

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO Tagetes patula  
PELO MÉTODO DA RAZÃO DE BOWEN, EM AMBIENTE PROTEGIDO E A  
CAMPO.**

**MILLENA ARIANA BOUERI**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP.

Junho-2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO Tagetes patula  
PELO MÉTODO DA RAZÃO DE BOWEN, EM AMBIENTE PROTEGIDO E A  
CAMPO.**

**MILLENA ARIANA BOUERI**

Engenheira Agrônoma

Orientadora: Profa. Dra. Dalva Martinelli Cury Lunardi

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia–Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

BOTUCATU-SP.

Junho-2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

B756e Boueri, Millena Ariana, 1977-  
Estimativa da evapotranspiração da cultura do *Tagetes patula* pelo método da razão de Bowen, em ambiente protegido e a campo / Millena Ariana Boueri. - Botucatu : [s.n.], 2007.

v, 66 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007

Orientador: Dalva Martinelli Cury Lunardi

Inclui bibliografia

1. Balanço de energia. 2. Evapotranspiração. 3. Estufa (Plantas). 4. Flores - Cultivo. 5. *Tagetes*. I. Lunardi, Dalva Martinelli Cury. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO  
Tagetes patula PELO MÉTODO DA RAZÃO DE BOWEN, EM  
AMBIENTE PROTEGIDO E A CAMPO"

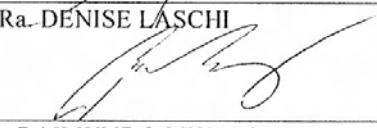
ALUNA: MILLENA ARIANA BOUERI

ORIENTADORA: PROFA. DRA. DALVA MARTINELLI CURY LUNARDI

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROFa. DRa. DALVA MARTINELLI CURY LUNARDI

  
\_\_\_\_\_  
PROFa. DRa. DENISE LASCHI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. RAIMUNDO LEITE CRUZ

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. HILDEU FERREIRA DA ASSUNÇÃO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. EMERSON GALVANI

Data da Realização: 04 de junho de 2007.

## **DEDICO**

À minha vó Tininha.

À minha querida mãe Rosemeire Boueri.

Ao meu amor e minha vida Bruno Zuffo Janducci e  
aos meus outros dois amores Raul e Zilda.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, Jesus e Maria Santíssima por me guiarem em todos os momentos de minha vida e serem meu “porto seguro”.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

Aos professores e funcionários do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos.

À Professora Dalva Martinelli Cury Lunardi pelo incentivo, amizade e orientação.

À Professora Lígia Raquel de Carvalho do Departamento de Bioestatística -Instituto de Biociências.

Ao Professor João Francisco Escobedo pela disponibilização dos equipamentos utilizados no experimento.

À Élcio Klosowski e Emerson Galvani que pela montagem da área experimental, com experimentos que antecederam à este, disponibilizaram uma série de facilidades.

À Antônio Ribeiro da Cunha pelo auxílio na montagem dos equipamentos na área experimental e programação.

À Melania Inês Valiatti pela colaboração na montagem e condução do experimento.

Aos colegas Marcelo de Aguiar e Silva, Raul Andres Martinez, Eduardo Nardini e a todos que contribuíram e torceram pelo sucesso deste trabalho.

Às queridas amigas Lilian, Ana Má e Suzy pelo apoio, conselhos e principalmente amizade.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS .....	I
LISTA DE TABELAS.....	II
LISTA DE FIGURAS.....	IV
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1. Floricultura no Brasil.....	8
2.2. A cultura.....	10
2.3. Ambiente protegido.....	13
2.4. Evapotranspiração.....	15
2.5. Balanço de energia.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Descrição geral da área experimental.....	20
3.2. Condução do experimento.....	21
3.2.1. Monitoramento dos elementos meteorológicos.....	24
3.2.1.1. Saldo de radiação (Rn) ou energia disponível.....	25
3.2.1.2. Distribuição do saldo de radiação (Rn) ou energia disponível nos diferentes processos.....	26
3.2.1.3. Critério para rejeição de dados inconsistentes do método da razão de Bowen.....	28
3.2.1.4. Validação do Balanço de energia.....	28
3.2.2. Medidas Evapotranspirométricas.....	28
3.2.2.1. Medida da Evapotranspiração da cultura (ETc).....	28
3.2.2.2. Estimativa da ETc pelo método da razão de Bowen (ETc $\beta$ ).....	31
3.2.3. Manejo da irrigação.....	31
3.2.4. Amostragem das plantas e medidas após o transplante.....	32
3.3. Metodologia Estatística.....	33

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1. Condições meteorológicas em ambiente protegido e campo.....	34
4.1.1. Balanço de ondas curtas (BOC).....	36
4.1.2. Balanço de ondas longas (BOL).....	36
4.1.3. Saldo de radiação (Rn).....	37
4.2. Análise do crescimento da cultura.....	39
4.3. Balanço de energia.....	42
4.3.1. Validação do Balanço de energia dentro e fora de ambiente protegido.....	46
4.4. Medidas e estimativas da evapotranspiração da cultura (ETc).....	46
5. CONCLUSÕES.....	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
APÊNDICE.....	58

## LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

pt	Ambiente protegido
ca	Campo
RG	Radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
Rr	Radiação solar refletida ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
Ea	Emissão atmosférica ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
Es	Emissão terrestre ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
BOC	Balanco de ondas curtas ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
BOL	Balanco de ondas longas ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
Rn	Saldo de radiação ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
LE	Calor latente de evaporação ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
H	Calor sensível ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
G	Fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
F	Fluxo de calor fotoquímico ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ )
ETc	Evapotranspiração da cultura ( $\text{mm d}^{-1}$ )
$\beta$	Razão de Bowen
ETc $\beta$	Evapotranspiração estimada pelo método da razão de Bowen ( $\text{mm d}^{-1}$ )
$e_a$	Pressão parcial de vapor d'água (kPa)
$e_s$	Pressão de saturação de vapor d'água (kPa)
$\Delta T$	Gradiente de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\Delta e_a$	Gradiente de pressão de vapor d'água ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\gamma$	Constante psicrométrica

## LISTA DE TABELAS

### Página

1. Distribuição da produção de flores no Brasil, número de produtores, área cultivada e vendas por região/estado -1999.....	9
2. Análise química do solo em ambiente protegido (pt) e campo (ca).....	21
3. Análise física do solo em ambiente protegido (pt) e campo (ca).....	21
4. Elementos meteorológicos com respectivos sensores e unidades nas condições de ambiente protegido e campo.....	25
5. Valores médios do balanço de ondas curtas (BOC), balanço de ondas longas (BOL) e saldo de radiação (Rn), em MJ m <sup>-2</sup> nas condições de ambiente protegido e campo.....	37
6. Média e desvio-padrão do saldo de radiação (Rn) nas condições de ambiente protegido e campo, durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> .....	38
7. Média e desvio-padrão referentes à área foliar (AF) da planta, em cm <sup>2</sup> , durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> , nas condições de ambiente protegido e campo.....	39
8. Média e desvio-padrão referentes ao número de folhas por planta, durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> , nas condições de ambiente protegido e campo.....	40
9. Média e desvio-padrão referentes ao número de botões florais por planta, durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> , nas condições de ambiente protegido e campo.....	40
10. Média e desvio-padrão do fluxo de calor latente (LE) nas condições de ambiente protegido e campo, durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> .....	42

11. Média e desvio-padrão do fluxo de calor sensível (H) nas condições de ambiente protegido e campo, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*..... 43
12. Média e desvio-padrão do fluxo de calor no solo (G) nas condições de ambiente protegido e campo, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*..... 43
13. Relação do fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G) com o saldo de radiação (Rn), durante os estádios fenológicos da cultura do *Tagetes patula*, em ambiente protegido e campo..... 44
14. Valores médios, em mm, da evapotranspiração estimada pelo método da razão de Bowen e medidos pelo lisímetro de lençol freático constante, da cultura do *Tagetes patula*, nas condições de ambiente protegido (pt) e campo (ca)..... 47
15. Valores médios, em mm, da evapotranspiração da cultura do *Tagetes patula* estimada pelo método da razão de Bowen e medidos pelo lisímetro de lençol freático constante, por estágio fenológico, nas condições de ambiente protegido (pt) e campo (ca)..... 47

