

## COEFICIENTES DE CULTURA (Kc) E CRESCIMENTO VEGETATIVO DE ACAIÁ CERRADO ASSOCIADOS A GRAUS-DIA DE DESENVOLVIMENTO

**Moisés Santiago Ribeiro; Elio Lemos da Silva; Débora Candeias Marques de Moura; Antônio Augusto Aguilar Dantas<sup>2</sup>**

*Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, moissantiago@hotmail.com*

### 1 RESUMO

Há uma tendência de utilização de variáveis meteorológicas que considerem o efeito climático sobre a duração das fases e desenvolvimento da cultura, como base para estabelecer os coeficientes de cultura (Kc). Este estudo teve por objetivo determinar os Kc e o crescimento vegetativo do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cultivar Acaiá Cerrado MG-1474, estabelecendo uma relação com graus-dia de desenvolvimento (GDD). O trabalho foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras-MG. A partir dos valores de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), determinaram-se os Kc. Foram realizadas avaliações de crescimento vegetativo e estabelecida a relação com as somas térmicas ou GDD. Apesar do bom ajuste do modelo linear aos dados de crescimento vegetativo em relação aos GDD, houve o efeito das datas de plantio sobre o crescimento da cultura. Os valores de coeficientes de cultura (Kc) estimados pelo modelo desenvolvido para as condições de Lavras foram de 0,73 a 1,25 correspondentes aos intervalos de 700 GDD.

**UNITERMOS:** *Coffea arabica* L., balanço hídrico, evapotranspiração máxima.

**RIBEIRO, M. S.; SILVA, E. L. da; MOURA, D. C. de M.; DANTAS, A. A. A.**  
**COEFFICIENTS OF CULTURE (Kc) AND VEGETATIVE GROWTH OF ACAIÁ CERRADO ASSOCIATED TO GROWTH DEGREES-DAY**

### 2 ABSTRACT

There is a tendency in using meteorological variables that consider the climatic effect on the durations of the culture development phases in order to establish the crop coefficients. This study aimed to determinate the crop coefficients and the vegetative growth of the Acaiá Cerrado MG 1474 coffee plant (*Coffea arabica* L.) establishing a relation with the growth degree-day (GDD). The work was carried out in the experimental area of the Department of Engineering of the "Federal University of Lavras", Lavras, MG. By using the values of the reference evapotranspiration and the crop evapotranspiration, the crop coefficients were determined. Vegetative growth evaluations were made and a relation with the thermal sums or growth degree-day was done. Despite the good adjustment of the third-degree linear model using the data of crop coefficients related to growth degree-day, there was the effect of the planting dates on the culture growth. The crop coefficient values estimated by the model developed for the conditions of Lavras ranged from 0.73 to 1.25, corresponding to the intervals of 700 growth degrees-day.

**KEYWORDS:** *Coffea arabica*, hydric balance, maximum evapotranspiration

### 3 INTRODUÇÃO

A adoção da irrigação para a cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) tem sido bem aceita pelos produtores, devido ao aumento substancial da produtividade e obtenção de um produto diferenciado por melhor qualidade. Tais benefícios proporcionados pela irrigação tornam-se essenciais à obtenção de melhores preços de mercado, e conseqüentemente, a manutenção do produtor na atividade. O uso da técnica de irrigação na cultura de café cresceu acentuadamente em diversas regiões brasileiras, conforme indicaram levantamentos preliminares em 2000, cuja área alcançava aproximadamente 200 mil hectares, o que representava 10% da área cultivada com café e 8,7% da área irrigada no Brasil (Mantovani, 2000).

É de grande importância do ponto de vista econômico e ambiental numa atividade agrícola, o uso eficiente da água, a adoção de critérios técnicos para determinação do momento de irrigar e da lâmina a ser aplicada para suprir, de forma eficiente, as necessidades do cafeeiro. Para se realizar uma eficiente aplicação de água, torna-se imprescindível o conhecimento adequado da demanda hídrica da cultura que, por sua vez, é regulada por características biológicas próprias e por condições climáticas. Desta maneira, o estudo de parâmetros como os coeficientes de cultura (Kc) é fundamental e pode ser utilizado como uma importante ferramenta na elaboração de projetos de irrigação e na tomada de decisão do momento certo de irrigar a cultura.

