

## DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTURA ( $K_c$ ) DO PIMENTÃO (*CAPSICUM ANUUM*) ATRAVÉS DO BALANÇO HÍDRICO\*

CARLOS ALBERTO DE MAGALHÃES \*\*  
PAULO TEODORO DE CASTRO \*\*\*

A horticultura é dentro da agricultura um segmento de elevada rentabilidade econômica. A primazia dada pelos produtores a esse ramo agrícola, deve-se ao fato dos produtos hortícolas terem bons preços no mercado e um avançado grau de tecnologia na sua exploração.

Dentre as hortícolas mais utilizadas na dieta alimentar da população, destacam-se, pela ordem de expressão econômica, o tomate, a cenoura, o pimentão, a beterraba e etc. O pimentão é hoje cultivado no estado do Ceará, nas regiões serranas de Baturité e Ibiapaba, além do cinturão verde de Fortaleza. Nestas regiões, a cultura é conduzida com base em conhecimentos técnicos-agronômicos no que se relaciona ao uso de sementes selecionadas, adubação, tratamentos fitossanitários e irrigação. No que diz respeito ao uso racional da água de irrigação, ainda não se conhecem informações com bases científicas sobre o melhor aproveitamento destes recursos hídricos.

Como a ausência de chuvas pode ocasionar perdas significantes na produção, procura-se suprir essa deficiência através de uso da irrigação, um dos principais elementos da composição dos custos finais de produção do pimentão.

Uma das exigências para o êxito da técnica de irrigação é o conhecimento da exigência hídrica do cultivo. Essa informação pode ser obtida através de vários métodos que permitem a determinação da evapotranspiração real da cultura ou da sua estimativa a partir da evapotranspiração potencial, por meio de coeficientes apropriados, conhecidos como coeficiente de cultura.

A metodologia do balanço hídrico num volume de controle de solo, na determinação da evapotranspiração real, tem sido apresentada por Rose & Stern (1966), Stayler (1967), Barrada (1971) e Reichardt (1975), dentre outros, onde seus componentes precipitação, irrigação, escoamento superficial, drenagem profunda, variação de armazenamento e evapotranspiração real, estão reunidos em uma equação de balanço de massa.

Os objetivos principais deste trabalho, são analisar os problemas envolvidos na determinação direta da evapotranspiração real da cultura do pimentão, pelo

\* Parte do trabalho de Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da UFC, para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem.

\*\* Engenheiro Agrônomo da Empresa de Pesquisas Agropecuária do Estado do Ceará – EPACE.

\*\*\* Professor Assistente do Centro de Ciências Agrárias da UFC e pesquisador bolsista do CNPq.

método do balanço hídrico e determinar um coeficiente de cultura que permita a estimativa da evapotranspiração real à partir da evapotranspiração potencial corrigida de um tanque "Classe A".

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido em área pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará – EPACE, localizada no Sítio Batalha, município de Guaramiranga-Ce, em parcelas de 12 m<sup>2</sup>, com 4 repetições, durante o ano agrícola de 1981. As coordenadas geográficas locais são: latitude 4°17'S, longitude 39°00.W e altitude de 872 metros. O município apresenta as seguintes características climáticas: temperatura média anual de 20,6°C, precipitação média anual de 1.691 mm e umidade relativa do ar, média anual de 88%.

O solo pertence ao Grupo Podzólico Vermelho-Amarelo A, moderado, textura franco arenosa, sase floresta subperenifolia.

A cultura utilizada no estudo, foi o pimentão, hortaliça da família solanacea, gênero capsicum e espécie *Capsicum anuum*, L., e a variedade Doce Quadrado (KADA), com ciclo médio de 120 dias, com 90% do sistema radicular situado à profundidade de 30 cm.

A cultura foi espaçada de 1,00 metro entre linhas e 0,50 m entre plantas e, na preparação da área, foram realizadas as práticas agrícolas comuns, bem como a semeadura, transplantio para local definitivo, adubação, tutoramento e pulverizações preventivas contra doenças fúngicas conforme recomendações agrônômicas.

### Método do balanço hídrico

A metodologia do balanço hídrico num volume de controle de solo, na profundidade Z, de 0 a L, durante um intervalo de tempo t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub> é descrito em uma equação regida pela da conservação da massa e diz que a soma algébrica dos fluxos durante um intervalo de tempo, é

igual a variação da quantidade de água armazenada no mesmo intervalo de tempo, em um elemento de volume considerado, podendo ser apresentada mediante a equação de balanço:

$$P + I \pm R \pm Q_L - E_{Tr} = \pm \Delta A \dots (1)$$

onde, P = intensidade de precipitação; I = intensidade de irrigação; R = intensidade de escoamento superficial; Q<sub>L</sub> = fluxo de água em Z = L; E<sub>Tr</sub> = intensidade de evapotranspiração real e ΔA = variação do conteúdo de água do solo ou variação de armazenamento.