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
1. Distribuição percentual da área cultivada por categoria.....	9
2. Detalhe do capítulo do <i>Tagetes</i> sp. (cravo-de-defunto).....	11
3. Ilustração do <i>Tagetes patula</i> , publicada em 1889 na Curtis Botanical Magazine.....	12
4. Disposição dos canteiros em ambiente protegido.....	22
5. Disposição dos canteiros no campo.....	23
6. Lisímetro de lençol freático constante.....	29
7. Detalhe do lisímetro em ambiente protegido.....	29
8. Monitoramento do consumo de água através da leitura na bureta do tanque medidor em ambiente protegido.....	30
9. Lâmina de água a ser aplicada em função do tempo de abertura dos gotejadores, nas condições de ambiente protegido e campo.....	32
10. Variação média diária da temperatura do ar, durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> , em ambiente protegido (pt) e campo (ca).....	34
11. Variação média diária da umidade relativa do ar, durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> , em ambiente protegido (pt) e campo (ca).....	35
12. Medida da precipitação pluvial (mm), durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> , na condição de campo.....	35

13. Curvas do saldo de radiação (Rn), em MJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> , nas condições de ambiente protegido (pt) e campo (ca), durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> .....	38
14. Relação entre o saldo de radiação (Rn) medido em ambiente protegido (pt) e o medido em campo (ca), durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> .....	39
15. Valores médios de área foliar (AF) (a), índice de área foliar (IAF) (b), número de folhas (c) e número de botões florais (d) por planta, durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> , nas condições de ambiente protegido (pt) e campo (ca).....	41
16. Relação do fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G) com o saldo de radiação (Rn), durante os estádios fenológicos da cultura do <i>Tagetes patula</i> , em ambiente protegido (pt) e campo (ca).....	44
17. Correlação entre a energia disponível no sistema (Rn – G) e os fluxos de calor latente e sensível (LE + H), nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b), durante o ciclo da cultura <i>Tagetes patula</i> .....	46
18. Correlação entre a evapotranspiração estimada pelo método da razão de Bowen e a evapotranspiração medida pelo lisímetro.....	48
19. Valores médios diários da evapotranspiração estimada pela razão de Bowen e medida pelo lisímetro de lençol freático constante, nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b), durante o ciclo da cultura do <i>Tagetes patula</i> .....	49

## RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram: aplicar o método do balanço de energia para quantificar a partição da energia solar disponível nos processos de evaporação (calor latente), aquecimento do ar e das plantas (calor sensível) e no aquecimento do solo (fluxo de calor no solo) na cultura do *Tagetes patula* (cravo-de-defunto), em ambiente protegido e a campo; e comparar os valores de evapotranspiração da cultura medidos em lisímetro de lençol freático constante, com os estimados pelo balanço de energia nos dois ambientes. O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, no período de 21/05 a 09/08/02. A área experimental foi constituída de duas áreas de 280m<sup>2</sup>, sendo uma na condição de campo e 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 o saldo de radiação foi distribuído em 102% para LE, 2% para H e 9% para G em ambiente protegido. Na condição de campo, a distribuição foi de 95%, 14% e 13% para LE, H e G, respectivamente. Os valores de LE/Rn acima de 100% devem-se ao efeito de advecção, havendo transporte lateral de energia da área vizinha para a cultura, representando fonte adicional de energia (ganho lateral) para a evapotranspiração. Embora as características construtivas do lisímetro de lençol freático permitam que as irrigações superficiais possam ser dispensadas, nestas

condições a não evaporação do solo ou a lentidão na ascensão capilar por interrupção da capilaridade nos primeiros centímetros de solo, provocam o prevalecimento da transpiração. A evapotranspiração estimada pelo método da razão de Bowen, apresentou valores médios de 50 e 55% maiores aos medidos pelos lisímetros, em ambos os ambientes, podendo ser devido ao fato das medidas do lisímetro não serem de evapotranspiração e sim, transpiração da cultura; e também devido ao ganho lateral de energia (advecção) para a evapotranspiração (LE).

**ESTIMATIVE OF THE EVAPOTRANSPIRATION OF THE *Tagetes patula* CROP BY THE BOWEN RATIO METHOD, INSIDE AND OUTSIDE A GREENHOUSE.**

Botucatu, 2007. 66f. Tese (Doutorado em Agronomia - Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

**Author: MILLENA ARIANA BOUERI**

**Adviser: PROFA. DRA. DALVA MARTINELLI CURY LUNARDI**

**SUMMARY**

The objective of this work was to apply the energy balance method partition of the available solar energy, in the processes of evaporation (latent heat), heating of air and the plants (sensible heat) and in the heating of the ground (flux of heat in the ground), in the *Tagetes patula* crop, inside and outside a greenhouse; and to compare the values of crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) measured in water table lysimeters, with that estimated by the energy balance method, in two environments. The experiment was carried on the experimental area of the Department of Natural Resources - Section Environmental Sciences of the College of Agricultural Sciences, UNESP, Botucatu-SP, in the period from 21/05 to 09/08/02. The experimental area was constituted of two areas of 280m<sup>2</sup>, being one at field conditions and the other in greenhouse arch type, with covering of polyethylene of low density (HDPE), light spreading, with 150µm of thickness, and polypropylene screen with 50% reduction of the solar radiation in the laterals. The results showed that the net radiation was distributed in 102% for LE, 2% for H and 9% for G inside a greenhouse. In the field condition, the distribution was of 95%, 14% and 13% for LE, H and G, respectively. The values of LE/R<sub>n</sub> above of 100% must it the advection effect, having lateral transport of energy of the neighboring area for the culture, representing additional source of energy (lateral profit) for the evapotranspiration. Although the constructive characteristics of the water table lysimeters sheet allow that the superficial irrigations can be excused, in these conditions not the evaporation of the ground or the slowness in the hair ascension for interruption of the capillarity in the first centimeters of ground, more

transpiration occurs. The evapotranspiration for the Bowen ratio method, presented average values of 50 and 55% greater to the measured ones for the lysimeters, inside and outside a greenhouse, being able to have to the fact of the measures of lysimeter not to be evapotranspiration and yes, crop transpiration; and also had to the lateral profit of energy (advection) for the evapotranspiration (LE).

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo de flores e plantas ornamentais como atividade econômica vem se intensificando no Brasil, destacando-se no agronegócio. Trata-se de uma das melhores alternativas de investimento na agricultura, porque demanda pouca área e o ciclo de produção é geralmente curto, permitindo rápido retorno do capital investido.

Com um alto valor econômico agregado aos produtos e elevado nível de exigência do mercado consumidor, a floricultura faz o uso de ambientes protegidos como uma estratégia para superar limitações climáticas, atendendo à sazonalidade da demanda no mercado interno e garantindo uma maior qualidade de sua produção.

Além da utilização de ambiente protegido, uma outra ferramenta muito importante para o cultivo de flores, é a aplicação de água de maneira racional, mantendo um teor de água adequado no solo, proporcionando maiores produtividades, melhor qualidade e conseqüentemente, melhores preços de mercado.

O *Tagetes* sp. (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 ser utilizado como planta ornamental, tem elevada importância econômica e comercial devido à produção de metabólitos secundários, principalmente thiophenos, que apresentam uma variedade de efeitos, tais como nematicida, bactericida, fungicida e inseticida (VASUDEVAN et al., 1997). De acordo com Huang (1984), o uso do *Tagetes* sp. em um sistema de rotação de

culturas vem sendo um método efetivo para controlar insetos e nematóides. Segundo Kämpf (2000), sua permanência no campo por quatro meses e meio é suficiente para eliminar os nematóides do solo.

