

**MEDIDAS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO (ET<sub>c</sub>) E COEFICIENTE DE CULTURA (K<sub>c</sub>) DO CRAVO-DE-DEFUNTO DENTRO E FORA DE AMBIENTE PROTEGIDO.****Millena Ariana Boueri; Raúl Andres Martinez; Dalva Martinelli Cury Lunardi***Departamento de Ciências Ambientais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, millena@fca.unesp.br***1 RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo de água do cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.), dentro e fora de ambiente protegido, com uso de lisímetros de lençol freático constante, para determinação da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) e dos coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) em todos os seus estádios de desenvolvimento. O experimento foi realizado na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, no período de 21/05/02 a 09/08/02. A área experimental foi constituída de duas áreas de 280m<sup>2</sup>, sendo uma na condição de campo e a outra em ambiente protegido tipo arco, com cobertura de polietileno de baixa densidade (PEBD), difusor de luz, com 150µm de espessura, tendo nas laterais sombrite com 50% de redução da radiação solar. Os resultados mostraram que a ET<sub>c</sub> total, para um ciclo de 81 dias, foi de 115 e 119mm, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, com médias de 1,4 e 1,5mm d<sup>-1</sup>. Foram observados valores médios de K<sub>c</sub> de 0,48 e 0,71 na fase inicial, 0,87 e 0,93 no desenvolvimento vegetativo, com máximos de 1,15 e 0,85 na floração, e 0,94 e 0,70 no final do ciclo, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente.

**UNITERMOS:** lisímetro; *Tagetes* sp.**BOUERI, M. A.; MARTINEZ, R. A.; CURY LUNARDI, D. M. CROP EVAPOTRANSPIRATION (ET<sub>c</sub>) AND CROP COEFFICIENT (K<sub>c</sub>) MEASUREMENTS OF TAGETES, INSIDE AND OUTSIDE GREENHOUSE****2 ABSTRACT**

The objective of this work was to measure the water consumption of the *Tagetes* sp. crop, inside and outside of greenhouse, through water table lysimeters, for determination of the crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) and crop coefficients (K<sub>c</sub>) in all its development stages. The experiment was carried in the experimental area of the Department of Natural Resources - Section Environmental Sciences of the Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, SP, 21/05/02 to 09/08/02. The experimental area was constituted of two areas of 280m<sup>2</sup>, being one in the field condition and the other in arch type greenhouse, with polyethylene low density (PEBD) covering, light difusor, with 150µm of thickness, and polypropylene screen with 50% of solar radiation reduction in the lateral. The results showed that the total ET<sub>c</sub>, for a cycle of 81 days, was of 115 and 119mm, in the conditions of greenhouse and field, respectively, with averages of 1.4 and 1.5mm d<sup>-1</sup>. The crop coefficient varied in agreement with the stages of development of the culture, medium values of 0.48 and 0.71 having been observed in the initial phase, 0.87 and 0.93 in the vegetative development, with maxima of 1.15 and 0.85 in the blossom, and 0.94 and 0.70 in the end of the cycle, in the conditions of greenhouse and field, respectively.

**KEYWORDS:** lysimeter; *Tagetes* sp.

### 3 INTRODUÇÃO

O cultivo de hortaliças e plantas ornamentais em ambientes protegidos tem sido cada vez mais empregado no Brasil, pois as plantas não sofrem os efeitos do excesso de chuvas, granizos, de ventos fortes, geadas, e da variação sazonal das condições climáticas.

Esta técnica permite que se realizem plantios em diversas épocas do ano e em períodos de entressafra, possibilitando aos agricultores um maior aproveitamento do solo e otimização das práticas de manejo e principalmente a possibilidade de se obter melhor preço de mercado, contando com um produto de boa qualidade.

Conforme citado por Goto e Tivelli (1998), num levantamento realizado no Estado de São Paulo pela Associação dos Engenheiros Agrônomos, no período de janeiro a abril de 1995, foram encontrados 897ha com algum tipo de cultivo em ambiente protegido, sendo que desse total, 58,9% eram com hortaliças, 38,7% com flores e 2,4% com outras culturas.

Visando o manejo correto deste meio, vários pesquisadores tem se dedicado a estudar a variação do microclima em seu interior, assim como o comportamento de diversas culturas submetidas a esse sistema de cultivo. O sucesso em se dominar este ambiente só pode ser alcançado se houver um manejo correto do ponto de vista fitossanitário, tendo em vista que em ambiente protegido, é necessário a utilização freqüente de produtos químicos.

De acordo com Huang (1984), a rotação de cultura vem sendo um método efetivo para controlar insetos e nematóides, como por exemplo o uso de cravo-de-defunto (*Tagetes* sp.). Segundo Kämpf (2000), sua permanência no campo por quatro meses e meio é suficiente para eliminar os nematóides do solo.

O cravo-de-defunto caracteriza-se por ser uma planta de fácil cultivo, bastante decorativa, de ciclo relativamente longo (CLARCK; WILLIAMSON, 1979), com variação de tamanho, cor e espécie, muito empregada para forrações de jardins, maciços, floreiras e também para o corte.