A precipitação pluviométrica não ocorreu durante o estudo, mas seria detectada na Estação Agrometeorológica da EPACE, a poucos metros do local experimental.

A variação de armazenamento da água do solo, foi determinada em função de perfis consecutivos de umidade do solo θ (cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup>), ao longo dos dias, obtidos indiretamente pela leitura dos tensiômetros. O armazenamento A de água no solo, à profundidade L, foi determinado pela fórmula:

$$A = \int_L \theta dz = \bar{\theta} \cdot L \dots (2)$$

onde, θ = umidade média do perfil de solo (0 a L, cm) e L = profundidade do solo (cm). Para determinação do potencial de umidade do solo, instalou-se 4 baterias, com 2 tensiômetros, situados às profundidades de 15 e 30 cm, respectivamente. O potencial matricial (ψ<sub>m</sub>) foi calculado através da fórmula:

$$\psi_m = -12,6 hz + hc + z \dots (3)$$

onde, hz = leitura do tensiômetro instalado à profundidade z (cm de Hg); hc = altura do nível de mercúrio na cuba, em relação à superfície do solo (cm); z = profundidade de instalação do tensiômetro (cm).

Pelo método gravimétrico, foi confeccionada uma curva característica do solo ou de retenção de água do solo, a partir de amostras indeformadas de uma trincheira próxima a área experimental,

utilizando-se para isso, anéis de alumínio. Observando-se na curva, nota-se que para cada potencial matricial ( $\psi_m$ ), corresponde um valor de umidade volumétrica do solo ( $\theta$ ).

A drenagem profunda ( $Q_L$ ), no limite inferior ( $z = 22,5$ ), do volume de controle de solo considerado para o balanço, foi calculada com base na equação de Darcy:

$$Q_L = -K_L(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial z} \Big|_L \quad (4)$$

onde,  $K_L(\theta)$  = condutividade hidráulica do solo na profundidade  $L$ ;

$(\partial \psi / \partial z)_L$  = gradiente de potencial total de água do solo, na profundidade  $z = L$ . Os valores da condutividade hidráulica a essa profundidade e em mm/dia, para os diferentes valores de umidade volumétrica, foram obtidos pela expressão:

$$K_{22,5} = 10 \exp. 27,2 (3,3447\theta - 1) \quad (5)$$

pesquisada em campo por Aragão Junior *et alii* (1981).

A irrigação do experimento foi realizada com auxílio de regadores, prática comumente empregada na região e controlada pelo tensiômetro instalado à profundidade de 15 cm e quando da indicação de um "stress" de 0,2 atm de potencial matricial.

O escoamento superficial não foi levado em conta no balanço hídrico, devido principalmente a que o terreno tinha pequena declividade.

A evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>), da cultura do pimentão, foi determinada por diferença, na equação do balanço hídrico já que era a única incógnita da expressão.

#### Coefficiente de cultura (K<sub>c</sub>)

Segundo Doorenbos & Pruitt (1977), o coeficiente de cultura é definido a partir da relação, conforme se observa na expressão seguinte:

$$K_c = \frac{E_{tr}}{E_{CA} \cdot K_p} = \frac{E_{tr}}{E_{Tp}} \quad (6)$$

onde, ET<sub>r</sub> = evapotranspiração real; ECA = evaporação do tanque "Classe A"; K<sub>p</sub> = coeficiente de tanque, obtido segundo recomendações da FAO (1975) e ET<sub>p</sub> = evapotranspiração potencial, estimada a partir da evaporação do tanque "Classe A".

O balanço hídrico para a cultura do pimentão, foi efetuado durante os últimos sessenta dias do ciclo, que correspondeu aos 3.<sup>o</sup> e 4.<sup>o</sup> estágios de desenvolvimento, tendo em vista a impossibilidade de se obter informações no 1.<sup>o</sup> e 2.<sup>o</sup> estágios, onde o cultivo se desenvolvia em copos de papel como substrato do solo do local definitivo, prática cultural bastante utilizada na região. Desta maneira, para cada estágio, calculou-se um coeficiente de cultura da hortaliça, procedendo para isso, uma relação entre as curvas dos valores acumulados de ET<sub>r</sub> e ET<sub>p</sub>, obtidos por análise de regressão linear.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