Como características medicinais e farmacêuticas, foram observados efeitos terapêuticos significantes sobre carcinomas “in vitro” e em problemas hepáticos (VASILENKO et al., 1990), sendo também rica em flavonóides e carotenóides, pigmentos importantes para a fabricação de corantes naturais.

Por ser uma cultura com características tão importantes, torna-se imprescindível o conhecimento de diferentes sistemas de cultivo na sua produção, caracterização ambiental destes sistemas e determinação do seu consumo de água.

A avaliação da quantidade de água necessária às fases de desenvolvimento de uma cultura é de extrema importância e para isso faz-se necessário o conhecimento da sua evapotranspiração (ETc), pois ela representa a quantidade de água que deve ser reposta ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais.

A evapotranspiração é função dos elementos meteorológicos, do solo, da planta e da disponibilidade de água, podendo ser obtida de diferentes maneiras: de forma indireta, a partir de fórmulas teóricas ou empíricas, utilizando-se dados do solo e meteorológicos; ou de forma direta, por meio de lisímetros e do balanço hídrico do solo.

A determinação da evapotranspiração por meio de medidas em lisímetros é uma operação de difícil execução em condições de campo. Com o propósito de minimizar essas dificuldades, muitas pesquisas desenvolvem métodos de estimativa da evapotranspiração, relacionando a perda de água de superfícies naturais com dados meteorológicos, por serem facilmente obtidos.

O método do balanço de energia das superfícies vegetadas, baseado no princípio físico da conservação da energia, avalia a distribuição da energia disponível nos processos de transporte de calor latente de evaporação (LE), calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G) (PEREIRA et al., 2002), representando assim, a contabilidade destas interações. O conhecimento do efeito da demanda atmosférica no fluxo de calor latente fornece subsídios necessários para o planejamento do uso racional da água na irrigação.

De acordo com as descrições anteriores, os objetivos deste trabalho são:

- a) aplicar o método do balanço de energia para quantificar a partição da energia solar disponível nos processos de evaporação (calor latente), aquecimento do ar e das plantas (calor sensível) e aquecimento do solo (fluxo de calor no solo), na cultura do *Tagetes patula* (cravo-de-defunto), em ambiente protegido e a campo;
- b) comparar os valores de evapotranspiração da cultura *Tagetes patula* (cravo-de-defunto) medidos, em lisímetro de lençol freático constante, em ambiente protegido e a campo, com os estimados pelo balanço de energia.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Floricultura no Brasil**

A floricultura, em seu sentido amplo, abrange o cultivo de plantas ornamentais, desde flores de corte e plantas envasadas, floríferas ou não, até a produção de sementes, bulbos e mudas de árvores de grande porte. É um setor altamente competitivo, que exige a utilização de tecnologias avançadas e profundo conhecimento técnico pelo produtor (SILVEIRA, 1993).

A produção brasileira de flores e plantas ornamentais, inicialmente concentrada no Estado de São Paulo, tem se expandido para todo o país, com cultivos nos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, Pernambuco, Ceará e o Norte do país (AKI, 1999) como mostra a Tabela 1.

Aki (1999) revelou a existência de 2.545 produtores no país que, em seu conjunto, cultivaram 4.850ha, sendo 80% a céu aberto e 20% em estufas. Esta área gerou um faturamento estimado de R\$ 322 milhões no ano de 1999, dos quais somente a produção do Estado de São Paulo respondeu por 74,5%. O setor foi responsável pela geração de cerca de 50 mil empregos. Destes, 22,5 mil (45%) estavam localizados na produção, 3,5 mil (7%) na distribuição, 22,5 mil (45%) no comércio e 2,0 mil (4%) no apoio.

Tabela 1. Distribuição da produção de flores no Brasil, número de produtores, área cultivada e vendas por região/estado -1999.

Região/ Estado	Nº Produtores	Área cultivada				Vendas		
		Campo	Estufa	Total	Part. %	R\$ milhões	Part. %	
SE	SP	1.500	2.748	709	3.457	71,3	240,0	74,5
	RJ	100	70	10	80	1,6	8,0	2,4
	MG	350	100	18	118	2,4	11,8	3,7
Total SE		1.950	2.918	737	3.655	75,4	259,8	80,6
S	PR	90	100	80	180	3,7	9,0	2,8
	SC	115	300	40	340	7,0	17,0	5,3
	RS	270	520	50	570	11,8	28,0	8,7
Total S		475	920	170	1.090	22,5	54,0	16,8
NE	Nordeste	80	30	30	60	1,2	5,0	1,6
CO	Centro-Oeste	20	20	5	25	0,5	2,0	0,6
N	Norte	20	10	10	20	0,4	1,5	0,5
Total		2.545	3.898	852	4.850	100,0	322	100,0

Fonte: Aki (1999)

De acordo com o IBRAFLOR (2004), a distribuição da área cultivada com flores e plantas ornamentais é de 50,4% para mudas; 13,2% para flores envasadas; 28,8% para flores de corte; 3,1% para folhagens em vasos; 2,6% para folhagens de corte e 1,9% para outros produtos da floricultura (Figura 1). De 2000 até 2004, houve um crescimento de 515% nas exportações brasileiras de flores e plantas ornamentais.

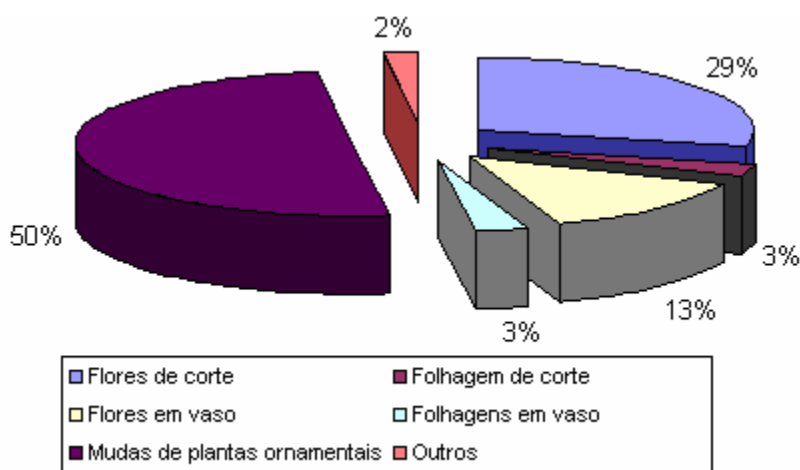


Figura 1. Distribuição percentual da área cultivada por categoria.

Em um levantamento realizado por Junqueira e Peetz (2006), eles puderam verificar que as exportações brasileiras cresceram 7,65% de janeiro a junho de 2006 em relação aos primeiros seis meses de 2005. De janeiro a setembro de 2006, a receita das vendas externas chegou a US\$ 24,2 milhões - pouco menos do que o país exportou durante o ano de 2005 inteiro, US\$ 25,7 milhões. A grande potencialidade do país neste setor deve-se à existência de uma flora bastante diversificada que, por sua beleza, desperta cada vez mais o interesse de consumidores internos e externos; além do relativo baixo custo de produção, a diversidade climática e a posição do país em relação ao mercado internacional.

## **2.2. A cultura**

O *Tagetes* é nativo do México, onde é muito importante na decoração do "Dia dos Mortos" (finados), uma festa muito popular, motivo pelo qual é chamado de "cravo-de-defunto". Em países de língua inglesa, é conhecido por "Marigold", sendo uma planta de fácil cultivo, bastante decorativa e de ciclo relativamente longo (CLARCK; WILLIAMSON, 1979).

Pertence à Família Asteraceae, sendo representado por quatro grupos: Americano (*Tagetes erecta* L.), Francês (*Tagetes patula* L.), Signet (*Tagetes signata* L., *Tagetes tenuifolia* Cav.) e híbridos triplóides. As folhas desta planta são compostas, de coloração verde escura, produzindo contraste acentuado com as flores (CLARCK; WILLIAMSON, 1979). A Figura 2 mostra o detalhe do capítulo do *Tagetes* sp. (cravo-de-defunto).