Os valores existentes de coeficientes de cultura (Kc) publicados por Allen et al. (1998), Doorenbos & Pruitt (1977) e Doorenbos & Kassam (1979) para cafeeiro, apresentados por meio de uma curva de Kc, considera cada estágio de desenvolvimento da cultura, como dias após a semeadura ou dias após o plantio, duração da fase inicial, ou seja, caracterizado na escala de tempo, normalmente, a partir do calendário Juliano. Entretanto, quando ocorre alguma variação na duração das fases da cultura, entre locais e entre anos sucessivos, devido às frequentes mudanças das condições do tempo, a curva de Kc pode ser alterada e, conseqüentemente, superestimar ou subestimar o consumo de água pela lavoura. Para solucionar problemas de incertezas, relativamente à determinação da duração das fases, tem-se procurado utilizar variáveis meteorológicas (controle) para relacionar o Kc mais diretamente ao estágio de desenvolvimento da cultura, ou seja, que permite determinar com maior precisão a duração das fases fenológicas das plantas, em lugar de tempo percentual ou tempo decorrido, como base para estabelecer os Kc. De acordo com Sedyama et al. (1998), alguns parâmetros relacionados ao clima, como graus-dia para o crescimento, unidade solar termal e ETo acumulada podem, também, serem utilizados em lugar do tempo decorrido, o qual normalmente é usado para estimar a duração dos estádios fenológicos associados aos Kc.

A correta determinação de graus-dia de desenvolvimento ou somas térmicas em que serão baseados os valores de Kc elimina parcialmente os efeitos sazonais do meio ambiente sobre o desenvolvimento da planta, quando comparados aos valores de Kc baseados somente no tempo (calendário) ou na percentagem da duração normal da estação de crescimento, possibilitando a utilização de resultados de pesquisa referentes aos coeficientes de cultura (Kc) nas diferentes épocas de irrigação.

O conceito de graus-dia é definido como o acúmulo diário da energia que se situa acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta (Ometto, 1981). A condição mínima ou máxima é definida como temperatura-base e a energia acumulada nesse

intervalo de condição (graus-dia ou soma térmica) é a energia necessária para a planta completar determinada fase fenológica ou mesmo o seu ciclo total de desenvolvimento.

Para que se possa estabelecer o parâmetro graus-dia que manifesta a interação clima-planta e associá-lo ao momento e a lâmina de irrigação, é necessária, primeiramente, a definição das exigências do cafeeiro quanto às temperaturas mínima e máxima, por estarem relacionadas ao seu normal consumo de água, sendo fatores determinantes para o crescimento e desenvolvimento da planta. Iaffe et al. (2001) observaram uma temperatura basal inferior de 12,3°C e superior de 34°C para o subperíodo do florescimento à colheita, em cafeeiro Mundo Novo, na região de Botucatu, SP. Lima & Silva (2008) verificaram que as temperaturas base inferior e superior para as cultivares Acaia Cerrado e Rubi são de 12,9°C e 32,4°C respectivamente do transplântio até a primeira florada. Amaral (1991), ao analisar as taxas de crescimento do cafeeiro no período de baixas temperaturas, verificou que a transição do crescimento ativo para crescimento reduzido do cafeeiro ocorreu quando as temperaturas mínimas situaram entre 13,5 e 14°C.

Nesse contexto, este trabalho teve por objetivo determinar os coeficientes de cultura (Kc) de uma variedade de cafeeiro (*Coffea arabica* L.), cultivar Acaia Cerrado MG-1474 estabelecendo a relação entre Kc e graus-dia de desenvolvimento (GDD), além de avaliar o crescimento vegetativo do cafeeiro irrigado em seus diferentes estádios fenológicos e estabelecer a sua relação com GDD.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia (DEG), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras-MG. A área está situada próxima a estação meteorológica automática, pertencente à rede de Plataforma de Coleta de Dados (PCD), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), compreendida entre as seguintes coordenadas geográficas: latitude 21° 14' S; longitude 45° 00' W e altitude 918,841 m. O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico Típico, de acordo com a Embrapa (1999).

Utilizando-se a classificação climática de W. Köppen, dada por Ometto (1981) pode-se fazer a classificação para Lavras, MG, com base nos dados das Normais Climatológicas (Brasil, 1992). O clima é caracterizado como Cwa, ou seja, com verão chuvoso e inverno seco. Ocorre em Lavras uma precipitação pluvial total anual média de 1529,7 mm e uma temperatura média anual de 19,4°C. Nos meses de outubro a março, concentram-se as maiores lâminas de chuva e as maiores temperaturas. Julho é o mês mais frio e seco, com temperatura média de 15,8°C e precipitação média de 23,4 mm, respectivamente, seguido pelos meses de junho, maio e agosto. Lavras têm uma umidade relativa do ar média de 76,2 %, bem como uma evaporação média total anual de 1034,3 mm.