Além de sua importância como planta ornamental, seu efeito fungicida tem despertado interesse, sendo estudado extensivamente seus componentes químicos inibidores no desenvolvimento de fungos como o *Sclerotium cepivorum* que ocorre na cultura da cebola, *Colletotrichum gloeosporioides* na mangueira e *Alternaria solani* na cultura da batata (TYGADLO et al., 1993).

Por ser uma cultura com características importantes para a área agrícola (TYGADLO et al., 1993; HUANG, 1984; KÄMPF, 2000), medicinais e farmacêuticas, e industrial (VASILENKO et al., 1990), torna-se imprescindível o conhecimento de diferentes sistemas de cultivo na sua produção e determinação do seu consumo de água, permitindo assim, generalizar os resultados obtidos para outras regiões.

Dada a ausência de dados relativos a esta cultura, este trabalho teve como objetivo medir, por meio de lisímetros de lençol freático constante, a evapotranspiração da cultura (ETc) e os coeficientes de cultura (Kc) em todos os seus estádios de desenvolvimento, dentro e fora de ambiente protegido.

### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu-SP, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 22°51'S; longitude de 48°26'W e altitude 786m na cidade de Botucatu, Estado de São Paulo.

O clima para o município de Botucatu, segundo critérios adotados por Köeppen, é do tipo Cwa, caracterizado como clima temperado quente com chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C, temperatura média anual próxima de 20,5°C e a precipitação média anual de 1479mm (CUNHA et al., 1999).

O experimento foi conduzido em duas áreas de 280m<sup>2</sup>, orientadas no sentido NNW-SSE, sendo a primeira no campo e a segunda constituída por um ambiente protegido tipo arco,

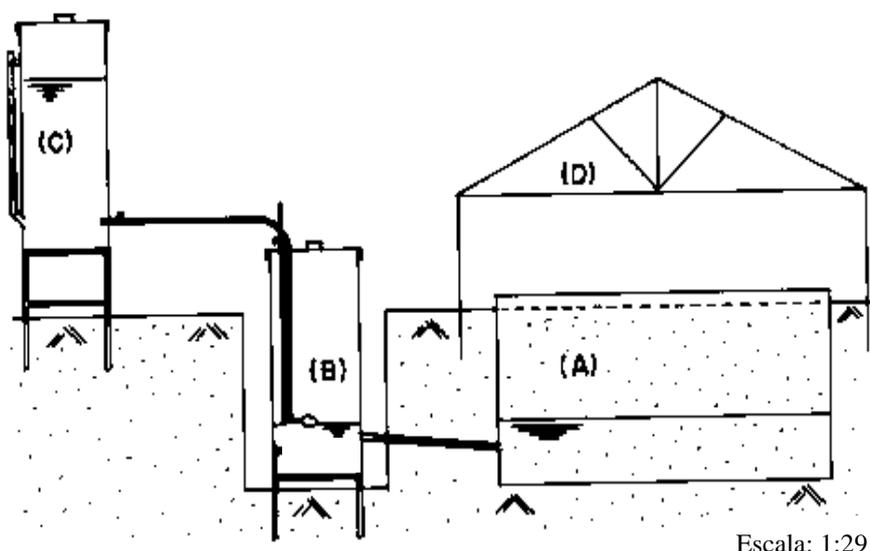
com 7,0m de largura, 40,0m de comprimento, 4,0m de altura máxima e 2,2m de pé direito. Utilizou-se a cobertura de polietileno de baixa densidade (PEBD), difusor de luz, com 150 $\mu$ m de espessura, tendo nas laterais sombrite com 50% de redução da radiação solar.

Os canteiros de plantio tinham 36,0m de comprimento e 1,0m de largura, com espaçamento de 1,0m entre canteiros. Cada canteiro possuía 3 linhas de cultura, espaçadas de 0,30m entre fileiras e 0,20m entre plantas, totalizando 1350 plantas na área experimental.

A cultura utilizada foi o cravo-de-defunto (*Tagetes patula* L.), com 15 a 20cm de altura, de flores simples e dobradas, em tonalidades de amarelo, laranja, vermelho, marrom-claro ou em combinações dessas cores. É cultivada como planta ornamental e para o controle natural de pragas e doenças.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi medida com 5 lisímetros de lençol freático constante, instalados no centro de uma área de 6700m<sup>2</sup>, ao lado da área experimental, plantados com grama.

A evapotranspiração da cultura foi obtida com 2 lisímetros de lençol freático constante, em cada ambiente. Cada lisímetro era composto por uma caixa de cimento amianto, um tanque intermediário e um tanque medidor, conforme Figura 1, cujas características são descritas a seguir.



**Figura 1.** Representação esquemática de um lisímetro de lençol freático constante.

As caixas de cimento amianto (A), tinham 1,30m de comprimento, 1,10m de largura e 0,70m de altura, tendo acoplados na parte inferior central um tubo de PVC com 1 polegada de diâmetro para interligação ao tanque intermediário.

No fundo dessas caixas foram colocadas camadas de 50cm de brita, seguidas de areia grossa, sendo o restante completado com o solo retirado do local, seguindo à ordem natural dos horizontes. O lençol freático foi mantido a 0,30m da superfície do solo.

