

ISSN 0104-1347

## Influência da frequência de irrigação no coeficiente de cultura no estágio inicial de desenvolvimento ( $Kc_{ini}$ ), em três tipos de solos<sup>1</sup>

Influence of the irrigation frequency on crop coefficient in the initial stage of development ( $Kc_{ini}$ ), on three soils types

Wagner Rodrigues Soares, Gilberto Chohaku Sedyama<sup>2</sup>, Aristides Ribeiro<sup>3</sup> e José Maria N. da Costa<sup>4</sup>

**Resumo** - Analisaram-se as influências do turno de rega e da lâmina de irrigação no coeficiente de cultura para o estágio de desenvolvimento inicial ( $Kc_{ini}$ ) em solo de textura *argilosa*, franco-arenosa e *arenosa*. Os  $Kc_{ini}$  foram estimados *pela* relação entre a evaporação direta da água do solo ( $E_s$ ), estimada pelo modelo de Ritchie e a evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith, padrão FAO-1991. Os dados meteorológicos utilizados, referentes ao ano de 1998, foram coletados na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, situada no campus da Universidade Federal de Viçosa. O modelo de Ritchie possibilitou a estimativa da  $E_s$  para nove valores de lâminas de irrigações aplicadas (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 e 60mm), em quatro intervalos entre aplicações (4, 7, 10 e 20 dias), com o objetivo de analisar os efeitos da quantidade e da frequência de irrigação no  $Kc_{ini}$ . Os resultados mostraram que os valores do  $Kc_{ini}$  são maiores quando se aumenta a frequência e o valor da lâmina de água aplicada. Entretanto, os mesmos não aumentam quando o valor da lâmina aplicada é maior que o suficiente para que, no modelo de Ritchie, ocorra o retorno ao início da fase I de evaporação da água do solo.

**Palavras-chave:** coeficiente de cultura, estágio inicial, intervalo de irrigação, textura do solo, lâmina de irrigação

**Abstract** - The effects of the frequency and irrigation water depth applied on crop coefficients in the initial stage of crop development ( $Kc_{ini}$ ) were analyzed for fine, medium and coarse texture soils. It was simulated nine values of water depths (5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 and 60mm) in four different intervals of water application (4, 7, 10 and 20 days), for three different soil's textures. The Ritchie's model was carried out to estimate the direct soil water evaporation for different patterns of soil wetness. The  $Kc_{ini}$  values were obtained for the different soil textures, for each soil wetness condition, to analyze the effects of the irrigation interval and the irrigation water depth. It was observed that the crop coefficient for the initial stage was directly related to the irrigation frequency and the amount of irrigation applied. However, it was also observed that the  $Kc_{ini}$  values did not increase when the irrigation water applied was not enough to bring the soil moisture condition to phase I of direct soil water evaporation in the Ritchie's model.

**Key words:** crop coefficient, initial stage, soil texture, irrigation interval, water *depth*

<sup>1</sup>Parte da tese de Mestrado do primeiro autor – Universidade Federal de Viçosa

<sup>2</sup>Prof. Titular, Bolsista do CNPq. Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. – 36571-000 Viçosa, MG

<sup>3</sup>Prof. Adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. – 36571-000 Viçosa, MG

<sup>4</sup>Prof. Titular. Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. – 36571-000 Viçosa, MG.

## Introdução

As determinações da água necessária para as culturas são dados básicos que devem ser conhecidos para se planejar e praticar um manejo adequado de qualquer projeto de irrigação. Dessa forma, torna-se necessário o estudo de parâmetros que auxiliem na tomada de decisão. Um desses parâmetros é o coeficiente de cultura ( $K_c$ ), que é determinado pela razão entre a **evapotranspiração da cultura** ( $E_{Tc}$ ) e a **evapotranspiração de referência** ( $E_{To}$ ). O  $K_c$ , em condições de cobertura completa **do solo pelas plantas** (estádio intermediário e final), é pouco variável para determinada cultura. Já em condições de cobertura parcial (**estádios** inicial e de crescimento rápido) depende, fundamentalmente, do conteúdo de água na camada superficial do solo, uma vez que, nesses **estádios**, a evaporação direta da água do solo ( $E_s$ ) representa grande **parte da  $E_{Tc}$** .