### 4.2 Condução do experimento

O estudo foi conduzido em experimento implantado com uma variedade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), a cultivar Acaia Cerrado MG-1474. O transplântio das mudas foi realizado no dia 19/04/03, quando estas estavam com um total de 6 a 7 pares de folhas. Os espaçamentos foram de 0,80 m entre plantas e de 3,5 m entre linhas de plantas, sendo estes os mais difundidos atualmente entre os produtores de café da região, que utilizam a cultivar Acaia.

O experimento foi composto por sete parcelas (repetições) definidas por diferentes datas de plantio: Data 1 (19/04/03), Data 2 (25/05/03), Data 3 (30/06/03), Data 4 (05/08/03), Data 5 (10/09/03), Data 7 (21/11/03) e Data 8 (08/01/04), distinguindo-se uma das outras por intervalos de 36 dias. Cada data de plantio foi representada por parcela constituída de nove plantas, sendo sete dessas, úteis, onde foi realizado o balanço hídrico do solo, bem como o monitoramento do crescimento vegetativo dos cafeeiros.

O balanço hídrico do solo foi realizado no período entre 13/09/04 a 14/09/05. Já o crescimento vegetativo foi avaliado a partir de 09/09/04, estendendo-se até 17/03/06.

As curvas características de água no solo foram confeccionadas a partir de dados experimentais e representadas por meio de equações empíricas.

Com os valores característicos de umidade correspondentes a seus respectivos valores de tensão, foram obtidos os ajustes de acordo com os parâmetros empíricos da equação proposta por Genuchten (1980), utilizando o programa computacional SWRC (Soil Water Retention Curve) elaborado por Dourado Neto et al. (1990). As equações ajustadas e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as três camadas consideradas, estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Equações de Genuchten ajustadas e coeficiente de determinação ( $R^2$ ), para as três camadas do solo em estudo. Lavras, MG. 2004.

Camada (m)	Equações ajustadas	$R^2$
0 - 0,2	$\theta(\Psi_m) = 0,220 + \frac{0,438}{\left[1 + (1,5104 \times  \Psi_m )^{1,5799}\right]^{0,367}}$	0,98
0,2 - 0,4	$\theta(\Psi_m) = 0,241 + \frac{0,409}{\left[1 + (1,1303 \times  \Psi_m )^{1,5137}\right]^{0,3394}}$	0,99
0,4 - 0,6	$\theta(\Psi_m) = 0,238 + \frac{0,423}{\left[1 + (1,1340 \times  \Psi_m )^{1,6297}\right]^{0,3864}}$	0,99

O manejo da irrigação foi realizado de maneira a repor a lâmina correspondente à variação do armazenamento de água entre as tensões de 10 e 20 kPa, indicadas pelos sensores de tensão “Watermark”, instalados no solo e pelo modelo de Genuchten (1980). Foram instalados 7 sensores próximos à planta central da parcela, sendo 4 destes, utilizados para o manejo da irrigação. Os sensores ficaram dispostos a uma distância de 0,2 m da planta e 0,2 m entre si e, foram estabelecidas para os mesmos, as profundidades de 0,5 m; 0,15 m; 0,25 m; 0,35 m; 0,45 m e 0,5 m. A lâmina de irrigação foi determinada considerando o perfil do solo de 0,4 m de profundidade.

O tempo de funcionamento do sistema de irrigação foi calculado de acordo com Cabello (1996). Foram consideradas, para cálculo da lâmina de irrigação, as camadas de 0-0,2 m e 0,2-0,4 m de profundidade, com suas respectivas curvas características de água no solo.

Foram realizados testes para a verificação do coeficiente de uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, segundo Keller & Karmeli (1974).

### **4.3 Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>)**

Foram coletados dados diários de variáveis meteorológicas, como temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, velocidade do vento, precipitação e radiação solar incidente, que deram subsídios ao cálculo da ET<sub>o</sub>. Utilizaram-se os dados oriundos da Estação Climatológica Principal (ECP) de Lavras, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada no campus da Universidade Federal de Lavras e que estão disponíveis no Setor de Agrometeorologia da mesma universidade. O cálculo da ET<sub>o</sub> foi realizado na escala diária, de acordo com a metodologia de Penman-Monteith parametrizada pela FAO (Pereira et al., 1997).

### **4.4 Balanço hídrico do solo**

O balanço hídrico do solo para uma cultura qualquer pode ser contabilizado de acordo Reichardt & Timm (2004).

#### **4.4.1 Precipitação pluviométrica**

A precipitação pluvial ocorrida no intervalo considerado para o balanço hídrico, foi obtida por meio de dados diários fornecidos pela Estação Climatológica Principal (ECP) de Lavras.

#### **4.4.2 Lâmina de irrigação**

O manejo da irrigação foi realizado com base na metodologia apresentada por Cabello (1996), como descrito anteriormente.