Os tanques intermediários (B), construídos em chapas de ferro galvanizado com 0,30m de diâmetro e 0,80m de altura, tinham na parte superior uma tampa removível. Por esta tampa, dois orifícios permitiam a passagem de uma mangueira plástica transparente de 1/2 polegada que conduzia água do tanque medidor ao tanque intermediário, e uma haste de cobre com uma bóia fixa na extremidade inferior. A altura da haste podia ser variada, modificando assim, a altura do lençol freático nos lisímetros.

O tanque medidor (C), construído em chapa de ferro galvanizado com 0,30m de diâmetro e 0,80m de altura. Apresentava saídas para o tanque intermediário e tomada para bureta graduada em mm, através da qual eram feitas as leituras.

Com a finalidade de evitar a entrada de água nas caixas, em caso de precipitação ou irrigação, foi utilizada para a área externa, uma armação de madeira, coberta com plástico transparente (D).

Conforme a água no solo do reservatório evapotranspirométrico era retirada, pelas plantas (transpiração) e por evaporação do solo, ocorria uma compensação simultânea do nível freático nos tanques intermediário e medidor, acompanhando-se diariamente, às 8 horas da manhã, o consumo de água, através da leitura na bureta do tanque medidor. Este valor era subtraído da leitura do dia anterior e convertido em milímetros de evapotranspiração através de um fator de calibração (FC), obtido da relação entre a área do tanque medidor e da superfície evapotranspirante.

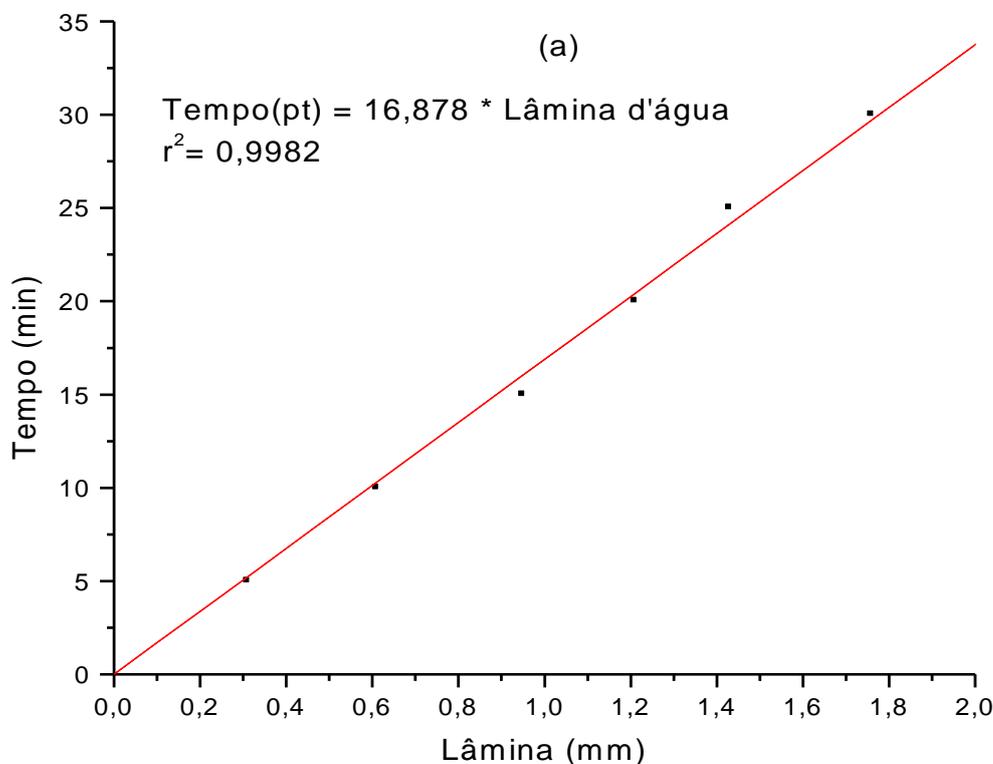
O preparo do solo foi feito com enxada rotativa e enxadão, 7 dias antes do transplante das mudas. De acordo com os resultados da análise química do solo realizado no Departamento de Recursos Naturais – Setor de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP/Botucatu, nenhuma prática de adubação inicial foi recomendada.