Teoricamente, a  $E_{Tc}$  pode ser decomposta em dois componentes: um devido à planta, também chamado de transpiração, e outro devido ao solo, isto é, a evaporação direta da água do solo. A decomposição da  $E_{Tc}$  facilita a estimativa do  $K_c$ , e vice versa, **nos estádios** iniciais, pois utiliza um coeficiente de cultura ajustado, obtido do coeficiente basal de cultura, que é função da transpiração da cultura, e também do coeficiente que representa a evaporação direta da água do solo (WRIGHT, 1982).

O  $K_c$  também pode ser calculado a partir dos coeficientes médios de cultura, que incluem efeitos gerais de umedecimento do solo pela precipitação ou irrigação, os quais são utilizados para calcular a  $E_{Tc}$  relativa a períodos de vários dias, principalmente para a condição de irrigação por gravidade ou aspersão (PEREIRA & ALLEN, 1997).

De acordo com BERLATO & MOLION (1981), a  $E_s$  é, em princípio, **condicionada** pelos elementos meteorológicos que influenciam a evaporação de uma superfície de água livre, pois a evaporação da água do solo nada mais é que a evaporação da película de água que envolve as partículas de solo e que ocupa os espaços existentes entre as partículas. A diferença reside no fato de que a superfície líquida apresenta **situação** ilimitada de evaporação, em virtude da disponibilidade de água, ao passo que, no solo, a água nem sempre está francamente disponível para ser evaporada.

Diversos modelos foram utilizados com êxito para calcular  $E_s$  e **transpiração da cultura** ( $E_p$ ) (RITCHIE, 1972; KANEMASU *et al.*, 1976;

TANNER & JURY, 1976; BLACK *et al.*, 1970). Segundo KLOCKE *et al.* (1990), a  $E_s$  é dependente, basicamente, da textura do solo, da frequência de irrigação e da porcentagem de cobertura do solo.

O modelo de Ritchie, em sua formulação básica, considera as fases de evaporação da água do solo descritas por PHILIP (1957) e comprovadas, posteriormente, por IDSO *et al.* (1974). Assim, no cálculo da  $E_s$ , o método considera as fases de evaporação da água das camadas de perfil e superfície do solo.

Partindo do perfil de solo úmido, durante a fase 1, a  $E_s$  processa-se à taxa potencial determinada pela energia disponível à superfície do solo. Na fase 2, a evaporação é limitada pelo fluxo de água para a superfície, a partir das camadas inferiores do solo. Na fase 1, a superfície do solo mantém-se úmida, enquanto que na segunda a superfície do solo encontra-se parcialmente seca, sendo a evaporação alimentada pelos fluxos ascendentes de água do solo, influenciados pelo transporte de calor para o perfil do solo. Nesta segunda fase, a evaporação da água do solo decresce à medida que a umidade do solo diminui, podendo assumir-se como proporcional a razão entre a quantidade de água remanescente na camada de solo, que produz a evaporação, e o total que pode ser evaporado durante esta segunda fase.

O valor máximo da  $E_{Tc}$  ocorre apenas após cada irrigação. A partir daí a  $E_{Tc}$  decresce em função do teor de água remanescente na superfície exposta à radiação solar na fase 1.

Tendo em vista o exposto anteriormente, o presente trabalho tem como objetivos: a) determinar a evaporação direta da água do solo no estágio de desenvolvimento inicial para diferentes frequências e lâminas de irrigação em três tipos de solos, e b) analisar a influência de diferentes frequências e lâminas de irrigação e três texturas de solos no valor do coeficiente de cultura, para o estágio de desenvolvimento inicial ( $K_{c_{ini}}$ ).

## Material e métodos

Os valores de **evapotranspiração de referência** ( $E_{To}$ ) foram estimados por intermédio do modelo de Penman-Monteith, executado dentro do ambiente do programa computacional ModelMaker versão 3.0.2. De acordo com ALLEN (1986) e ALLEN *et al.* (1989), o modelo de Penman-Monteith apresenta es-

timativas confiáveis e consistentes de ETo, sendo considerado aquele de melhor desempenho entre os métodos combinados e recomendado como método-padrão para obtenção da ETo (SMITH, 1991).

Os elementos meteorológicos diários foram relativos ao período de 1/1/1998 até 30/8/1998 e obtidos na estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no campus da Universidade Federal de Viçosa, MG (20°45'S; 42°51'W; e 651m).

O modelo de Ritchie foi utilizado com a finalidade de calcular a evaporação direta da água do solo (Es). Este modelo foi executado utilizando-se o ambiente do programa computacional desenvolvido por RODRIGUES & MANTOVANI (1995), os quais se basearam em trabalhos de RITCHIE (1972), RITCHIE & JOHNSON (1990) e JONES & RITCHIE (1990).