*Balanço hídrico* — os últimos sessenta dias do ciclo da cultura, correspondentes ao 3.<sup>o</sup> e 4.<sup>o</sup> estágios de desenvolvimento, foram utilizados para o balanço, que divididos em 15 períodos menores de 4 dias, minimizariam os erros decorrentes do intervalo de tempo considerado, segundo recomendações de Jensen (1967). Na tabela I, apresenta-se os componentes do balanço hídrico, para os 15 períodos citados, determinados de acordo com metodologia descrita em Material e Métodos. Observa-se os valores de evapotranspiração real obtidos em função do balanço, percentuais de drenagem profunda, irrigação do cultivo, armazenamento e variação de armazenamento. Vê-se ainda, pela tabela, que a percolação profunda não pode ser negligenciada, pois representou perda média nos intervalos, da ordem de 12%, assumindo um valor máximo no 1.<sup>o</sup> intervalo, de 43%, caindo a 0,15%, no 5.<sup>o</sup> intervalo. Esses resultados são confirmados por Vachaud *et alii* (1973) e mostram

TABELA 1

Valores dos componentes do balanço hídrico e percentuais de perdas por drenagem profunda durante o período em estudo, para a cultura do pimentão (*Capsicum annuum*, L.).

PERÍODO	DIAS	$\Delta A$ (mm)	I (mm)	ETr (mm)	QL (mm)	QL (%)
01	15/10 a 18/10/81	34,68	20	18,52	-14,50	43,00
02	19/10 a 22/10	29,38	20	19,00	- 6,30	25,00
03	23/10 a 26/10	32,18	20	16,00	- 1,20	7,50
04	27/10 a 30/10	27,68	20	23,05	- 1,50	6,50
05	31/10 a 03/11	29,36	20	18,02	- 0,30	0,15
06	04/11 a 07/11	31,56	20	16,50	- 1,30	7,30
07	08/11 a 11/11	36,76	20	13,63	- 1,17	7,80
08	12/11 a 15/11	40,66	20	15,36	- 0,74	0,45
09	16/11 a 19/11	34,76	20	16,10	- 9,80	30,00
10	20/11 a 23/11	38,66	20	15,00	- 1,10	0,61
11	24/11 a 27/11	43,56	20	13,65	- 1,45	9,06
12	28/11 a 01/12	50,26	20	12,66	- 0,69	0,48
13	02/12 a 05/12	59,96	20	12,32	- 0,98	0,72
14	06/12 a 09/12	59,56	20	13,00	- 4,40	25,00
15	10/12 a 13/12/81	60,96	20	15,50	- 3,10	16,00

que a drenagem profunda deve sempre ser contabilizada no balanço de água de cultivos, mormente em solos de região de clima tropical.

Na figura 1, aparecem todos os componentes do balanço, durante os sessenta dias estudados e verifica-se que os valores de evapotranspiração real (ETr) e evapotranspiração potencial (ETp), obedecem uma mesma tendência de variação ao longo dos períodos. Assim sendo, procedeu-se uma análise de regressão linear, partindo-se de seus valores acumulados, os quais encontram-se na tabela II, juntamente com as respectivas equações de regressão.

Os elevados valores de correlação (r) resultantes, indicam a possibilidade de obtenção da evapotranspiração real, a partir da evapotranspiração potencial, corrigida pelo tanque "Classe A".

*Coefficiente de cultura (Kc)* — tendo em vista a frequência constante de irrigação, devido ao período seco, por falta de chuvas, e à precisão do método aplicado na determinação da ETr, com intervalos menores, de 4 dias, obteve-se os valores de coeficiente de cultura, para os dois últimos estágios de desenvolvimento do pimentão.

Na tabela II, onde figuram Kc, ETr e ETp, elaborou-se os gráficos da figura II, comparando-se os valores encontrados para o 3.º e 4.º estágios de desenvolvimento, bem como o valor médio para todo o ciclo do cultivo, com os valores determinados por Pruitt *et alii* (1972), em situação semelhante. Segundo esse autor, durante o 3.º estágio, obtêm-se valores mais elevados, caindo para valores mais baixos próximo da colheita, o que caracteriza o 4.º estágio de desenvolvimento do pimentão. Este comportamento do Kc, foi corroborado por esse trabalho, conforme é visto na figura referida acima.