Figura 2. Detalhe do capítulo do *Tagetes* sp. (cravo-de-defunto).

O *Tagetes patula*, é uma planta herbácea anual de caule baixo, de 20-30 cm de altura, compacta, de folhagem com cheiro característico. Possuem flores em capítulos pequenos simples ou dobrados, solitários, em tonalidades variáveis de amarelo, alaranjado e marrom-avermelhado. Cultivados quase que exclusivamente em bordaduras e em forração, formando maciços compactos desenhados, e em canteiros de terra enriquecida com húmus (LORENZI; SOUZA, 1995). Utilizada também como flor-de-corte. Uma ilustração do *Tagetes patula*, publicada em 1889 na Curtis Botanical Magazine, é mostrada na Figura 3.



Figura 3. Ilustração do *Tagetes patula*, publicada em 1889 na Curtis Botanical Magazine.

Caracteriza-se por ser uma planta decorativa e de fácil cultivo, com florescimento principalmente na primavera e verão (FLORTEC, 1998).

Segundo Lorenzi e Souza (1995), o *Tagetes patula* é uma planta de pleno sol e de grande resistência, sendo uma das poucas espécies anuais que pode ser cultivada em regiões tropicais durante o período do verão. A cultura requer irrigação suplementar, podendo ser utilizada irrigação por sulco ou aspersão (MEDINA; BEMILLER, 1993).

As sementes germinam em qualquer época do ano em sementeiras, podendo ser plantadas diretamente nos canteiros, a uma distância de 30 a 40 cm entre as mudas dos tipos mais altos e de 15 cm entre as das variedades menores (ENCICLOPÉDIA DE PLANTAS E FLORES, 1977).

Além de ser utilizado como planta ornamental, tem elevada importância econômica e comercial devido à produção de metabólitos secundários, principalmente thiophenos, que apresentam uma variedade de efeitos, tais como nematicida, bactericida, fungicida e inseticida (VASUDEVAN et al., 1997). 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).

Para Huang (1984), a rotação com esta cultura é um método efetivo para controlar nematóides e insetos em ambientes protegidos, sendo uma das plantas mais utilizadas para este fim. Este mesmo autor em experimento com cenoura e cravo-de-defunto em ambiente protegido, observou redução na população de *Meloidogyne javanica*, mostrando que rotações com a cultura de interesse, não servem somente para controlar nematóides, mas também para melhorar o solo do cerrado brasileiro, especialmente durante a estação chuvosa. Oduor-Owino e Waudu (1994) observaram o mesmo efeito em um estudo com intercalação de tomate e cravo-de-defunto (*Tagetes minuta*) em ambiente protegido.

Segundo Kämpf (2000), sua permanência no campo por quatro meses e meio é suficiente para eliminar os nematóides do solo.

Hackney e Dickerson (1975) avaliaram em ambiente protegido, o potencial nematicida do *Tagetes* sp., Feijão e Crisântemo, cultivados simultaneamente com o tomate, hospedeiro do *Meloidogyne incognita* e *Pratylenchus alleni*, concluindo que o mais eficaz foi o *Tagetes* sp.

Segundo Belcher e Hussey (1977), o efeito nematicida é mais eficaz contra o ataque de *Meloidogyne incognita* em um esquema de rotação de cultura, do que plantado junto com tomate. Segundo os mesmos autores, o efeito do *Tagetes patula* foi 27% maior que o amendoim, um não hospedeiro, na redução de *Meloidogyne incognita*.

### **2.3. Ambiente protegido**

O cultivo em ambiente protegido permite uma série de vantagens: aumento da produtividade, melhoria na qualidade dos produtos, precocidade, menor lixiviação dos nutrientes do solo, controle mais eficiente de pragas e doenças e proteção contra intempéries climáticas como as chuvas, vento, granizo e frio (OLIVEIRA, 1997). Como desvantagens, Oliveira (1995), cita as altas temperaturas em seu interior e a

penetração insuficiente de luz, havendo portanto, a necessidade de cuidados especiais na elaboração de sistemas de irrigação e ventilação de acordo com o clima de cada região e o tipo de cobertura utilizada.

A utilização de ambiente protegido com cobertura plástica de polietileno de baixa densidade (PEBD) implica em diversas modificações micrometeorológicas, que por sua vez, alteram as relações entre as plantas e o ambiente. O plástico absorve e reflete parte da radiação incidente, sendo o restante transmitido para dentro do ambiente. Dentro do ambiente, há novamente absorção e reflexão pela superfície protegida, e assim sucessivamente até que os processos de reflexão e absorção pela cobertura e pela superfície do terreno tornem-se desprezíveis (PEREIRA et al., 2002).

A interceptação da radiação solar pela cobertura plástica reduz a incidência desta sobre as plantas, o que, conseqüentemente, irá alterar o balanço de radiação e de energia. Associado a isso, o processo convectivo originário do saldo de radiação positivo, é inibido pela cobertura plástica que retém o ar quente e o vapor, provocando alterações nos diversos elementos micrometeorológicos, em relação ao ambiente externo (SEEMANN, 1979), resultando em alterações na planta, afetando a produtividade, a qualidade e a duração do ciclo.

Muitos trabalhos mostram que o saldo de radiação no interior de ambiente protegido é menor que no ambiente externo (CUNHA, 2001; FRISINA; ESCOBEDO, 1999; GALVANI, 2001). Furlan (2001) avaliou o saldo de radiação em ambiente protegido e os dados obtidos no mês de novembro (primavera) permitiram concluir que, entre o nascer e o pôr-do-sol, o saldo de radiação é menor em ambiente protegido. No entanto, durante a noite, quando o saldo de radiação é negativo devido à ausência de radiação solar incidente, o valor verificado sob a cobertura plástica é menos negativo, ou seja, maior no ambiente protegido do que no ambiente externo.

A evapotranspiração no interior de ambientes protegidos é normalmente menor do que a que ocorre no ambiente externo, devido à atenuação causada pela cobertura na radiação solar incidente, o que acaba resultando em redução no saldo de radiação interno (FURLAN, 2001; GUISELINI, 2002; PEREIRA et al., 2002). Pereira et al. (2002) salientam que a evapotranspiração no interior de ambiente protegido é menor do que

no ambiente externo devido não somente à redução no saldo de radiação, mas também devido à menor ventilação e à maior umidade do ar no interior do ambiente.

## **2.4. Evapotranspiração**

O processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e por transpiração das plantas vem a ser o fenômeno da evapotranspiração (PEREIRA et al., 2002). É controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas (PEREIRA et al., 1997).

O conhecimento da  $E_{Tc}$  é fundamental em projetos de irrigação, pois ela representa a quantidade de água que deve ser reposta ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais. No entanto, a determinação de  $E_{Tc}$  é difícil e sujeita a muitos erros (PEREIRA et al., 1997).

Os parâmetros meteorológicos expressos pela radiação solar, insolação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação interagem com a cultura, estimulando a evapotranspiração (OMETTO, 1981). Villa Nova (1987) ressalta que é difícil separar a ação de cada um desses elementos, pois os mesmos agem simultaneamente e se interrelacionam. Assim, de maneira geral, para uma dada região, quanto maior for a disponibilidade de energia solar, temperatura do ar e velocidade do vento, e quanto menor for a umidade relativa do ar, maior deverá ser a taxa de evapotranspiração. Em regiões onde ocorrem advecções fortes, condição que comumente ocorre quando uma área úmida é circundada por uma área seca, a importância relativa do saldo de radiação decresce, e em adição a ele, a advecção ou transferência de calor sensível das áreas secas circunvizinhas, contribuirá no processo evapotranspirativo com energia até maior que aquela disponível à área úmida, aumentando desta forma a importância da velocidade do vento e umidade relativa do ar na evapotranspiração.

Slatyer e McIroy (1961 apud CURY LUNARDI et al., 1997) fazendo considerações sobre a utilização de lisímetros na determinação da evapotranspiração da cultura e da evapotranspiração de referência, comentam que estes

equipamentos apresentam-se como os mais indicados, desde que seja considerada uma área tampão onde se utilizam as mesmas condições de manejo.