#### **4.4.3 Entrada ou saída de água no perfil do solo**

A saída (drenagem) ou entrada de água (ascensão), dependendo do sinal e da magnitude do gradiente de potencial total na profundidade em estudo, foi obtida por meio da equação expressa por Reichardt & Timm (2004).

A densidade de fluxo de água no solo no limite inferior do elemento de volume considerado é dada pela equação de Darcy-Buckingham, segundo Reichardt & Timm (2004), aplicada ao fluxo vertical.

Para a estimativa da entrada ou saída de água no perfil do solo, é necessário o conhecimento da curva característica de água no solo e da sua condutividade hidráulica.

#### **4.4.4 Condutividade hidráulica**

A condutividade hidráulica como função do teor de água no solo não saturado foi determinada de acordo com a metodologia de Mualem-Genuchten, desenvolvida por Mualem (1976) e, posteriormente, modificada por Genuchten (1980). Essa metodologia foi utilizada para a determinação da condutividade hidráulica, pois, na prática, na maioria das vezes, se trabalha com valores de umidades inferiores à capacidade de campo, ao passo que outras metodologias adotam como limite inferior a capacidade de campo.

#### **4.4.5 Escoamento superficial**

O escoamento superficial deve ser determinado por meio de técnicas e estruturas apropriadas. Diante das dificuldades para se determinar o escoamento superficial como também do elevado número de dados requeridos para se fazer o balanço hídrico no solo, em períodos curtos, o mesmo não foi realizado em dias que ocorreram precipitações pluviométricas.

#### 4.4.6 Variação do armazenamento de água no solo

A variação do armazenamento foi obtida de acordo com Libardi (1999). Foram realizadas leituras de umidade do solo a cada dois dias, por meio do "Profile Probe", nas seguintes profundidades: 0,1 m; 0,2 m; 0,3 m; 0,4 m e 0,6 m.

#### 4.4.7 Evapotranspiração da cultura (ETc)

A evapotranspiração da cultura foi determinada a partir da equação geral do balanço de água no solo, descrita no item 4.4.

A profundidade considerada na contabilidade do balanço hídrico, para que o volume de solo em estudo fosse representativo, foi de 0,55 m.

#### 4.5 Coeficiente de cultura (Kc)

Os coeficientes de cultura (Kc) foram determinados de acordo com Allen et al. (1998), mediante a posse dos valores de evapotranspiração da cultura (ETc) sem restrição de água e evapotranspiração de referência (ETo).

#### 4.6 Graus-dia de desenvolvimento (GDD)

O cálculo de graus-dia foi realizado pelo procedimento apresentado por Ometto (1981). Tal metodologia considera cinco situações possíveis de acontecerem. Embasados em resultados de trabalhos de Iaffe et al. (2001), Amaral (1991) e Lima & Silva (2008), foram adotados valores de temperatura basal inferior e superior da planta, igual a 13° C e 34° C respectivamente. Os graus-dia foram computados a partir da data de transplante das mudas em 14/04/2003, equivalentes aos dias após plantio referente a cada data de plantio. Os graus-dia foram relacionados com as variáveis de crescimento vegetativo, obtidas no período de 09/09/04 a 17/03/06, bem como, os valores de Kc obtidos no período de 13/09/04 a 14/09/05.

#### 4.7 Crescimento vegetativo

A avaliação do crescimento vegetativo dos cafeeiros foi realizada durante o período de 09/09/04 a 17/03/06. Em duas plantas da parcela útil foram marcados os ramos para a realização de leituras mensais das seguintes variáveis de crescimento vegetativo: altura de planta (Ap), comprimento do ramo plagiotrópico (Crp), diâmetro da seção inferior da copa (Diac), diâmetro do ramo ortotrópico (Dro), número de internódios do ramo plagiotrópico (Nirp) e número de pares de ramos plagiotrópicos (Nrp).

Para a avaliação de Ap e Diac, foi utilizada uma régua de madeira graduada em centímetros. A variável Ap foi medida, colocando-se a régua próxima ao ramo ortotrópico, na posição perpendicular a superfície do solo, tomando-se como altura a posição mais alta de folhas na parte aérea da planta. Para a medição do Diac, colocou-se a régua no mesmo plano da superfície do solo, em sentido transversal à linha de plantio, medindo-se a distância entre as maiores extremidades dos ramos plagiotrópicos.

A variável Crp foi avaliada por meio de uma trena também graduada em centímetros. A trena foi colocada na base do ramo plagiotrópico, próxima à inserção deste com o ramo ortotrópico, estendendo-se até o ápice do ramo plagiotrópico.

Para a avaliação do Dro, utilizou-se um paquímetro digital graduado em milímetro. As avaliações foram realizadas à altura de 10 cm da superfície do solo.