O modelo de Ritchie permitiu estimar a Es para diferentes padrões de frequência de irrigação e três diferentes tipos de solo (textura argilosa, franco-arenosa e textura arenosa). Esse modelo calcula separadamente a evaporação direta da água do solo (Es) e a transpiração da cultura (Ep), isto é:

$$ETc = Es + Ep \quad [1]$$

Para a execução do modelo, foram utilizados os seguintes parâmetros: temperatura basal de 10°C, albedo da cultura (grama) de 0,24 e albedo do solo de 0,15, que é o coeficiente de reflexão médio para solo arado úmido. Superfícies mais claras refletem mais que aquelas mais escuras e, portanto, têm menos energia disponível. Assim, um solo mais escuro, sob mesmas condições climáticas, reflete menos radiação solar que um solo mais claro. Dessa forma, se o valor do albedo utilizado for maior, a Es estimada no modelo de Ritchie será menor, pois existirá maior reflexão. Além dos dados de entrada e dos parâmetros listados anteriormente, o método incorpora também as características de crescimento das plantas, representadas pelo índice de área foliar (IAF), o qual foi considerado igual a zero, uma vez que o objetivo foi apenas estimar os valores da Es. Com o valor do IAF = 0, a radiação não é interceptada e não existe redução da energia disponível para o processo de evaporação, ou seja, a Es corresponde ao total da ETc, no estágio de desenvolvimento inicial.

Os tipos de solo considerados nas simulações de irrigação foram caracterizados por dois parâmetros: o parâmetro U, que é a lâmina da água evaporada acumulada até o fim da fase 1, e o parâmetro  $\alpha$ , que é

a taxa com que a água evapora do solo na fase 2 de evaporação da água do solo. Os valores de U e  $\alpha$  são apresentados na Tabela 1.

A equação 2 foi utilizada para calcular a evaporação direta da água do solo durante a fase 1, e as equações 4 e 5 foram utilizadas para o cálculo e acúmulo da evaporação direta da água do solo durante a fase 2 de evaporação.

No tratamento matemático para a estimativa da evaporação direta da água do solo foram utilizados as seguintes equações:

$$Es1 = ETmax (1 - 0,43.IAF) \quad \text{para } IAF < 1 \quad [2]$$

ou

$$Es1 = \frac{ETmax}{1,1} e^{-0,4IAF} \quad \text{para } IAF \geq 1 \quad [3]$$

em que ETmax é a evapotranspiração máxima (mm.d<sup>-1</sup>), e IAF o índice de área foliar (m<sup>2</sup> de folha por m<sup>2</sup> de terreno).

$$Es2 = \alpha t^{0,5} - \alpha (t-1)^{0,5} \quad [4]$$

$$\Sigma Es2 = \alpha t^{0,5} \quad [5]$$

em que, t é o tempo transcorrido desde a mudança da fase 1 para a fase 2 (dias); e  $\alpha$  o parâmetro característico da fase 2 de evaporação direta da água do solo.

Para as condições do presente estudo, tomou-se o cuidado de trabalhar apenas com o estágio de desenvolvimento inicial da cultura, uma vez que o objetivo básico referiu-se ao componente da evaporação direta da água do solo.

Dessa forma, a equação 1 reduz-se a

$$ETc = Es \quad [6]$$

Na Figura 1 observa-se as fases de secamento do solo, em que a duração da fase 1 é determinada pelo parâmetro U e, na fase 2, ocorre diminuição no valor da evaporação. Na fase 1, a evaporação diária é calculada por Es1 e seus valores são acumulados pelo somatório da evaporação durante esta fase.

Durante a fase 1, quando o valor do somatório atinge o valor do parâmetro  $\Sigma Es1 \approx U$ , o modelo passa para a fase 2, e o valor da evaporação diária é calculado por meio da equação 5. Os valores diários da evaporação são acumulados pelo somatório durante essa fase. Quando acontece uma irrigação ou precipitação, o modelo compara o valor da lâmina aplicada, ou chuva, com o valor do somatório de Es2

**Tabela 1.** Valores dos parâmetros U e  $\alpha$  utilizados no modelo de Ritchie, para três texturas de solo.

Textura do solo	U (mm)	$\alpha$ (mm.d <sup>-0.5</sup> )	Fonte
Argilosa	13,70	8,20	BURMAN & POCHOP, 1994
Franco-arenosa	6,04	3,86	RODRIGUES, 1996
Arenosa	5,40	3,34	BURMAN & POCHOP, 1994

e U. Caso o valor da lâmina de água aplicada, ou chuva, não ultrapasse o valor do somatório de Es2, o modelo volta para algum ponto anterior, dentro da fase 2, e se o valor da lâmina de água aplicada, ou chuva, ultrapassar somente o valor do somatório de Es2, o modelo retorna a algum ponto dentro da fase 1 de secamento do solo.