A variação do Kc com o tempo, apresentou-se de maneira irregular, daí ter-se determinado então um coeficiente médio, para o período considerado para o balanço, de 0,83. De acordo com as afir-

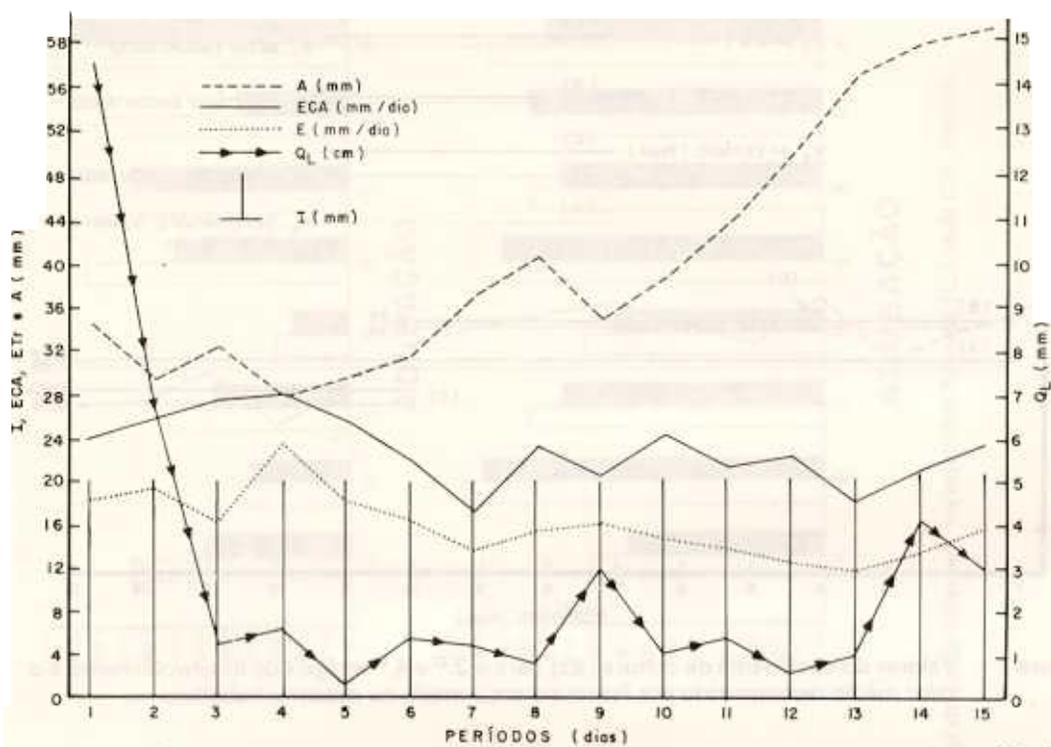


Figura 1 — Variação dos componentes do balanço hídrico durante sessenta dias para a cultura do pimentão.

TABELA II

Valores acumulados de evapotranspiração real (ETr) e evapotranspiração potencial (ETp), utilizados na análise de regressão linear e coeficiente de cultura (Kc) do pimentão, durante o período considerado para o balanço hídrico.

Tempo t (dias)	ETr (mm)	ETp (mm)	Kc
			0,96
			0,93
			0,87
			1,03
			0,90
			0,95
			1,00
			0,96
			0,94
			0,90
			0,80
			0,72
			0,85
			0,78
			0,76