As variáveis Nirp e Nrp foram avaliadas por meio de contagem visual. Após cada contagem, eram feitas marcações nos ramos, com a finalidade de não permitir uma recontagem dos internódios e ramos anteriormente avaliados.

#### 4.8 Análise dos dados

A análise estatística dos dados correspondentes às variáveis de crescimento vegetativo observados em campo foi realizada com auxílio do programa computacional Sirvar, versão 5.0, segundo Ferreira (2003), enquanto que para os dados de coeficiente de cultura (Kc) observados foram feitas análises de regressão, utilizando o SigmaPlot (versão 7.0).

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 Crescimento vegetativo

De maneira geral, é observado na Tabela 2, um bom ajuste do modelo linear aos dados das variáveis de crescimento vegetativo: Ap, Dro, Diaco, Crp, Nirp e Nrp, em relação aos graus-dia de desenvolvimento (GDD). Apesar do bom ajuste, é verificado para as variáveis de crescimento valores significativamente maiores ( $P < 0,01$ ) conforme Tabela 3 A, B, C, D, E e F, que a data de plantio exerce efeito significativo em todas as variáveis de crescimento analisadas mostrando, que GDD não é um parâmetro confiável para estimar o crescimento vegetativo do cafeeiro Acaia Cerrado entre épocas. Dessa maneira, a estimativa do crescimento vegetativo do cafeeiro Acaia Cerrado plantado em diferentes datas, não pode ser realizada por meio das equações que incorporam apenas os efeitos da temperatura, ou seja, a utilização dos GDD. Na Figura 1, ao observar a relação funcional da variável altura de planta (Ap) a da variável bioclimatológica GDD, com dias após plantio (DAP) verifica-se um afastamento da curva de crescimento da planta em altura, em relação à curva de GDD. Conforme Ometto (1981), esse afastamento é um indicativo de que outro fator, tais como, deficiência nutricional ou hídrica, ataque de pragas e doenças, qualquer que seja, esteja afetando o desenvolvimento da planta. Quando a planta está otimizada, seu crescimento e desenvolvimento é consequência da energia do meio, isto é, a curva que mostra o crescimento deveria seguir uma tendência de acompanhamento com a curva da variável bioclimatológica.

**Tabela 2.** Parâmetros do modelo de regressão linear simples ( $B_0$  e  $B_1$ ), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e valor P do desvio, das variáveis de crescimento para as datas de plantio, relacionados aos graus-dia de desenvolvimento (GDD).

Variáveis	Parâmetros estatísticos			
	$B_0$	$B_1$	$R^2$	Valor P (desvio)
Altura de planta	22,3254	0,0196	0,999**	1,000 <sup>n.s</sup>
Diâmetro do ramo ortotrópico	-0,33018	0,0006	0,996**	0,873 <sup>n.s</sup>
Diâmetro de copa	32,1582	0,0172	0,996**	0,966 <sup>n.s</sup>
Comprimento do ramo plagiotrópico	22,2970	0,0078	0,995**	0,998 <sup>n.s</sup>
Nº de internódios do ramo plagiotrópico	0,4059	0,0038	0,998**	0,965 <sup>n.s</sup>
Nº de pares de ramos plagiotrópicos	-0,3632	0,0036	0,996**	0,962 <sup>n.s</sup>

**Tabela 3.** Análise de variância dos dados das variáveis de crescimento vegetativo relacionados aos graus-dia de desenvolvimento (GDD), para as diferentes datas de plantio (DP). Lavras, MG. 2006.

<b>A) Altura de planta (Ap)</b>		
<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	6	2848,686577**
GDD	11	2427,335334**
Erro	66	23,242705

CV(%) = 3,77; Média Geral: 127,82; \*\*Significativo a 1% de probabilidade

<b>B) Diâmetro do ramo ortotrópico (Dro)</b>		
<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	6	5,677323**
GDD	11	2,504138**
Erro	66	0,019248

CV(%) = 4,50; Média Geral: 3,08; \*\*Significativo a 1% de probabilidade

<b>C) Diâmetro de copa (Diac)</b>		
<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	6	6217,455491**
GDD	11	1872,524627**
Erro	66	25,111761

CV(%) = 4,02; Média Geral: 124,66; \*\*Significativo a 1% de probabilidade

<b>D) Comprimento do ramo plagiotrópico (Crp)</b>		
<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	6	2383,141852**
GDD	11	383,700494**
Erro	66	12,882432