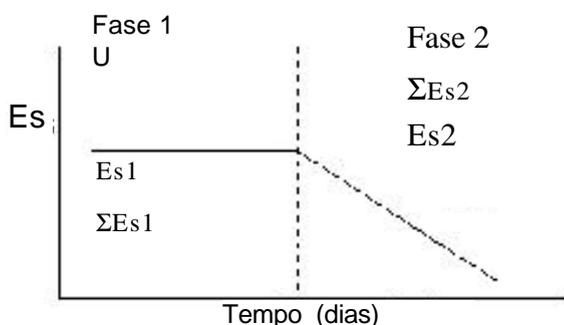
Se o valor da lâmina de água aplicada, ou chuva, ultrapassar o valor do somatório de Es2 e U, o modelo retorna ao início da fase 1. Por exemplo: se para determinado intervalo entre aplicação de água, 20 mm de água aplicada foram suficientes para o modelo retornar ao início da fase 1, as lâminas com valores maiores que este terão o mesmo efeito, ou seja, voltarão ao início da fase 1.

De posse dos valores de ETo calculados por meio do modelo de Penman-Monteith e dos valores de ETc (representada pela componente Es) calculados por meio do modelo de Ritchie, foram estimados os valores dos coeficientes de cultura para o estágio de desenvolvimento inicial ( $K_{c_{ini}}$ ), para as três diferentes texturas de solo.

O  $K_c$  foi calculado pela razão entre a ETc e a ETo, recorrendo-se à equação 7.

$$K_c = \frac{ETc}{ETo}$$

[7]

**Figura 1.** Representação das fases de secamento do solo no modelo de Ritchie.

Os valores do coeficiente de cultura para o ~~estádio de desenvolvimento inicial das plantas~~ ( $K_{c_{ini}}$ ) foram calculados obtendo-se as médias, para cada intervalo de irrigação e lâmina de água aplicada, utilizando-se a equação:

$$K_{c_{ini}} = \frac{Es}{ETo} \quad [8]$$

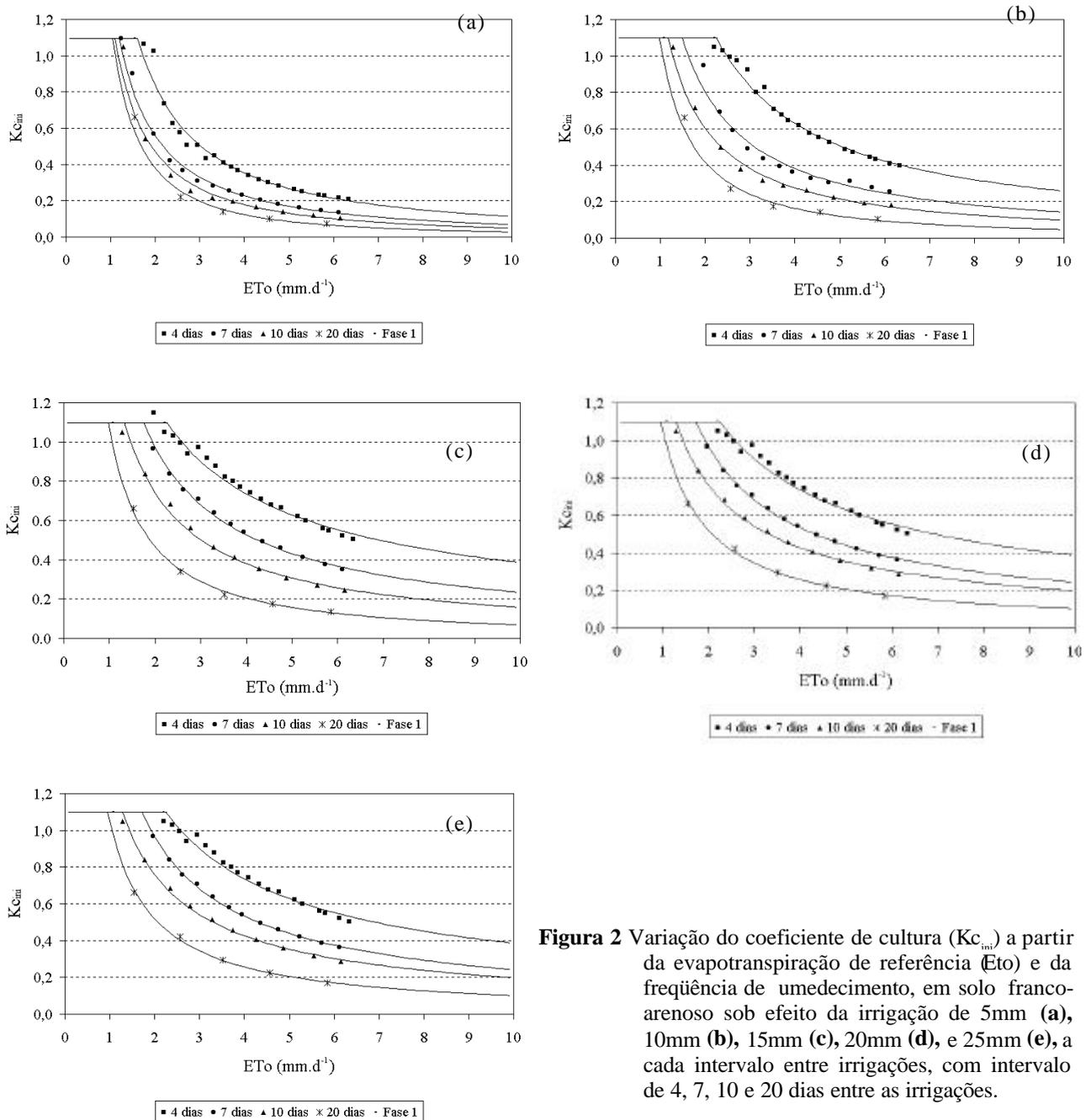
Os valores das lâminas aplicadas foram de 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; e 60mm, para cada intervalo entre irrigações de 4; 7; 10; e 20 dias, em solos de textura argilosa, franco-arenosa e arenosa.

## Resultados e discussão

Para análise dos resultados obtidos das estimativas dos  $K_{c_{ini}}$ , são apresentadas nas Figuras 2a, 2b, 2c, 2d e 2e os valores estimados dos  $K_{c_{ini}}$  para solo franco-arenoso considerando intervalos entre irrigações de 4, 7, 10 e 20 dias, onde a lâmina de água de irrigações aplicadas foram de 5, 10, 15, 20 e 25mm em cada cenário de irrigação utilizada, respectivamente.

JAGTAP & JONES (1989) mostraram que o  $K_c$ , devido ao solo, depende da frequência de irrigação. Concordando com esses autores, observa-se, nas Figuras 2 a 6 que, quanto maior a frequência de irrigação, ou seja, menor intervalo entre aplicações de água, maiores são os valores dos  $K_{c_{ini}}$ . Isto ocorre porque a Es teve seu valor aumentado quando o intervalo entre aplicações de água foi menor, consequência do modelo de Ritchie voltar à fase 1 mais vezes, visto que o número de aplicações é maior. RODRIGUES (1996) constatou que o turno de rega pode prolongar ou reduzir a duração das fases de evaporação. Para KLOCKE et al. (1990), a Es depende da frequência de irrigação.

Como no modelo de Penman-Monteith o maior valor estimado de ETo foi de 6,44mm.d<sup>-1</sup>, para valores maiores de ETo foram construídas curvas de regressão com prospectivas da ordem de 3,5 unidades. Da mesma forma, como o valor mínimo da ETo



**Figura 2** Variação do coeficiente de cultura ( $K_{c_{ini}}$ ) a partir da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e da frequência de umedecimento, em solo franco-arenoso sob efeito da irrigação de 5mm (a), 10mm (b), 15mm (c), 20mm (d), e 25mm (e), a cada intervalo entre irrigações, com intervalo de 4, 7, 10 e 20 dias entre as irrigações.

calculada pelo modelo de Penman-Monteith foi de  $1,08\text{mm.d}^{-1}$ , foram feitas retrospectivas até o valor da  $ET_o$  próximo de zero.