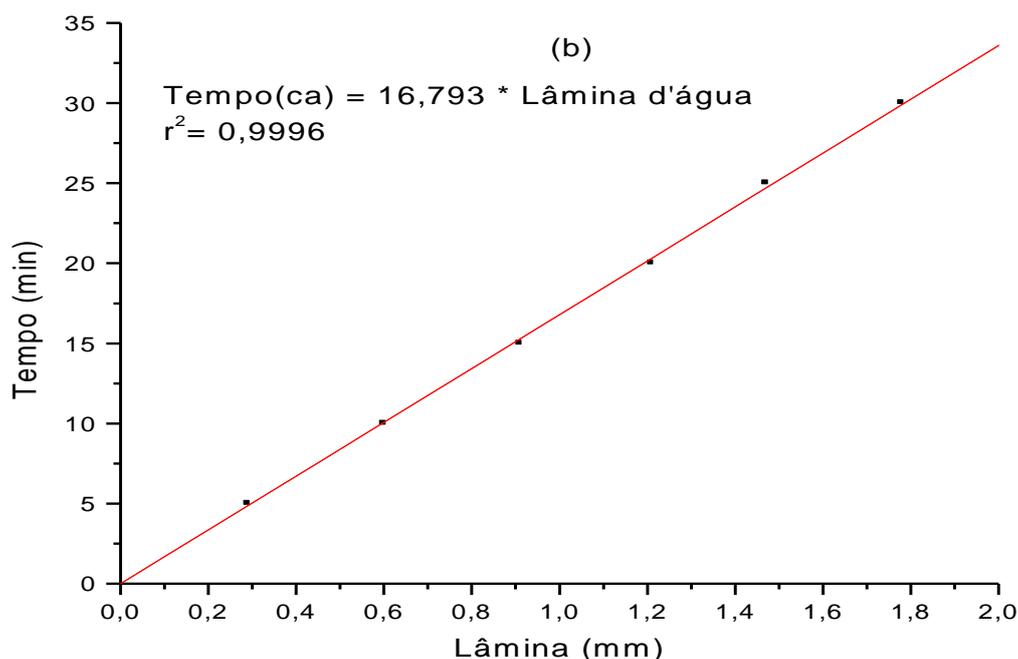
O preparo das mudas foi efetuado no viveiro de mudas florestais, no dia 16/04/02 utilizando-se bandejas de polietileno expandido (isopor) de 128 células, semeando uma semente por célula, em substrato MULTIPLANT. As bandejas permaneceram dentro de ambiente protegido recebendo irrigação e a aplicação de nitrato de cálcio e cal de pintura, como fertirrigação, 2 vezes ao dia até a data do transplante.

Foram transplantadas uma muda por cova, no dia 20/05/02, selecionando-se as mais vigorosas.

Para o controle de plantas daninhas, foram feitas capinas manuais.

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com tubos gotejadores distribuídos ao longo das linhas de plantio, com espaçamento de 0,30m entre eles. Um filtro de disco foi utilizado para evitar o entupimento dos gotejadores e conseqüentemente, a desuniformidade da lâmina de água a ser aplicada.





**Figura 2.** Lâmina de água a ser aplicada em função do tempo, nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b).

O controle da irrigação foi efetuado, baseando-se nos valores da evapotranspiração, obtidos através das médias das leituras diárias, feitas nos lisímetros.

O tempo (min) para aplicar a lâmina d'água (mm) desejada, em ambiente protegido, pode ser descrito pela equação (1), e para a condição de campo, pela equação (2), obtidas por um modelo de regressão linear entre vazão e tempo para os gotejadores, cujas correlações são mostradas na Figura 2, sendo a lâmina d'água dada pela leitura dos lisímetros em mm.

$$\text{Tempo} = 16,878 * \text{Lâmina d'água} \quad (\text{eq. 1})$$

$$\text{Tempo} = 16,793 * \text{Lâmina d'água} \quad (\text{eq. 2})$$

A necessidade diária de água das plantas da área fora dos lisímetros, nos dois ambientes, foi determinada através das leituras lisimétricas.

O coeficiente de cultura foi obtido a partir da seguinte relação:

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (\text{eq. 3})$$

onde ETc é a evapotranspiração da cultura do *Tagetes* sp., medida com os lisímetros e ETo é a evapotranspiração de referência medida com os lisímetros plantados com grama.

A área foliar, em centímetros quadrados, foi obtida com o auxílio de um Medidor de Superfície Laminar, modelo MSL – 80, pertencente ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP/Botucatu.

Para determinar o índice de área foliar (IAF), foram utilizadas as medidas de área foliar total de 4 plantas da área de bordadura com maior semelhança com as plantas dos lisímetros (AF em m<sup>2</sup>) e respectiva área de solo disponível para a planta (m<sup>2</sup>), calculando com a equação 4.

A área disponível para cada planta era de 0,06m<sup>2</sup>, proveniente de 0,3m de distância entre fileiras e 0,2m entre plantas.