A medida direta da evapotranspiração é extremamente difícil e onerosa, porque exige instalações e equipamentos especiais de alto custo, justificando-se apenas em condições experimentais. Segundo Pereira et al. (1997) inúmeros são os métodos de estimativa da evapotranspiração e eles podem ser agrupados em cinco categorias: empíricos, aerodinâmico, balanço de energia, combinados e correlação dos turbilhões.

## **2.5. Balanço de Energia**

Em condições atmosféricas normais, o suprimento principal de energia para a superfície é dado pela radiação solar de ondas curtas, parte da qual é refletida, conforme as características da superfície, estabelecendo um balanço de ondas curtas (BOC). Por outro lado, a superfície também emite e recebe radiação de ondas longas da atmosfera, em função de sua temperatura, estabelecendo o balanço de ondas longas (BOC). Portanto, contabilizando-se a energia radiante de todos os comprimentos de ondas que chegam e que saem da superfície, estabelece-se o denominado saldo de radiação ( $R_n$ ) (PEREIRA et al., 1997).

A essência do conceito de balanço de energia está na afirmação de que a diferença entre a energia que entra e a energia que sai de um sistema é a energia captada ou utilizada por ele. Nos sistemas vegetados, essa energia captada pode ser utilizada no aquecimento do ar e das plantas ( $H$ , calor sensível), no aquecimento do solo ( $G$ ), na evapotranspiração ( $LE$ , calor latente) e nos processos de sínteses biológicas ( $F$ ) (PEREIRA et al., 2002), podendo ser representado da seguinte forma:  $R_n = LE + H + G + F$ .

A obtenção da evaporação ou evapotranspiração através da partição do balanço de energia é uma alternativa que tem sido considerada promissora. Desde que possam ser medidos ou estimados com suficiente precisão os termos do balanço energético, a evapotranspiração pode ser determinada com bastante realidade. Além do que, este é um método que possibilita a estimativa de evaporação ou evapotranspiração para períodos curtos, como um dia, por exemplo (BERLATO; MOLION, 1981).

Os primeiros estudos do balanço de energia foram feitos por Bowen (1926) sobre uma superfície líquida natural, determinando a razão entre os fluxos de calor latente e sensível, em função dos gradientes de temperatura e de pressão de vapor, denominada “razão de Bowen”.

Na área agrônômica, esse método tem sido utilizado para a determinação da evapotranspiração nas mais diversas culturas, haja vista sua fundamental importância para um manejo racional da água (CUNHA, 2001; RIGHI, 2004; SILVA, L., 2003; SILVA, T., 2005; VIANA et al., 2003; VILLA NOVA, 1973).

A exatidão dos resultados, obtidos através dos cálculos de fluxos de calor latente e sensível, depende da sua obtenção, havendo a necessidade de se eliminar os erros associados a este método (PEREZ et al., 1999), como medidas de gradiente menor que a resolução dos sensores. Um outro erro que pode ocorrer, são os valores de  $\beta$  próximos de -1. Neste caso, alguns autores eliminam os valores de  $\beta$  entre -0,75 e -1,0 ou -0,7 e 1,3 (PEREZ et al., 1999; SILVA, L., 2003; SILVA, T., 2005; UNLAND et al., 1996), dependendo da acuracidade de medida dos sensores. Tanner (1960 apud PEREIRA et al., 1997) em trabalhos experimentais mostram que  $\beta = -0,5$  parece ser o limite de confiança.

Perez et al. (1999) estudaram o descarte de valores inconsistentes da razão de Bowen, com o SARB (Sistema Automático da Razão de Bowen), visando o aprimoramento do referido método. Os autores relataram que os dados inconsistentes apareceram, principalmente, ao nascer e pôr-do-sol, com  $R_n$  negativo, e à noite devido à inversão térmica. Uma outra fonte de ocorrência de erros foi o registro de  $LE > 0$  (condensação), em períodos com  $R_n - G > 0$ . Afirmaram que isso ocorreu, normalmente, nos momentos com baixos fluxos de calor latente (0 a  $0,432 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ , geralmente no início da manhã ou no final da tarde) e sob baixa advecção. Ainda segundo esses autores, um outro problema foi o baixo gradiente de vapor d'água (menores que  $0,03 \text{ kPa m}^{-1}$ ) originários de fraca advecção, chuvas ou irrigação. Nessas condições, ocorreram  $LE > 0$  e valores da razão de Bowen próximos a -1,0. Os autores concluíram, ainda, que devem ser rejeitados os dados noturnos e obtidos após precipitação ou irrigação e que a ocorrência de gradientes de vapor d'água muito pequenos afeta a consistência das estimativas do SARB.

Heilman e Brittin (1989) citam que na utilização do método do balanço de energia pela razão de Bowen, para se obter valores representativos do local

analisado, os coeficientes de transferência turbulenta de calor e vapor devem ser idênticos, caso válido em condições neutras, e ao contrário nas condições de estabilidade. Para minimizar este efeito, deve-se ter uma extensa superfície homogênea de contorno (área tampão) para que a distância em relação à direção predominante do vento esteja na ordem de 1:100, comparada a maior altura de medida pelos sensores.

Como há uma grande diferença nos processos de transferência de energia entre o dia e a noite devido à disponibilidade de energia e estabilidade atmosférica, alguns autores consideram apenas reais intervalos de medidas calculadas sobre o período do dia, excluindo também dados falhos correspondentes à dias chuvosos ou devido a outros problemas de medida (HEILMAN; BRITTIN, 1989; PEREZ et al., 1999; SILVA, L., 2003; SILVA, T., 2005; UNLAND et al., 1996).

Para Howell et al. (1991) o método da razão de Bowen produz bons resultados na estimativa da evapotranspiração em escalas menores, como um dia, não sendo recomendado para períodos muito grandes. Para Blad e Rosemberg (1974), em condições de advecção, o método do balanço de energia pode superestimar em até 20% as medidas lisimétricas. Ressaltaram ainda, que comumente próximo ao nascer e pôr-do-sol ocorrem valores elevados da razão de Bowen devido à dificuldade de se obter gradientes de temperatura e pressão de vapor d'água.

Cunha et al. (1996) construíram psicrômetros constituídos de pares termo-elétricos de cobre-constantan sendo um seco (exposto ao ambiente) e outro úmido (envolto por algodão umedecido) e os utilizaram no estudo do balanço de energia e da razão de Bowen na cultura de milho a céu aberto e chegaram às seguintes conclusões: a demanda da energia para o fluxo de calor latente superou a demanda para o fluxo de calor sensível na atmosfera, aumentando a diferença entre ambos com o desenvolvimento da cultura; o saldo de radiação foi utilizado, em proporções médias, para o ciclo de desenvolvimento, em 80% na forma de fluxo de calor latente de evaporação, 14% na forma de fluxo de calor sensível na atmosfera e 6% na forma de fluxo de calor no solo; a transferência de calor no solo acompanhou a disponibilidade energética na superfície, representada pelo saldo de radiação.

Oliveira et al. (1997), também utilizando instrumental semelhante ao construído por Cunha et al. (1996), analisaram os componentes do balanço de energia

sobre o cultivo de amendoim irrigado a céu aberto e concluíram que 93,2% da radiação disponível sobre a cultura foi utilizada pelo fluxo de calor latente e 1,1% para aquecimento do solo. O fluxo de calor sensível no ar contribuiu, para o fluxo de calor latente, com 5,7%, originário da advecção. Já Fontana et al. (1991) observaram em cultivo de soja que o fluxo de calor latente consumiu uma maior porção da radiação líquida, 95%, quando cultivado em área irrigada, sendo este percentual reduzido para 78% na parcela não irrigada.

Galvani (2001) em estudo de balanço de energia na cultura de pepineiro em ambiente natural e protegido observou que a maior parte da energia disponível foi utilizada no fluxo de calor latente de evaporação e que o método do balanço de energia apresentou valores mais consistentes quando obtidos em condições internas e em ciclo de outono-inverno.