As diferenças observadas, na duração da fase 1, aconteceram devido ao valor do parâmetro U e do intervalo entre as aplicações de água.

As Figuras 2a a 2e indicam que, em qualquer tipo de solo, os valores do  $K_{c_{ini}}$  decrescem, depois do término da fase 1, à medida que a  $ET_o$  cresce. Isto ocorre porque a evaporação direta da água do solo vai depender, na fase 2, não só das condições de demanda da  $ET_o$ , mas também das propriedades físicas do solo. O valor de U foi alcançado mais rapidamente em condições de alta evaporação, concordando com RITCHIE & JOHNSON (1990).

Na Tabela 2 são apresentadas as equações de regressão dos  $Kc_{ini}$  em função da  $ET_o$  para solo de textura média para arenosa (franco-arenosa). Neste quadro contêm também os valores dos coeficientes de determinação da regressão ( $R^2$ ), em que, se observa valores maiores do que 0,96. O modelo matemático que melhor se ajustou às condições de umidade e textura do solo foi do tipo  $Kc_{ini} = a.ET_o^b$ . Observa-se, pelos valores dos coeficientes  $a$  e  $b$ , que, para o intervalo de quatro dias entre cada irrigação, os valores do  $Kc_{ini}$  não variaram quando se aumentou o valor da lâmina d'água aplicada de 15 para 20mm ou mais. Para os intervalos de sete e dez dias, os valores do  $Kc_{ini}$  também não variaram quando se aumentou o valor da lâmina aplicada de 20 para 25mm ou mais. O mesmo ocorreu para o intervalo de 20 dias, quando os valores do  $Kc_{ini}$  não variaram no momento em que se aumentou o valor da lâmina aplicada de 25 para 30mm ou mais, uma vez que a lâmina de água aplicada foi suficiente para que, no modelo de Ritchie, ocorresse o retorno ao início da fase 1 de evaporação, ou seja, as lâminas aplicadas ultrapassaram o valor do somatório de  $Es_2$  e  $U$ . Quando a lâmina aplicada não foi suficiente para ultrapassar o valor de  $U$ , o modelo voltou a algum ponto dentro da fase 1, que seria de menor duração.

Os dados da Tabela 2 evidenciam também que, durante a fase 1 de evaporação direta, para o intervalo entre aplicações de água de quatro dias, o valor da  $ET_c$  foi de 1,64mm.d<sup>-1</sup>, quando o valor da lâmina d'água aplicada foi de 5mm; e 2,21mm.d<sup>-1</sup>, quando a lâmina aplicada foi de 10mm ou mais em cada irrigação. Para o intervalo de sete dias, observa-se que, durante a fase 1, o valor da  $ET_c$  foi de 1,23mm.d<sup>-1</sup>, quando a lâmina d'água aplicada foi de 5mm; 1,48mm.d<sup>-1</sup>, quando o valor da lâmina aplicada foi de 10mm; e 1,75 mm.d<sup>-1</sup>, quando o valor da lâmina aplicada foi de 15mm ou mais em cada irrigação. Para o intervalo de dez dias, o valor da  $ET_c$  foi de 1,15mm.d<sup>-1</sup>, quando a lâmina d'água aplicada foi de 5mm; e 1,36mm.d<sup>-1</sup>, quando o valor da lâmina aplicada foi de 10mm ou mais em cada irrigação. Para o intervalo de 20 dias, o valor da  $ET_c$  foi de 1,04mm.d<sup>-1</sup>, quando a lâmina d'água aplicada foi de 5mm; e 0,95mm.d<sup>-1</sup>, quando o valor da lâmina aplicada foi de 10mm ou mais em cada simulação de irrigação.

É importante enfatizar que, as informações aqui apresentadas representam as estimativas dos coeficientes de cultura para o estágio de desenvolvimento inicial das plantas e, ou, culturas ( $Kc_{ini}$ ). Tais coeficientes, quando utilizados em sistema de irrigação

em que a superfície do solo não seja completamente umedecida, como nos sistemas de irrigação por gotejamento ou por sulcos, o  $Kc_{ini}$ , obtido das figuras ou das equações de regressão, deverá ser corrigido, multiplicando-se o valor obtido pela fração de área molhada (0,1 a 0,9). Por outro lado, essas informações quando utilizadas em projetos de irrigações com frequências diferentes daquelas para as quais foram geradas, o  $Kc_{ini}$  será subestimado, se a frequência for menor, ou superestimado, se a frequência for maior.