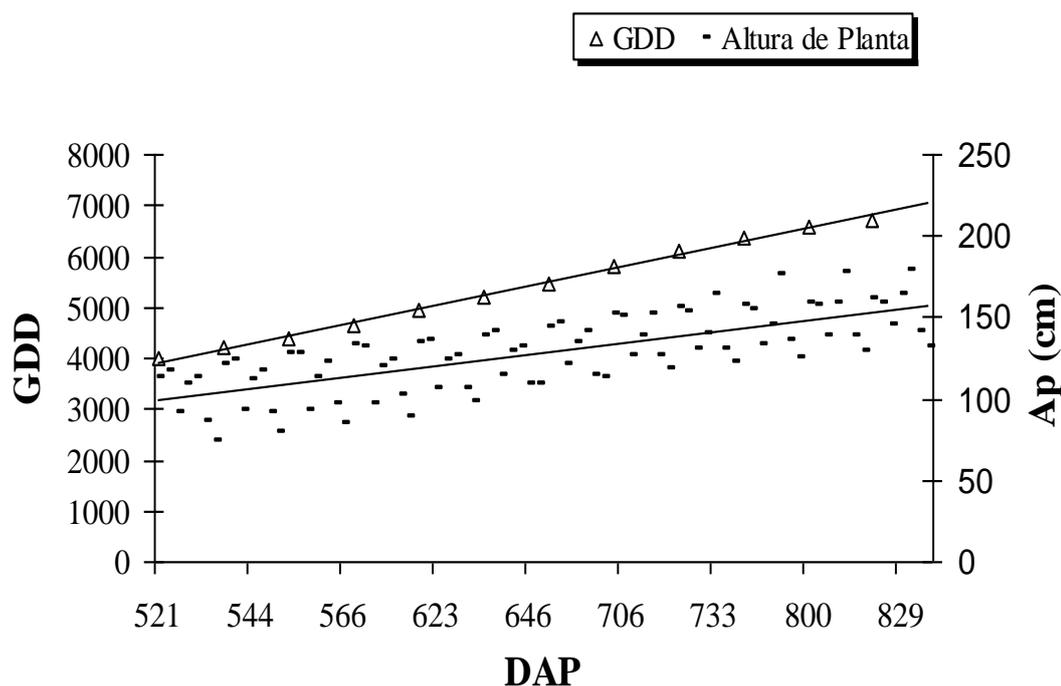
CV(%) = 5,59; Média Geral: 64,15; \*\*Significativo a 1% de probabilidade

<b>E) Número de internódios do ramo plagiotrópico (Nirp)</b>		
<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	6	108,644637**
GDD	11	88,680845**
Erro	66	0,633275

CV(%) = 3,87; Média Gera: 20,56; \*\*Significativo a 1% de probabilidade

<b>F) Número de pares de ramos plagiotrópico (Nrp)</b>		
<b>Fonte de variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>
DP	6	117,341396**
GDD	11	83,685341**
Erro	66	1,105496

CV(%) = 5,48; Média Gera: 19,19; \*\*Significativo a 1% de probabilidade



**Figura 1.** Altura de planta (Ap) e graus-dia de desenvolvimento (GDD), relacionados aos dias após plantio (DAP). Lavras, MG. 2004 a 2006.

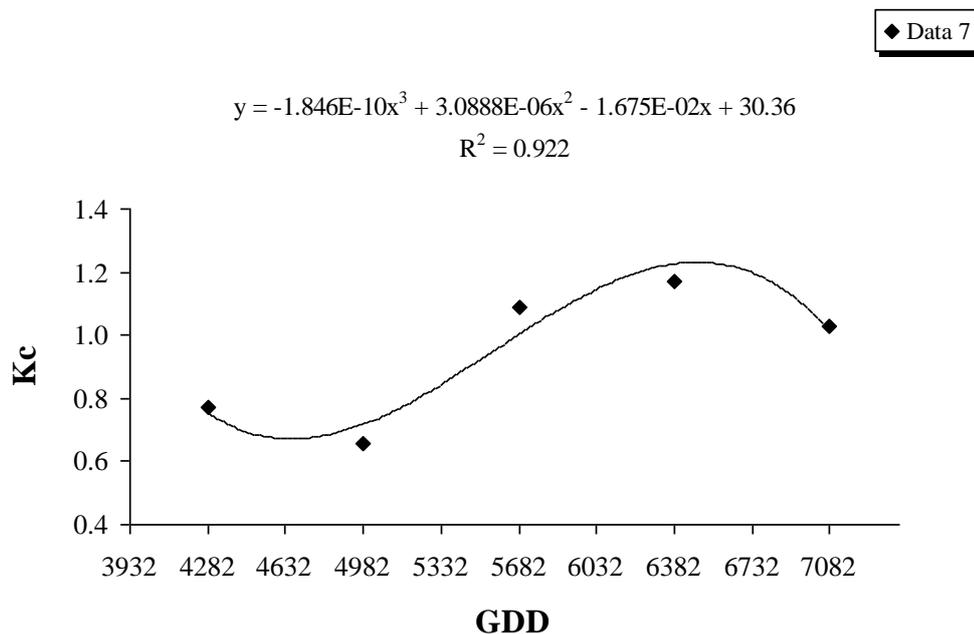
## 5.2 Coeficiente de cultura (Kc)