Cunha (2001) no cultivo do pimentão, concluiu que o saldo de radiação na cultura ficou particionado em 88%, 10% e 2% para o cultivo em ambiente protegido, e em 98%, 5% e 7% para o cultivo de campo, respectivamente para os fluxos de LE, H e G, com maiores perdas de energia para o cultivo de campo.

Viana (2000) avaliando a evapotranspiração da cultura de alface em ambiente protegido, concluiu que o método da razão de Bowen não apresentou um bom desempenho na estimativa diária da evapotranspiração, em comparação com os valores medidos através de um lisímetro de pesagem. A redução da velocidade do vento e a contenção dos movimentos convectivos pela cobertura plástica diminuem a renovação das camadas de ar. Isso ocasiona baixos valores de gradiente de pressão parcial de vapor, o que dificulta a estimativa da evapotranspiração por este método.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Descrição geral da área experimental**

O trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu-SP, com coordenadas geográficas: 22°51' de latitude Sul, 48°26' de longitude Oeste e 786m de altitude, durante um período de 81 dias (21/05 a 09/08/2002).

O clima de Botucatu, segundo a classificação de 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.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico, A moderado, textura média, segundo Embrapa (1999).

Para as análises química (Tabela 2) e física (Tabela 3) do solo da área experimental, foram coletadas amostras aleatórias em quatro pontos do ambiente protegido e 4 do campo, a uma profundidade de 0,20m, e estas encaminhadas ao Departamento de Recursos Naturais – Setor Ciência do Solo da FCA - Botucatu-SP.

Tabela 2. Análise química do solo em ambiente protegido (pt) e campo (ca).

Amostras	pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	Mmol dm <sup>-3</sup>			%			
1 <sup>pt</sup>	6,4	41	919	13	6,0	170	58	234	247	95
2 <sup>pt</sup>	5,7	22	111	16	6,0	58	16	80	96	83
3 <sup>pt</sup>	6,3	34	986	13	5,6	170	52	228	241	94
4 <sup>pt</sup>	6,3	34	759	13	5,6	160	52	218	231	94
5 <sup>ca</sup>	6,6	24	512	11	3,7	85	30	119	130	91
6 <sup>ca</sup>	6,5	26	713	17	5,2	140	44	189	206	92
7 <sup>ca</sup>	6,6	21	596	12	3,2	87	40	130	142	92
8 <sup>ca</sup>	6,5	22	418	13	3,2	66	30	99	112	89

Tabela 3. Análise física do solo em ambiente protegido (pt) e campo (ca).

Amostras	Granulometria (%)		
	Areia	Argila	Silte
1 <sup>pt</sup>	61,12	31,35	7,53
2 <sup>ca</sup>	60,07	29,35	10,58

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 7m de largura, 40m de comprimento, 4m de altura máxima e 2,2m de pé direito. Utilizou-se a 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.

### 3.2. Condução do experimento

A planta cultivada foi o *Tagetes patula* L. (cravo-de-defunto), com 15 a 20cm de altura, de flores simples e dobradas, em tonalidades de amarelo, laranja, vermelho, marrom-claro ou em combinações dessas cores.

As mudas do *Tagetes patula* foram preparadas no viveiro de mudas florestais da FCA-Botucatu. A semeadura foi feita no dia 16/04/2002 utilizando-se bandejas de polietileno expandido (isopor) de 128 células, semeando uma semente por célula, em

substrato comercial. 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, manualmente.

Cada área possuía três canteiros de plantio, de 36m de comprimento e 1m de largura, com espaçamento de 1m entre canteiros. Cada canteiro possuía três linhas de cultivo, espaçadas de 0,30m entre fileiras e 0,20m entre plantas. As Figuras 4 e 5 mostram a disposição dos canteiros, em ambiente protegido e a campo.

O preparo do solo dos canteiros foi feito com enxada rotativa e enxadão sete dias antes do transplante das mudas.



Figura 4. Disposição dos canteiros em ambiente protegido.



Figura 5. Disposição dos canteiros no campo.

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.

No dia 20/05/02, 34 dias após a semeadura, as mudas mais vigorosas foram transplantadas para os canteiros da área experimental, com densidade de 15 plantas/m<sup>2</sup>.

Para garantir o pleno desenvolvimento da cultura, foram feitas capinas manuais para o controle de plantas daninhas.

O encerramento das atividades no experimento se deu no dia 09/08/02, 81 dias após o transplante das mudas, quando as plantas mostraram queda no IAF e um aspecto de senilidade.

### **3.2.1. Monitoramento dos elementos meteorológicos**

Os sensores instalados em ambiente protegido e a campo, foram conectados a um sistema de aquisição de dados (Datalogger 21X fabricado por Campbell Scientific), programado para realizar leituras a cada 5 segundos e armazenar valores médios a cada cinco minutos, em um módulo de memória externo, modelo SM192. Esses valores instantâneos eram transferidos para um microcomputador, gerando-se as curvas diárias de cada um dos elementos medidos com os respectivos sensores, abaixo relacionados:

#### **Radiométricos**

- Saldo Radiômetro Kipp-Zonen, modelo CNR1: Radiação solar global (RG) e refletida (Rr), emissão atmosférica (Ea) e terrestre (Es);
- Fluxímetro Rebs: Fluxo de calor (G) no solo a 0,02m abaixo da superfície vegetada.

#### **Térmicos**

- Termômetros de termopares: Temperatura de bulbo seco e úmido (conjunto psicrométrico) colocados em microabrigos, com ventilação natural, em dois níveis acima do dossel da cultura, a 0,50 e a 1,0m;
- Temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR), modelo HMP45C (-35°C a + 50°C e 0 a 100%).

Os elementos meteorológicos utilizados na área experimental, nas condições de ambiente protegido e campo, estão agrupados na Tabela 4, com seus respectivos sensores e unidades.

Tabela 4. Elementos meteorológicos com respectivos sensores e unidades nas condições de ambiente protegido e campo.

MODELO DO SENSOR	FUNÇÃO	UNIDADE	
		instantânea	diária
CNR1 - Kipp-Zonen	RG	W m <sup>-2</sup>	MJ m <sup>-2</sup>
CNR1 - Kipp-Zonen	Rr	W m <sup>-2</sup>	MJ m <sup>-2</sup>
CNR1 - Kipp-Zonen	Es	W m <sup>-2</sup>	MJ m <sup>-2</sup>
CNR1 - Kipp-Zonen	Ea	W m <sup>-2</sup>	MJ m <sup>-2</sup>
Fluxímetro Rebs	G	W m <sup>-2</sup>	MJ m <sup>-2</sup>
HMP45C	T	°C	°C
HMP45C	UR	%	%
Termopar bulbo seco	e <sub>a</sub>	°C	kPa
Termopar bulbo úmido	e <sub>s</sub>	°C	kPa

### 3.2.1.1. Saldo de radiação (Rn) ou energia disponível

Sendo o saldo de radiação (Rn) dado pela somatória do balanço de energia de ondas curtas (BOC) e o balanço de ondas longas (BOL), seus valores foram obtidos conforme equação abaixo:

$$R_n = BOC + BOL \quad (01)$$

O balanço de ondas curtas (BOC) corresponde à radiação solar global (RG) menos a radiação solar que é refletida (Rr) pela superfície:

$$BOC = RG - R_r \quad (02)$$

O balanço de ondas longas (BOL) é dado pela diferença entre a emissão atmosférica (Ea) e a emissão terrestre (Es):

$$BOL = E_a - E_s \quad (03)$$

Todos estes valores de radiações foram obtidos através de medidas em ambiente protegido e campo.