$$IAF = \frac{AF}{0,06} \quad (\text{eq. 4})$$

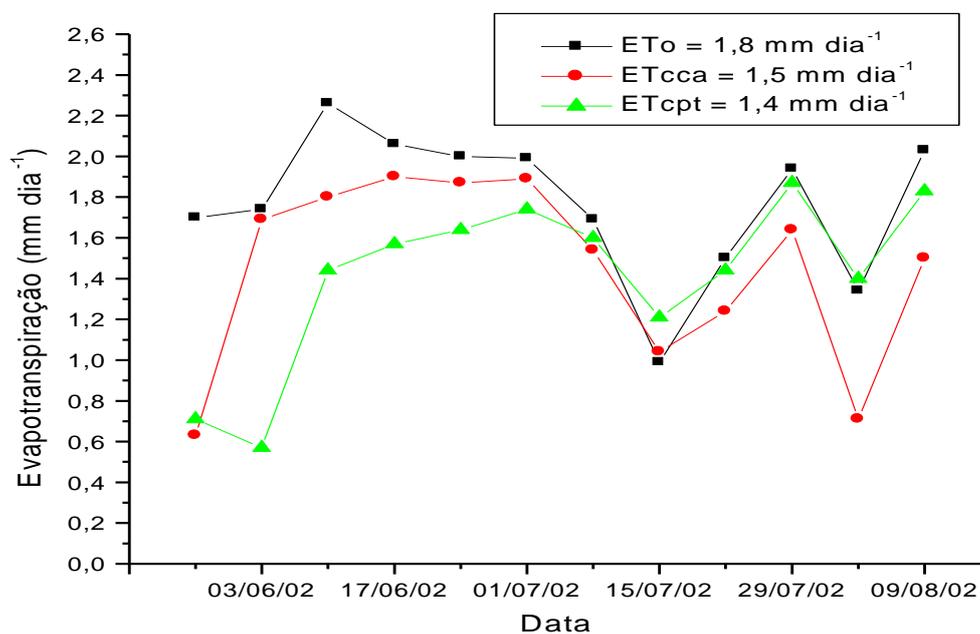
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Tabela 1, a cultura do *Tagetes* sp. apresentou durante o ciclo, praticamente o mesmo consumo de água, de 115 e 119mm, com médias de 1,4 e 1,5mm d<sup>-1</sup>, para as condições de ambiente protegido e campo, respectivamente. A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) medida na estação evapotranspirométrica apresentou um valor total de 143mm, com uma média de 1,8mm d<sup>-1</sup>. Apesar dos valores de ET<sub>c</sub> serem muito próximos tanto na condição de ambiente protegido como no campo, na cultura estudada, a utilização do ambiente protegido se vê justificada pelo maior número de flores e melhor qualidade. Na 7ª semana, o ambiente protegido teve uma produção 29% maior que na condição de campo, apresentando 42,125 botões florais dentro do ambiente protegido e 29,625 para condição de campo, em média por planta.

**Tabela 1.** Valores totais e médios da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) do *Tagetes* sp., durante o ciclo, nas condições de ambiente protegido e campo.

Cultivo	Evapotranspiração (mm d <sup>-1</sup> )	
	Total	Médio
Protegido	115,0	1,4
Campo	119,0	1,5

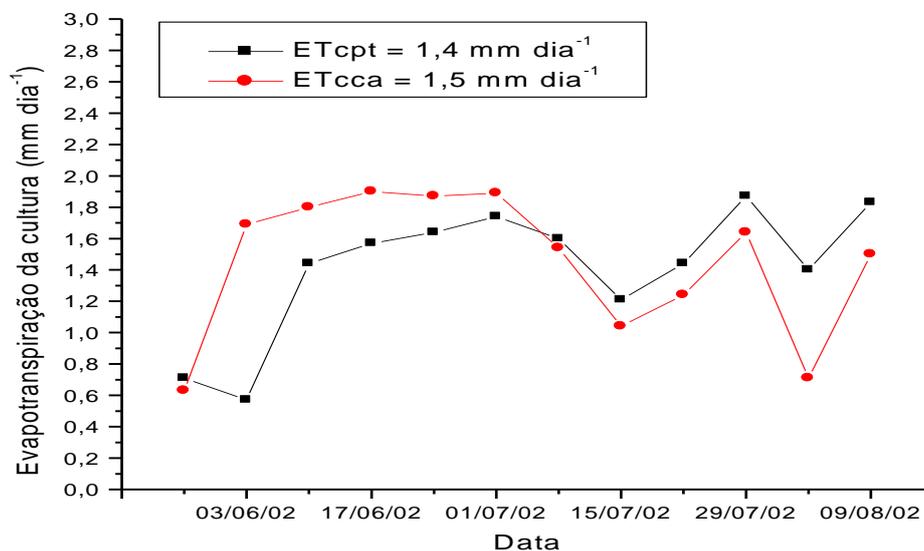
A Figura 3 mostra que os dados da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), em ambiente protegido e campo, acompanharam a curva da evapotranspiração de referência medida (ET<sub>o</sub>). Isto ocorreu devido à proximidade dos locais onde foram efetuadas as medidas, pois estiveram submetidos às mesmas condições climáticas.



**Figura 3.** Curvas da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e evapotranspiração da cultura em ambiente protegido (ET<sub>cça</sub>) e campo (ET<sub>cpt</sub>).