Por meio do balanço hídrico do solo, realizado a partir de 13/09/2004, quando já tinham sido computados 3932 GDD referentes à primeira data de plantio em 19/04/2003, foram obtidos os valores de Kc. As demais datas de plantio, evidentemente, alcançaram os mesmos graus-dia em épocas e períodos diferentes. Entretanto, devido ao efeito da data de plantio sobre o crescimento das variáveis de crescimento vegetativo, mostrando-se que GDD não é para o cafeeiro Acaia Cerrado uma variável bioclimática precisa, associou-se Kc aos GDD correspondentes apenas ao período entre o início da florada de 2004 e 2005. Isto só foi possível, pelo fato da florada ter sido bem uniforme entre as datas de plantio, indicando que o parâmetro graus-dia não possibilita estimar a época de floração do cafeeiro. Desse modo, tornou-se possível relacionar os coeficientes de cultura (Kc) com os GDD, a partir da florada, desconsiderando o efeito da data de plantio sobre o crescimento vegetativo.

Ao verificar o efeito da data de plantio sobre o crescimento vegetativo do cafeeiro, o desenvolvimento de um único modelo, suficientemente capaz de estimar o coeficiente de cultura em função de graus-dia de desenvolvimento correspondentes às distintas épocas de plantio, tornou-se limitado. Diante desta observação e, em função da época de plantio de cafeeiros no Sul de Minas Gerais, o modelo desenvolvido para a Data 7 (21/11/03) é o mais indicado para estimar o Kc do cafeeiro Acaia Cerrado para esta região, considerando o intervalo de GDD.

Os valores de coeficiente de cultura associados aos graus-dia de desenvolvimento para o cafeeiro Acaia correspondentes aos cafeeiros plantados no mês de novembro estão apresentados na Figura 2, em intervalos de 700 GDD. Por meio da regressão linear utilizando a função cúbica, observa-se pelo coeficiente de determinação um bom ajuste do modelo aos dados observados.

Os valores de Kc médios estimados pelo modelo desenvolvido para o período correspondente de 3932 a 7101 GDD, situaram-se entre 0,73 e 1,25.



**Figura 2.** Coeficientes de cultura (Kc) médios associados aos graus-dia de desenvolvimento (GDD) para o cafeeiro Acaiaí Cerrado, correspondente a Data 7, obtidos em intervalos de 700 GDD. Lavras, MG. 2004 a 2005.

Para cafezais com manejo adequado e altura de 2 a 3 m, em clima subúmido, Allen et al. (1998) propõem Kc entre 0,90 e 0,95 e entre 1,05 e 1,10, em solo sem cobertura vegetal e na presença de plantas daninhas, respectivamente, com a evapotranspiração de referência estimada pela equação de Penman-Monteith - FAO. Foram obtidos, por Arruda et al. (2000), valores de coeficientes de cultura (Kc) entre 0,73 e 0,75 nos primeiros anos de idade do cafeeiro, e entre 0,87 e 0,93 aos sete e oito anos respectivamente. Foram verificados, por Villa Nova et al. (2002), para cafeeiros cultivar Mundo Novo, valores de Kc entre 0,5 e 1,2 e entre 0,9 e 1,2, sem mato e com mato respectivamente e, valores de Kc de 0,76 a 1,18, entre as fases fenológicas, no período de 15 e 35 meses após o plantio, com uma densidade de 4000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Doorenbos & Pruitt (1977) recomendam para o cafeeiro o emprego do coeficiente de cultura por volta de 0,9 durante todo o ano, em cultivos convencionais e, valores de 1,05 até 1,1 em casos que se permitam crescimento das plantas daninhas. Sato et al. (2007) encontraram para um cafeeiro Catuaí, após quatro anos de recepa, valores de Kc variando de 0,59 a 1,16 entre os meses de abril e setembro de 2004 na região de Lavras, MG. Foi determinado por Coelho (2004), valores de Kc entre 0,1 e 0,5 para cafeeiros Acaiaí Cerrado no intervalo de 606 e 2673 GDD, equivalentes ao período entre 4 e 11 meses após o plantio, ou seja, período inicial de crescimento dos cafeeiros.