$$ETr = 11,881 + 3,872 t$$

$$r = 0,997$$

$$ETp = 8,586 + 4,297 t$$

$$r = 0,999$$

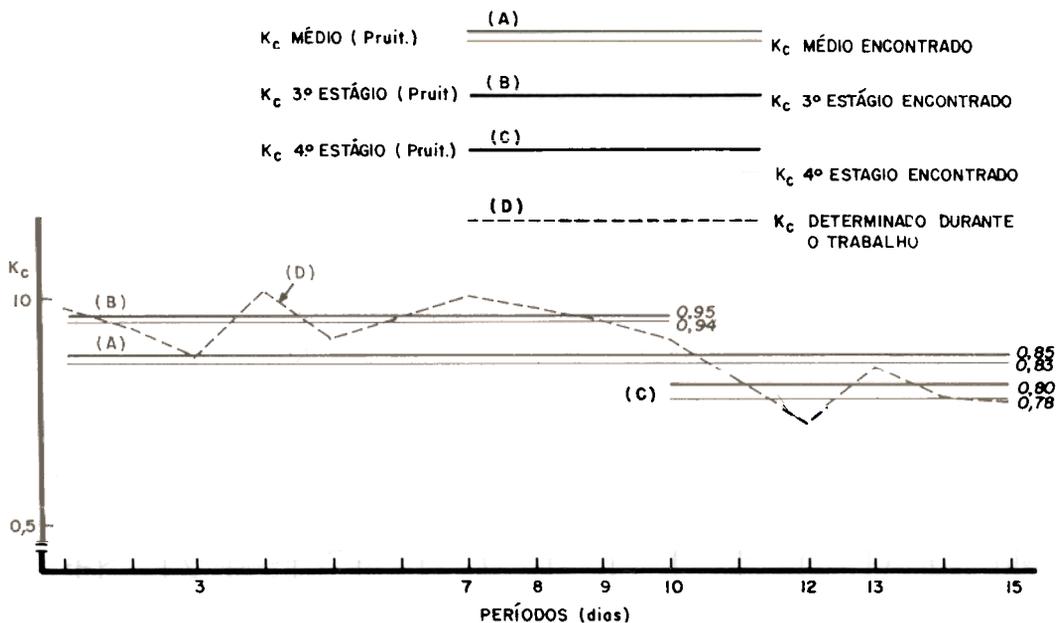


Figura 2 — Valores do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para o 3.º e 4.º estágios de desenvolvimento e o valor médio recomendado por Pruitt e o encontrado no presente trabalho.

mações de Pruitt *et alii* (1972), o valor médio de  $K_c$  para hortaliças no 3.º e 4.º estágios, é de 0,85, diferindo muito pouco do  $K_c$  médio encontrado pelo balanço hídrico.

Vale salientar que os coeficientes de cultura para o pimentão, encontrados pela metodologia do balanço hídrico, em um volume de controle de solo, tiveram seus valores sempre abaixo do recomendado pela literatura. Mesmo assim a variação é aceitável, podendo-se utilizar referidos valores, para planejamento de irrigação da região trabalhada.

## CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos em função da metodologia empregada e pela análise e discussão apresentada, pode-se concluir que:

— a evapotranspiração real média da cultura do pimentão, nos últimos sessenta dias de desenvolvimento, equivalentes aos 3.º e 4.º estágios, foi de 4,00 mm/dia;

— a equação que descreve a evapotranspiração real acumulada do pimentão é  $E_{Tr} = 11,881 + 3,872 t$ , e pode ser utilizada na estimativa deste parâmetro, quando se trabalha com períodos iguais ou maiores que 4 dias;

— os coeficientes de cultura  $K_c$ , para os 3.º e 4.º estágios encontrados no estudo, foram respectivamente 0,94 e 0,78;

— o coeficiente de cultura  $K_c$  médio do período pesquisado, foi de 0,83, valor este que poderá ser utilizado como parâmetro estimativo da evapotranspiração real do pimentão, em função da evaporação média diária do tanque "Classe A".

## SUMMARY

This paper purposes the study of the major problems involved in the estimation of the crop evapotranspiration in pepper (*Capsicum annuum*, L) grown in Guaramiranga, State of Ceará, by using the mass conservation law in a control volume of soil. The values of crop evapo-

transpiration were correlated with data obtained from a Class A pan, with the objective of determining a coefficient that could make the estimation of the crop evapotranspiration, using the evaporation pan only. This coefficient, called crop coefficient ( $K_c$ ), was obtained during the stages of mid-season and late season which represent the last sixty days of the crop growing season. The mean value obtained during the two stages was 0,83 and it can be taken as a basic value for irrigation purposes of the pepper crop in the region where research had taken place.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO JUNIOR, T. C. *et alii*. *Determinação da Condutividade hidráulica em podzólico-vermelho-amarelo em condições de campo*. Fortaleza, 1981 6p. (mimeografado).
- BARRADA, Y. Water balance studies. In: *Water Use*

- Seminar*. Roma, FAO, 1971. p. 90-6 (Irrigation and Drainage Paper, 13).
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. *Crop water requirements*. Revised, Roma, FAO, 1977, 144p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).
- F.A.O. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – 1975 Crop water requirements. Roma, 1979p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).
- JENSEN, M. E. Evaluating irrigation efficiency. *J. of the Irrig. and Drain*, 96: 25-38, 1970.
- PRUITT, W.O. Water use by crop as affected by climate and plant factors. *California Agricultura*, 26 (10): 10-14, 1972.
- REICHARDT, K. *Processos de Transferência no Sistema Solo Planta Atmosfera*. Piracicaba, Fundação Cargill, 1975. 286p.
- ROSE, C. W. & STERN, W.R. Determination of withdrawal of water from soil by crop roots as function of depth and time. *Aus. J. Soil. Res.*, 5: 11-19, 1966.
- STAYLER, R. O. *Plant Water Relationships*. New York, Academic Press, 1967, 366 p.
- VACHAUD, G. *et alii*. Controle automatique "in situ" des transferte d'eau das la zone non saturée. In: I.A.E.A. *Isotope and radiation techniques in soil physics and irrigation studies*. Vienna, 1973. P. 1-5.