### 3.2.1.2. Distribuição do saldo de radiação (Rn) ou energia disponível nos diferentes processos

O saldo de radiação (Rn) diário foi distribuído nos processos de evaporação (LE, calor latente), aquecimento do ar e das plantas (H, calor sensível) e no aquecimento do solo (G, fluxo de calor no solo) conforme equação abaixo:

$$R_n - G - H - LE - F = 0 \quad (04)$$

onde:

Rn = saldo de radiação disponível sobre a superfície cultivada em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;

G = Fluxo de calor no solo em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;

H = Fluxo de calor sensível em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;

LE = Fluxo de calor latente de evaporação em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>;

F = Fluxo de calor fotoquímico em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>.

Como o processo fotossintético (F) utiliza, em média, menos que 3% da Rn, pode ser quantitativamente desprezado (PEREIRA et al., 1997).

O Rn e o G foram medidos, enquanto que o H e o LE foram estimados utilizando-se a razão de Bowen.

Bowen (1926) relacionou os fluxos de calor sensível (H) e latente (LE), conforme equação abaixo, sendo a mesma conhecida como razão de Bowen ( $\beta$ ) e amplamente utilizada na estimativa da evapotranspiração.

$$\beta = \frac{H}{LE} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e_a} \quad (05)$$

onde:

$\beta$  = razão de Bowen;

$\Delta T$  = gradiente de temperatura (°C) obtido com o conjunto psicrométrico instalado nos dois níveis considerados (0,50 e 1,0m);

$\Delta e_a$  = gradiente de pressão de vapor d'água (kPa) obtido com o conjunto psicrométrico instalado nos dois níveis considerados (0,50 e 1,0m);

$\gamma$  = constante psicrométrica igual a  $0,074 \text{ kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$  para psicrômetros não ventilados (em abrigo meteorológico com ventilação natural);

Após a estimativa diária da razão de Bowen, e de posse dos valores do saldo de radiação ( $R_n$ ) e do fluxo de calor no solo ( $G$ ), foi possível realizar a estimativa do fluxo de calor latente ( $LE$ ), em  $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ , por meio da seguinte equação:

$$LE = \frac{R_n - G}{(1 + \beta)} \quad (06)$$

Em seguida, foi possível realizar a estimativa do fluxo de calor sensível ( $H$ ), em  $\text{MJ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ :

$$H = \beta \cdot LE \quad (07)$$

Considerou-se como positivo os fluxos de  $LE$ ,  $H$  e  $G$  que fluíam da atmosfera ou subsolo para a superfície, e negativo quando da superfície para a atmosfera ou subsolo:

$LE (+)$  = condensação;

$LE (-)$  = fluxo de vapor (evapotranspiração);

$H (+)$  = fluxo de calor sensível para o sistema, contribuindo para o aumento da taxa de evapotranspiração;

$H (-)$  = fluxo de calor sensível para a atmosfera;

$G (+)$  = fluxo de calor do interior do solo para a superfície;

$G (-)$  = fluxo de calor para o interior do solo.

### **3.2.1.3. Critério para rejeição de dados inconsistentes do método da razão de Bowen**

Este trabalho tomou por base uma análise física do método para rejeitar valores inconsistentes. De acordo com Tanner (1960 apud PEREIRA et al., 1997), as estimativas de LE e H e ETc originários de valores da razão de Bowen entre -0,5 e -1,0 foram descartadas. À medida que  $\beta$  se aproxima desses valores, as estimativas tornam-se indefinidas.

### **3.2.1.4. Validação do Balanço de energia**

Segundo Galvani (2001), a validação de estimativas dos componentes do balanço de energia deve ser feita, uma vez que os valores do fluxo de calor latente de evaporação e fluxo de calor sensível foram estimados a partir de outros elementos, entre eles o fluxo de calor no solo e o saldo de radiação. Foi utilizado um método simplificado que estabeleceu as relações entre o somatório do fluxo de calor latente e sensível (LE + H) e a energia disponível no sistema ( $R_n - G$ ).

## **3.2.2. Medidas Evapotranspirométricas**

### **3.2.2.1. Medida da Evapotranspiração da cultura (ETc)**

O consumo de água ou evapotranspiração da cultura do cravo-defunto (*Tagetes patula*) foi obtido com dois lisímetros de lençol freático constante, em cada ambiente. Conforme Figura 6, cada lisímetro era composto por uma caixa de cimento amianto (A) com as seguintes dimensões: 1,30m de comprimento, 1,10m de largura e 0,70m de altura; um tanque intermediário (B) construído em chapa de ferro galvanizado com 0,30m de diâmetro e 0,80m de altura; e um tanque medidor (C) também construído em chapa de ferro galvanizado com 0,30m de diâmetro e 0,80m de altura, apresentando bureta graduada em ml, através da qual eram feitas as leituras; armação de madeira coberta com plástico transparente (D) com a finalidade de evitar a entrada de água nas caixas, em caso de precipitação. A Figura 7 mostra um dos lisímetros em ambiente protegido.

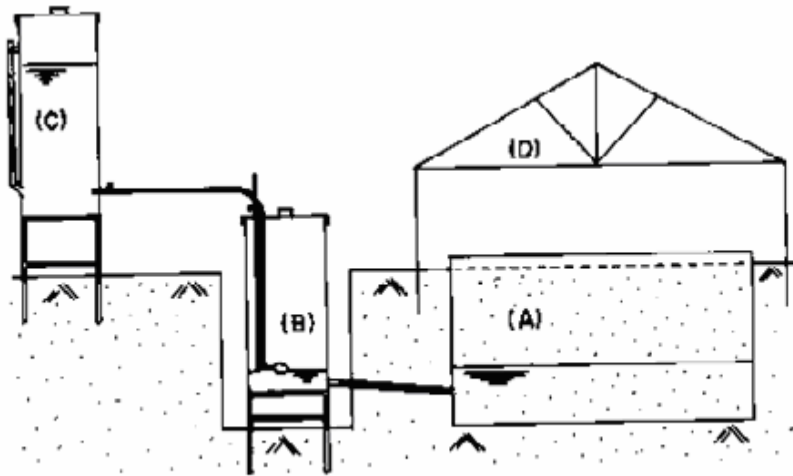


Figura 6. Lisímetro de lençol freático constante. Fonte: Klosowski, 2001).



Figura 7. Detalhe do lisímetro em ambiente protegido.

Conforme a água do solo do reservatório evapotranspirométrico era retirada, pelas plantas e por evaporação do solo, ocorria uma compensação simultânea do nível freático nos tanques intermediário e medidor. O consumo de água era monitorado, diariamente, através da leitura na bureta do tanque medidor (Figura 8). 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 lençol freático foi mantido a 0,40m da superfície do solo.

Cada ambiente possuía três lisímetros em seu interior, porém, somente dois faziam as medidas da evapotranspiração. O outro era destinado à medida da transpiração da cultura, parte de outra pesquisa, também com o *Tagetes patula*, que estava em andamento.



Figura 8. Monitoramento do consumo de água através da leitura na bureta do tanque medidor em ambiente protegido.

### 3.2.2.2. Estimativa da ETc pelo método da razão de Bowen (ETc $\beta$ )

Conhecidos os valores diários dos fluxos do balanço de energia, foi possível estimar a evapotranspiração da cultura (ETc) do *Tagetes patula*, em ambiente protegido e campo, para todo o período analisado, convertendo o fluxo de calor latente (LE) expresso em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, para equivalente de evaporação em mm d<sup>-1</sup>, usando um fator de conversão igual ao inverso do fluxo de calor latente de evaporação (1/LE = 0.408), como descrito em Allen et al. (1998):

$$ETc \beta \text{ (mm d}^{-1}\text{)} = 0.408 \text{ LE (MJ m}^{-2}\text{ d}^{-1}\text{)} \quad (08)$$

### 3.2.3. Manejo da irrigação

Na área externa aos lisímetros, 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.

O controle da irrigação foi efetuado, baseando-se nos valores da evapotranspiração, obtidos através das leituras diárias, feitas nos lisímetros. A média dos dois lisímetros instalados em cada ambiente fornecia a lâmina d'água necessária.