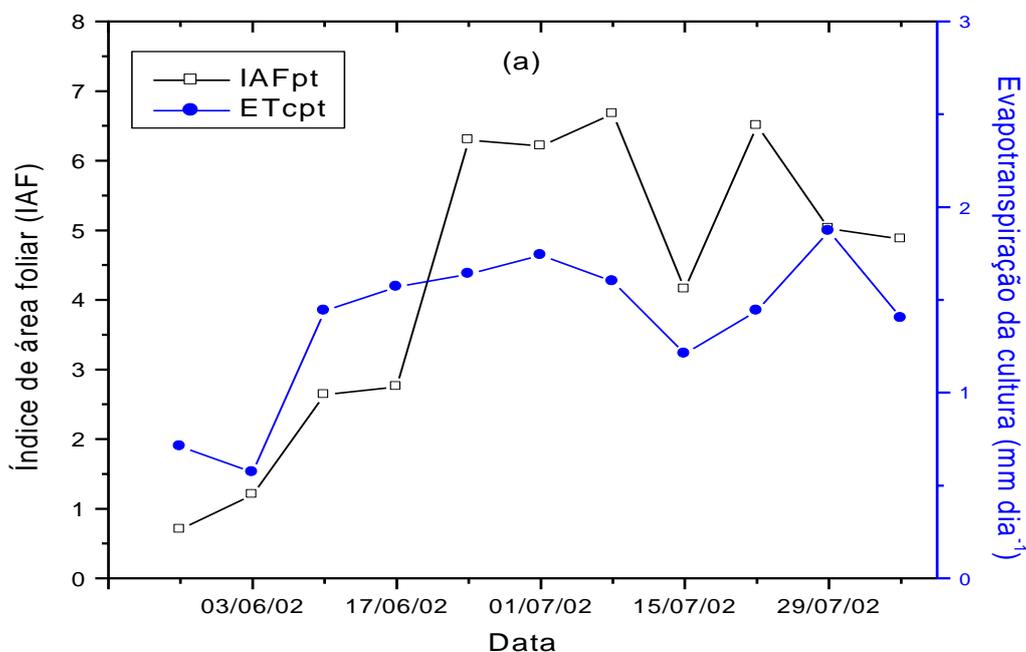
Quinze dias após o transplante houve um aumento da ET<sub>c</sub> em função do aumento da área foliar e da atividade fisiológica da planta, fato também observado por Bastos (1994), na cultura da alface e por Klosowski (2001) na cultura de pimentão. A evapotranspiração da cultura no ambiente protegido foi menor que na condição de campo até o meio do ciclo, havendo posteriormente uma inversão. No início do ciclo, a evapotranspiração ocorreu principalmente em função das condições climáticas, fazendo com que houvesse uma menor

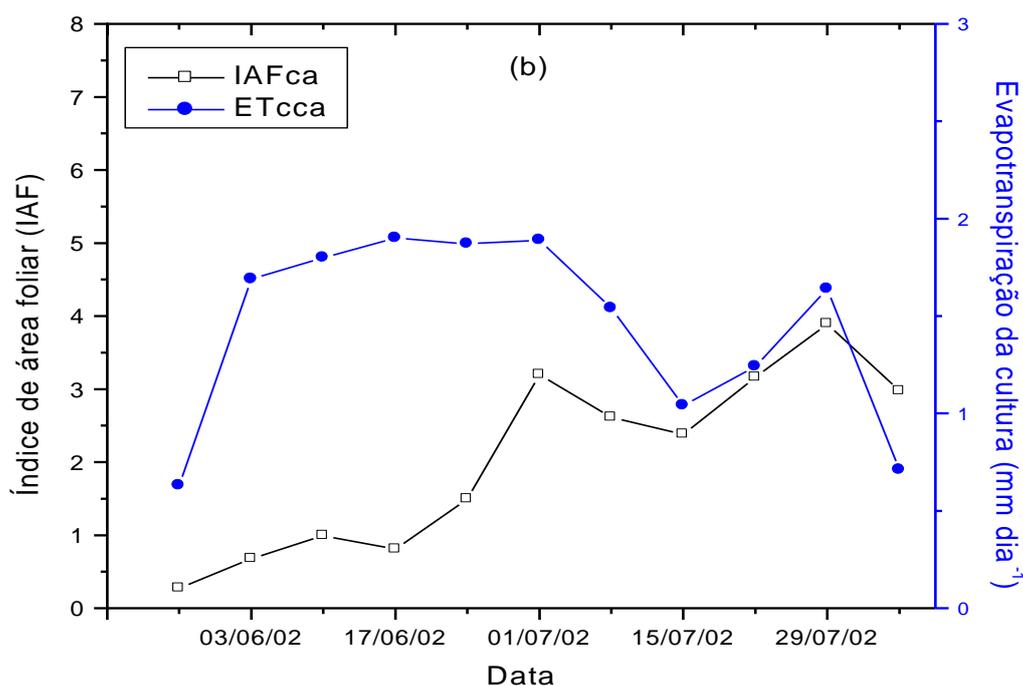
transpiração das plantas e evaporação do solo na condição de ambiente protegido devido à atenuação das condições climáticas pela cobertura plástica. Já do meio do ciclo em diante, a evapotranspiração ocorreu mais em função da área foliar, que foi maior dentro do ambiente protegido (Figura 4 e 5 (a) e (b)).



**Figura 4.** Curvas médias semanais da evapotranspiração da cultura em ambiente protegido (ETcpt) e campo (ETcca).

A variação do índice de área foliar e da evapotranspiração da cultura estão representados na Figura 5. Observa-se que o consumo hídrico da cultura aumenta com o aumento do índice de área foliar.





**Figura 5.** Variação da evapotranspiração da cultura (ETc) e do índice de área foliar (IAF), nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b).