Lima & Silva (2008), ao relacionarem valores de Kc com GDD (segundo Ometto, 1991) observados, verificaram a partir do ajuste combinado de Kc para as cultivares Acaiaí Cerrado e Rubi, até 4200 GDD, valores de Kc variando de 0,2 a 0,89. De acordo com os autores, os coeficientes de cultura se ajustam satisfatoriamente a graus-dia de desenvolvimento por meio de uma regressão de terceiro grau. Apesar dos bons ajustes de Kc com GDD verificados, a utilização dos modelos ajustados são tão limitados a uma condição

específica de época de plantio, idade da planta e clima da região, como são os modelos de predição de Kc com base em dias após o plantio.

Sugere-se a utilização de metodologias que incorporem outras variáveis bioclimatológicas além da temperatura (GDD), para uma possível associação com crescimento vegetativo e coeficientes de cultura (Kc) do cafeeiro.

## 6 CONCLUSÕES

A alternativa de utilização dos GDD para estimativa do crescimento vegetativo não se mostrou eficiente para o cafeeiro Acaia Cerrado, indicando limitação dessa variável bioclimatológica.

As curvas de Kc correspondentes aos intervalos de 700 GDD, para o cafeeiro Acaia Cerrado no período de 3932 a 7101 GDD, foram semelhantes aos valores encontrados na literatura.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome, Italy: FAO, 1998. 301p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, n. 56).

Amaral, A.T. de. **Crescimento vegetativo estacional do cafeeiro e suas inter-relações com fontes de nitrogênio, fotoperíodo, fotossíntese e assimilação do nitrogênio**. 1991. 139p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Arruda, F.B.; IAFFE, A.; SAKAI, E.; CALHEIROS, R.O. Resultados anuais do coeficiente de cultura do cafeeiro em um ensaio em Pindorama/SP. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, **Anais...**Brasília; Embrapa Café, 2000. p.790-793.

Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais Climatológicas: 1961-1990**. Brasília: SPI/EMBRAPA, 1992. 84p.

Cabello, F.P. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, micro aspersión, exudación**. 3.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 513p.

Coelho, M.R. **Coefficiente de cultura (Kc) e desenvolvimento inicial de duas variedades de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) associados a graus-dia**. 2004. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Doorembos, J.; Kassan, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Rome: FAO, 1979. 212p. (Estudio FAO, Riego y Drenaje, n.33).

Doorembos, J.; Pruitt, W. O. **Las necesidades de água de los cultivos**. Roma: FAO, 1977. 144p. (FAO Boletim Irrigacion Y Drenage, n.24).

Dourado Neto, D.; Lier, Q.J. van.; Botrel, T.A.; Libardi, P.L. Programa para confecção da curva de retenção da água no solo utilizando o modelo de Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.1, p.92-102, Jul. 1990.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999. 412p.

Ferreira, D.F. **Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos - SISVAR 5.0 (Build 67)**. DEX/UFLA, Lavras, 2003.

Genuchten, M.T. van. A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.44, n.4, p.892-898, Jul/Aug. 1980.

Iaffe, A.; Arruda, F.B.; Sakai, E. Estimativa da Temperatura Base e Graus-Dia do Florescimento a Colheita de cafeeiro Mundo Novo em Botucatu, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBA, 2001. p.703-704.

Keller, J.; Karmeli, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.17, n.4, p.678-84, 1974.

Libardi, P.L. **Dinâmica da água no solo**. 2.ed. Piracicaba, SP: Ed. USP, 1999. 497p.

Lima, E.P.; Silva, E.L. da. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiros arábica em fase de implantação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.3, p.266-273, 2008.

Mantovani, E.C. **A irrigação do cafeeiro**. In: ITEM irrigação & tecnologia moderna. ABID, Brasília, DF. n. 48, p.45-9. 2000.

Mualem, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research**, v.12, n.3, p.513-522, Jun. 1976.

Ometto, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440p.

Pereira, A.R.; Villa Nova, N.A.; Sedyama, G.C. **Evapo(transpiração)**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

Reichardt, K.; Timm, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 1.ed. Barueri, SP: Ed. Manole, 2004. 478p.

Sato, F.A.; Silva, A.M. da; Coelho, G.; Silva, A.C. da; Carvalho, L.G. de. Coeficientes de cultura (Kc) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no período de outono-inverno na região de Lavras, MG. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.383-391, Maio/Agos. 2007.

Sediyama, G.C.; Ribeiro, A.; Leal, B.G. Relação clima - água - planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, MG: UFLA/SBEA, 1998, p.46-116.

Villa Nova, N.A.; Favarin, J.L.; Angelocci, L.R.; Dourado Neto, D. Estimativa do coeficiente de cultura do cafeeiro em função de variáveis climatológicas e fitotécnicas. **Bragantia**, Campinas, v.61, n.1, p.81-88, 2002.