). Durante o período D, diferenciando dos demais tratamentos o tratamento 3 foi o que apresentou o melhor resultado, com o coeficiente da reta ajustada aos dados de  $h$  foi apenas 0,03.

Os valores médios de evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) para os períodos A, B, C e D do ano de 2008, podem ser observados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Valores médios da evapotranspiração diária de referência ( $ET_0$ ), estimada pelos métodos do tanque Classe A e Penman-Monteith para cidade de Lavras, MG, 2008.

Períodos	Media de $ET_0$ diária ( $mm\ d^{-1}$ )	
	tanque Classe A (TCA)	Penman-Monteith (PM)
A (01/01/2008 a 31/03/2008)	3,8	3,7
B (01/04/2008 a 13/05/2008)	2,8	2,7
C (01/08/2008 a 31/10/2008)	4,3	4,2
D (01/11/2008 a 30/11/2008)	4,7	4,0

Comparando os valores de  $ET_0$  estimados por meio das duas metodologias propostas (TCA e PM), verifica-se que os valores estimados pelo método do tanque Classe A, aproximaram dos obtidos pelo método de Penman-Monteith em todos os períodos estudados, com uma pequena tendência de superestimativa dos valores de  $ET_0$  estimados pelo método do tanque Classe A, uma vez que a metodologia descrita por Penman-Monteith foi considerada como padrão.

Os valores médios de evapotranspiração da cultura do cafeeiro ( $ET_c$ ) verificados nos diferentes períodos durante o ano de 2008 podem ser visualizados na Tabela 2.

Observa-se na Tabela 2, que a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) do café determinada pelo balanço de água no solo, considerando os melhores tratamentos nos períodos A, B, C e D do ano de 2008, os foram de 5,57 e 3,07, 5,51 e 6,44 respectivamente. Mantovani et al. (2001) obtiveram como resultados de  $ET_c$  do cafeeiro irrigado pivô central em regiões do Espírito Santo e extremo Sul da Bahia, em fase de produção, valores da ordem de 0,6 a 1,0  $mm\ d^{-1}$  no período de menor demanda atmosférica e de 4,5 a 4,8  $mm\ d^{-1}$  no período de maior demanda. Os valores de consumo de água observados por estes autores foram menores dos obtidos neste experimento. Os valores médios do Coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para os diferentes períodos analisados, utilizando-se o método de Penman-Monteith no cálculo da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), podem ser observados na Tabela 3. Verifica-se que os valores de  $K_c$  do cafeeiro encontrados para os melhores tratamentos nos períodos A, B, C e D no ano de 2008 foram de 1,32, 1,04, 1,27 e 1,16.

**Tabela 2** - Valores médios da evapotranspiração da cultura do cafeeiro nos diferentes períodos de irrigação. Lavras, MG, 2008.

Períodos	ETc para os períodos de irrigação (mm d <sup>-1</sup> )				
	Tr 02	Tr 03	Tr 04	Tr 05	Tr 06
A (01/01/2008 a 31/03/2008)	4,42	5,19	<b>5,57</b>	6,13	6,47
B (01/04/2008 a 13/05/2008)	2,13	2,51	<b>3,07</b>	3,34	4,05
C (30/09/2008 a 31/10/2008)	4,28	4,74	<b>5,51</b>	6,38	6,82
D (01/11/2008 a 30/11/2008)	6,17	<b>6,44</b>	6,85	7,54	7,65

Assim, nos períodos analisados, os valores de Kc encontrados foram maiores do que aqueles utilizados para o cálculo da lâmina de irrigação por agricultores da região (1,10; 0,90; 1,30; e 1,15), sendo apenas o período C menor. Entretanto verifica-se que tais valores aproximam dos recomendados por Allen et al. (1998) para cafeeiros adultos (1,05 a 1,10) e dos determinados por Oliveira (2003), que encontrou valores de Kc variando entre 0,72 a 1,50, de junho a setembro, para lavoura adulta.

**Tabela 3** - Valores médios dos coeficientes de cultura (Kc) em diferentes estádios ficológicos, para os tratamentos que receberam irrigação. Lavras, MG, 2008.

Períodos	Kc para os períodos de irrigação				
	Tr 02	Tr 03	Tr 04	Tr 05	Tr 06
A (01/01/2008 a 31/03/2008)	1,16	1,24	<b>1,32</b>	1,40	1,44
B (01/04/2008 a 13/05/2008)	0,71	0,86	<b>1,04</b>	1,17	1,37
C (30/09/2008 a 31/10/2008)	1,00	1,08	<b>1,27</b>	1,46	1,86
D (01/11/2008 a 30/11/2008)	0,89	<b>1,16</b>	1,30	1,29	1,34

## CONCLUSÕES

Os valores de Kc do cafeeiro encontrados para os melhores tratamentos nos períodos A(janeiro a março/08), B(abril e maio/08), C(setembro e outubro/08), D( novembro/08), foram de 1,32, 1,04, 1,27 e 1,16.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, T.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998. 300p. (Irrigation and Drainage, Paper 56).
- MANTOVANI, E.C.; SOUSA, M.B.A.; SILVA, J.G.F. DA; SOARES, A.A. Estudo do consumo de água do cafeeiro em fase de produção, irrigado por pivô central, na Região norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia. In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Vitória, p.48-48, 2001.
- MIRANDA, F. R.; YODER, R. E.; SOUZA, F. Instalação e calibração de um lisímetro de pesagem no projeto de irrigação Curu-Paraipaba, CE. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.3, n.1, p.107-110, jan./abr. 1999.
- OLIVEIRA, P.M. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Lavras: UFLA, 2003. 86p. Dissertação Mestrado.
- PIRES, R.C.M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B.; FOLEGATTI, M.V. Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. (Ed.). Irrigação. Jaboticabal: FUNEP, 2001. v. 1, p. 121-194.