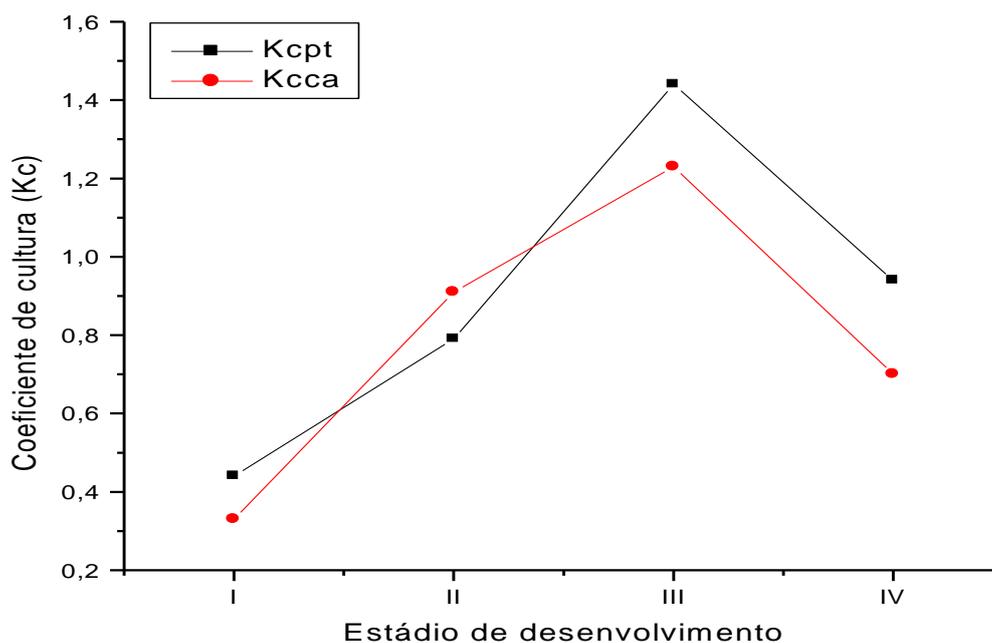
Ao longo do ciclo da cultura, 4 estádios puderam ser definidos de acordo com o seu desenvolvimento (área foliar): Estádio I: inicial (1ª a 3ª semana após o transplante); Estádio II: desenvolvimento vegetativo (4ª a 7ª semana); Estádio III: floração (8ª a 11ª semana); Estádio IV: senescência (12ª semana).

Os valores médios do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) representado pela relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo), são apresentados na Tabela 2 e Figura 6.

**Tabela 2.** Valores médios do coeficiente de cultura ( $K_c$ ), por estágio de desenvolvimento, nas condições de ambiente protegido e campo.

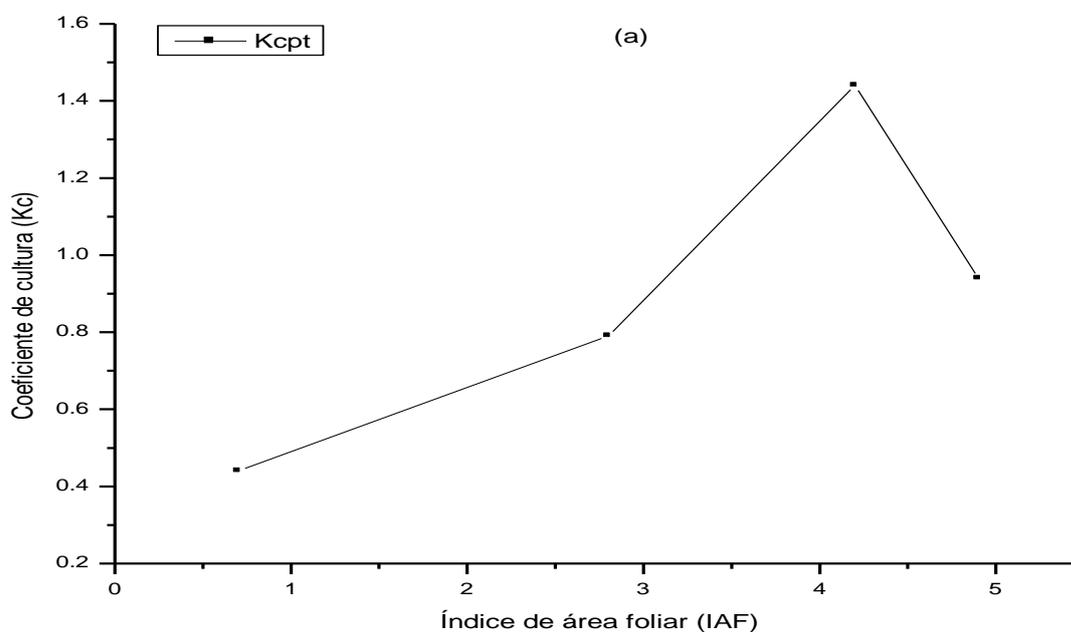
Estádio de Desenvolvimento	Coeficiente de cultura ( $K_c$ )	
	Ambiente protegido	Campo
I – Inicial	0,48	0,71
II – Desenvolvimento vegetativo	0,87	0,93
III – Floração	1,15	0,85
IV – Senescência	0,94	0,70