## Conclusões

Os resultados evidenciam que os valores do  $Kc_{ini}$  são maiores quando se aumenta o valor da lâmina de água aplicada. Entretanto, os valores do  $Kc_{ini}$  não aumentam quando o valor da lâmina aplicada é maior que o suficiente para que, no modelo de Ritchie, ocorra o retorno ao início da fase 1 de evaporação da água do solo. Maior frequência de aplicação de água resulta em maiores valores do  $Kc_{ini}$ . Após a fase 1 de evaporação direta da água do solo, os valores do  $Kc_{ini}$  decrescem à medida que a demanda evaporativa aumenta.

## Referências bibliográficas

- ALLEN, R.G. A Penman for all seasons. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 112, n. 4, p. 348-386, 1986.
- ALLEN, R.G., JENSEN, M.E., WRIGTH, J.L. et al. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madson, v. 81, p. 650-663, 1989.
- BERLATO, M.A., MOLION, L.C.B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre : IPAGRO, 1981. 96 p. (Boletim Técnico 7).
- BLACK, T.A., TANNER, C.B., GARDNER, W.R. Evapotranspiration from snap bean crop. **Agronomy Journal**, Madson, v. 62, p. 66-69, 1970.
- BURMAN, R., POCHOP, L.O. **Evaporation, evapotranspiration and climatic data**. Amsterdam : Elsevier, 1994. 278 p. (Developments in Atmospheric Science, 22).
- IDSO, S.B., REGINATO, R.J., JACKSON, R.D., et al. The three stages of drying of a field soil. **Soil Science American Proceedings**, Madson, v. 38, p.831-837, 1974.
- JAGTAP, S. S., JONES, J.W. Stability of crop coefficients under different climate and irrigation management practices. **Irrigation Science**, Berlin, v. 10, p. 231-44, 1989.

**Tabela 2** Equações de regressão para os valores de coeficientes de cultura obtidos para diferentes lâminas aplicadas, intervalo de irrigação e condições de  $ET_c$ , para o estágio de desenvolvimento inicial ( $Kc_{in}$ ), em função da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ), para solo franco-arenoso, e coeficientes de determinação.

Lâmina d'água aplicada (mm)	Intervalo entre irrigação(dias)	<i>a</i>	<i>b</i>	R <sup>2</sup>	Condição: $ET_c$ (mm.d <sup>1</sup> )
5	4	1,0930	0	----	≤ 1,64
	4	1,9750	-1,241	0,98	> 1,64
	7	1,0930	0	----	≤ 1,23
	7	1,3703	-1,2977	0,99	> 1,23
	10	1,0930	0	----	≤ 1,15
	10	1,2424	-1,4009	0,98	> 1,15
	20	1,0930	0	----	≤ 1,04
	20	1,1678	-1,6217	0,98	> 1,04
10	4	1,0988	0	----	≤ 2,21
	4	2,4274	-0,9732	0,99	> 2,21
	7	1,0988	0	----	≤ 1,48
	7	1,6895	-1,0736	0,96	> 1,48
	10	1,0988	0	----	≤ 1,36
	10	1,3153	-1,1248	0,99	> 1,36
	20	1,0988	0	----	≤ 0,95
	20	1,0689	-1,3547	0,98	> 0,95
15	4	1,0899	0	----	≤ 2,21
	4	1,9517	-0,7043	0,98	> 2,21
	7	1,0899	0	----	≤ 1,75
	7	1,8030	-0,8876	0,99	> 1,75
	10	1,0899	0	----	≤ 1,36
	10	1,4458	-0,9628	0,99	> 1,36
	20	1,0899	0	----	≤ 0,95
	20	1,0663	-1,1906	0,99	> 0,95
20	4	1,0899	0	----	≤ 2,21
	4	1,9517	-0,7043	0,98	> 2,21
	7	1,0899	0	----	≤ 1,75
	7	1,7536	-0,8605	0,99	> 1,75
	10	1,0899	0	----	≤ 1,36
	10	1,3545	-0,8354	0,99	> 1,36
	20	1,0899	0	----	≤ 0,95
	20	1,0499	-1,0168	0,99	> 0,95
25	4	1,0899	0	----	≤ 2,21
	4	1,9517	-0,7043	0,98	> 2,21
	7	1,0899	0	----	≤ 1,75
	7	1,7536	-0,8605	0,99	> 1,75
	10	1,0899	0	----	≤ 1,36
	10	1,3545	-0,8354	0,99	> 1,36
	20	1,0899	0	----	≤ 0,95
	20	0,9906	-0,9113	0,99	> 0,95
30	4	1,0899	0	----	≤ 2,21
	4	1,9517	-0,7043	0,98	> 2,21
	7	1,0899	0	----	≤ 1,75
	7	1,7536	-0,8605	0,99	> 1,75
	10	1,0899	0	----	≤ 1,36
	10	1,3545	-0,8354	0,99	> 1,36
	20	1,0899	0	----	≤ 0,95
	20	0,9906	-0,9113	0,99	> 0,95

Continua

Continuação da Tabela 2.

Lâmina d'água aplicada (mm)	Intervalo entre irrigação(dias)	<i>a</i>	<i>b</i>	R <sup>2</sup>	Condição: ETc (mm.d <sup>-1</sup> )
40	4	1,0899	0	-----	≤ 2,21
	4	1,9517	-0,7043	0,98	> 2,21
	7	1,0899	0	-----	≤ 1,75
	7	1,7536	-0,8605	0,99	> 1,75
	10	1,0899	0	-----	≤ 1,36
	10	1,3545	-0,8354	0,99	> 1,36
	20	1,0899	0	-----	≤ 0,95
	20	0,9906	-0,9113	0,99	> 0,95
50	4	1,0899	0	-----	≤ 2,21
	4	1,9517	-0,7043	0,98	> 2,21
	7	1,0899	0	-----	≤ 1,75
	7	1,7536	-0,8605	0,99	> 1,75
	10	1,0899	0	-----	≤ 1,36
	10	1,3545	-0,8354	0,99	> 1,36
	20	1,0899	0	-----	≤ 0,95
	20	0,9906	-0,9113	0,99	> 0,95
60	4	1,0899	0	-----	≤ 2,21
	4	1,9517	-0,7043	0,98	> 2,21
	7	1,0899	0	-----	≤ 1,75
	7	1,7536	-0,8605	0,99	> 1,75
	10	1,0899	0	-----	≤ 1,36
	10	1,3545	-0,8354	0,99	> 1,36
	20	1,0899	0	-----	≤ 0,95
	20	0,9906	-0,9113	0,99	> 0,95

JONES, J.W., RITCHIE, J.T. Crop growth models. In: HOFFMAN, G.J., HOWEL, T.A., SOLOMON, K.H. (Eds.). **Management of farm irrigation system**. St. Joseph : ASAE, 1990. p. 63-89.

KANEMASU, E.T., STONE, L.R., POWERS, W.L. Evapotranspiration model tested for soybean and sorghum. **Agronomy Journal**, Madson, v. 68, p. 569-572, 1976.

KLOCKE, N.L., MARTIN, D.L., TODD, R.W. et al. Evaporation measurements and predictions from soils under crop canopies. **Transactions of the ASAE**, Michigan, v. 33, n. 5, p. 1590-1596, 1990.

PEREIRA, L.S., ALLEN, R.G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 4, p. 118-43, 1997.

PHILIP, J.R. Evaporation and moisture and heat fields in the soil. **Journal of Meteorology**, Ann Arbor, v. 14, p. 354-336, 1957.

RITCHIE, J.T., JOHNSON, B.S. Soil and plant factors affecting evaporation. In: STEWART, B. A., NIELSEN, D. R. (Eds.). **Irrigation of agricultural crops**, **Agronomy**. Madison : ASA/ CSSA/ SSSA, 1990. p. 363-390. (Monograph, 30).

RITCHIE, J.T. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. **Water Resource Research**, Canberra, v. 8, p. 1204-1213, 1972.

RODRIGUES, L.N., MANTOVANI, E.C. Programa computacional para cálculo da evapotranspiração utilizando o modelo de Ritchie. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 4, n. 49, p. 1-7, 1995.

RODRIGUES, L.N. **Análise e teste do modelo de Ritchie: estudo de caso para a determinação da evapotranspiração do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Viçosa, MG : UFV, 1996. 78 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 1996.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome : FAO, 1991. 45 p.

TANNER, C.R., JURY, W.A. Estimating evaporation and transpiration from a row crop during incomplete cover. **Agronomy Journal**, Madson, v. 68, p. 239-243, 1976.

WRIGHT, T.L. New evapotranspiration crop coefficients. **Journal of the Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 108, n. IR2, p. 57-73, 1982.