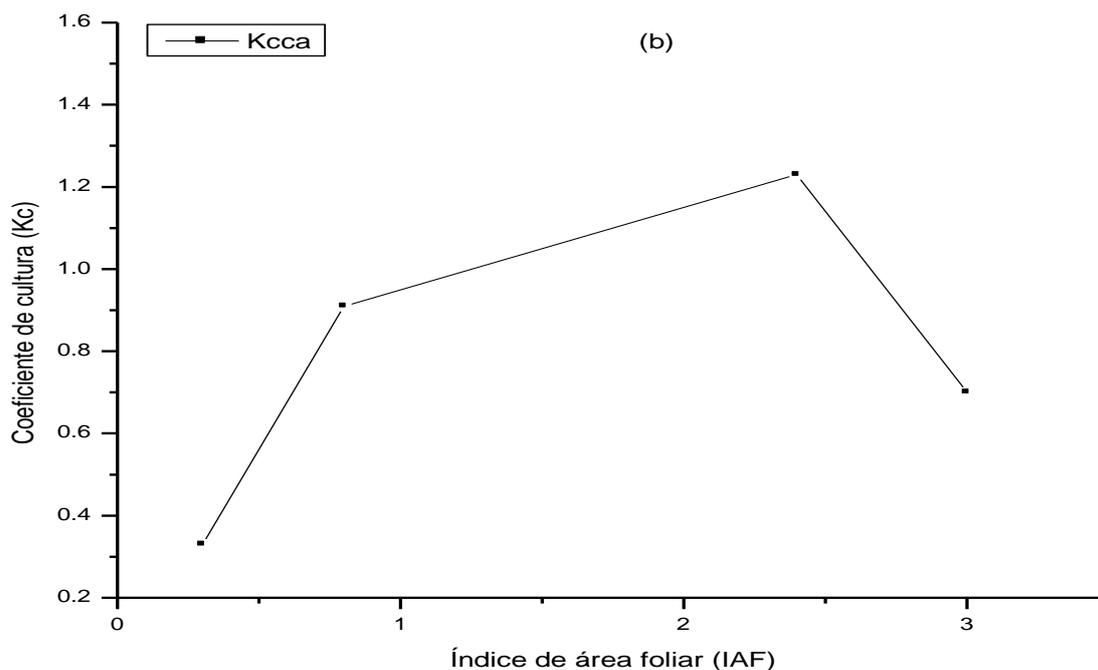
Os valores do  $K_c$  nas condições de ambiente protegido e campo foram, respectivamente, de 0,44 e 0,33 na 1ª semana após o transplante, 0,79 e 0,91 na 4ª semana, com máximos de 1,44 e 1,23 na 8ª semana, decrescendo no final do ciclo (12ª semana) com 0,94 e 0,70. Esses valores foram influenciados principalmente pelas características da cultura, data de plantio, desenvolvimento da cultura, duração do período vegetativo, condições climáticas, especialmente, durante a primeira fase de crescimento (DOORENBOS; PRUITT, 1997).



**Figura 6.** Valores do coeficiente de cultura, por estágio de desenvolvimento, nas condições de ambiente protegido (Kcpt) e campo (Kcca).

Foram obtidos graficamente os valores médios do coeficiente de cultura (Kc), em função do índice de área foliar (IAF) nas condições de ambiente protegido e campo como mostra a Figura 7. A obtenção do Kc mediante o IAF, é uma ferramenta prática importante no planejamento da irrigação devido à facilidade de obtenção dos dados.





**Figura 7.** Valores do coeficiente de cultura (Kc) em função do índice de área foliar (IAF), nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b).

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se estabelecer as seguintes conclusões:

Para um ciclo de 81 dias, durante o período de outono-inverno, o consumo total de água pela cultura do *Tagetes* sp. foi de 115 e 119mm, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, com média de 1,4 e 1,5mm d<sup>-1</sup>.

O coeficiente de cultura (Kc) variou ao longo dos estádios de desenvolvimento da cultura, sendo observados valores médios, nas condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, de 0,48 e 0,71 na fase inicial, 0,87 e 0,93 no desenvolvimento vegetativo, com máximos de 1,15 e 0,85 na floração, e 0,94 e 0,70 no final do ciclo.

## 6. AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece ao Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais pela disponibilização do espaço físico e equipamentos para o desenvolvimento deste trabalho e à CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, E.A. **Determinação dos coeficientes de cultura da alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1994. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1994.

CLARCK, D.E.; WILLIAMSON, J.F. **New western garden book**. Menlo Park Lane Publishing, 1979. 480 p.

CUNHA, A.R. et al. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999. p.487-491.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1997. 204 p.

GOTO, R.; TIVELLI, S.W. **Produção em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: UNESP, 1998. 319 p.

HUANG, S.P. Cropping effects of marigolds, corn, and okra on population levels of *Meloidogyne javanica* and on carrot yields. **Journal of Nematology**, v.16, n.4, p.396-398, 1984.

KAMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 219 p.

KLOSOWSKI, E.S. **Determinação do consumo de água em cultura de pimentão (*Capsicum annum* L.) em ambiente protegido**. 2001. 83f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

TYGADLO, J.A.; MAESTRI, D.M.; ARIZA, E.L. The volatile oil of *Tagetes argentina* Cabrera. **Journal of Essential Oil Research**, v.5, p.185-186, 1993.