O tempo (minutos) para aplicar a lâmina d'água (mm) desejada, em ambiente protegido, pode ser descrito pela Equação 9, e para a condição de campo, pela Equação 10, obtidas por um modelo de regressão entre vazão e tempo para os gotejadores (Figura 9), sendo a lâmina d'água dada pela leitura dos lisímetros em mm.

$$\text{Tempo} = 16,878 \text{ Lâmina d'água} \quad (09)$$

$$\text{Tempo} = 16,793 \text{ Lâmina d'água} \quad (10)$$

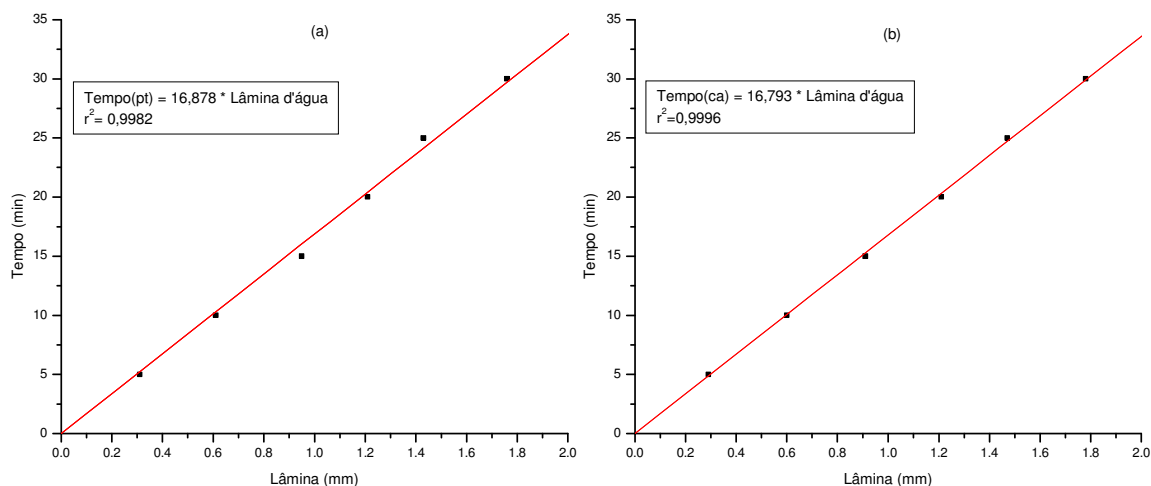


Figura 9. Lâmina de água a ser aplicada em função do tempo de abertura dos gotejadores, nas condições de ambiente protegido e campo.

### 3.2.4. Amostragem das plantas e medidas após o transplante

A avaliação do crescimento e desenvolvimento das plantas de *Tagetes patula*, conforme descrito por Boueri (2003), foi feita levando-se em consideração diversas variáveis das plantas, tais como: área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), número de folhas e número de botões florais, ao longo do ciclo da cultura, com frequência semanal, a partir de sete dias após o transplante das mudas para as condições de ambiente protegido e campo. Foram colhidas semanalmente quatro plantas aleatórias em cada ambiente.

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.

O número de folhas e botões florais foi obtido por contagem individual de cada planta, manualmente.

Para determinar o índice de área foliar (IAF), foram utilizadas as medidas de área foliar total de quatro plantas (AF em m<sup>2</sup>) e respectiva área de solo disponível para a planta (m<sup>2</sup>), calculando como se segue:

$$IAF = \frac{AF}{0,06} \quad (11)$$

Boueri (2003) definiu quatro estádios de desenvolvimento para o *Tagetes patula*, de acordo com o seu índice de área foliar: Estádio I: Inicial (1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> semana após o transplante); Estádio II: Desenvolvimento Vegetativo (4<sup>a</sup> a 7<sup>a</sup> semana); Estádio III: Floração (8<sup>a</sup> a 11<sup>a</sup> semana); Estádio IV: Senescência (12<sup>a</sup> semana).

### **3.3. Metodologia Estatística**

Para todas as variáveis foi realizada a análise de variância, no esquema fatorial, seguida do método de Tukey quando necessário.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Condições meteorológicas em ambiente protegido e campo.

O resumo das condições meteorológicas ocorridas durante o período experimental de 81 dias (21/05 a 09/08/2002) está apresentado nas Figuras 10, 11 e 12.

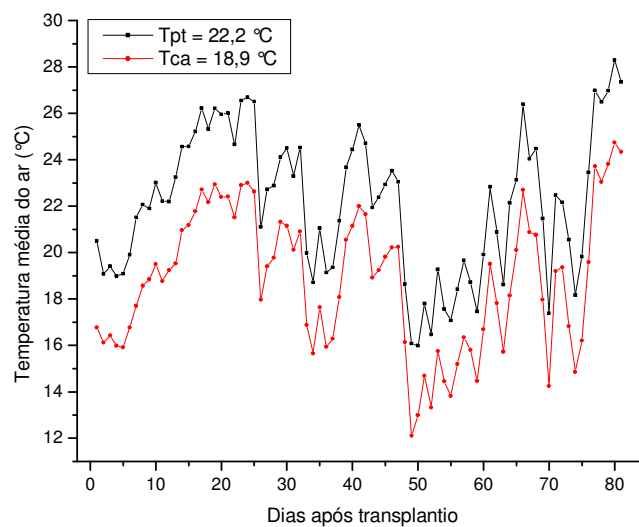


Figura 10. Variação média diária da temperatura do ar, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*, em ambiente protegido (pt) e campo (ca).

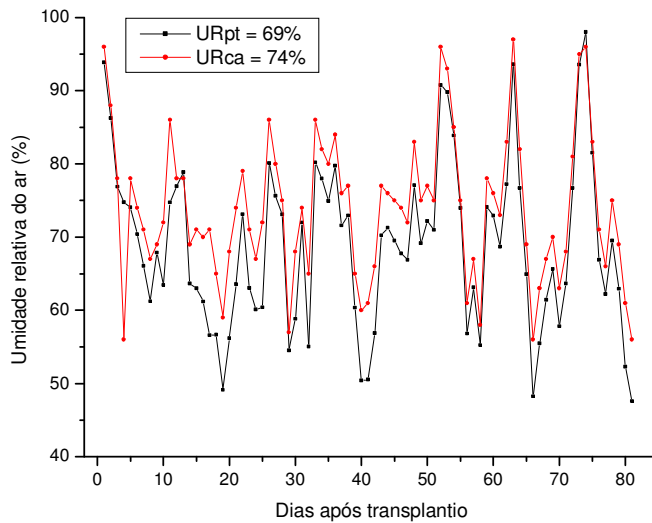


Figura 11. Variação média diária da umidade relativa do ar, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*, em ambiente protegido (pt) e campo (ca).

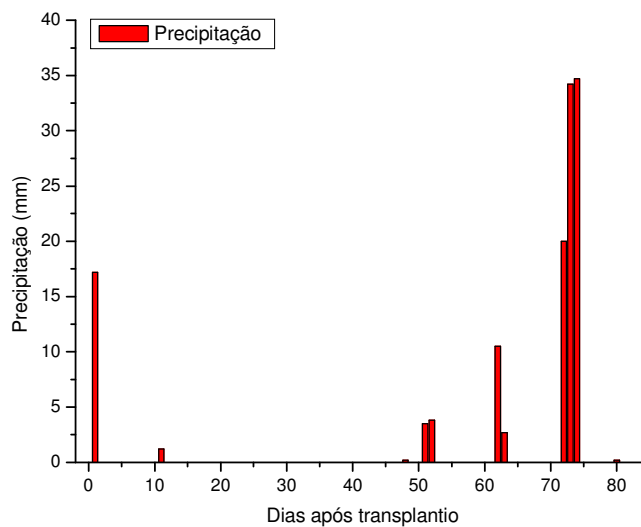


Figura 12. Medida da precipitação pluvial (mm), durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*, na condição de campo.

#### **4.1.1. Balanço de ondas curtas (BOC)**

Os valores médios diários da radiação solar global (RG) durante o ciclo da cultura, foram de 9,4 e 13,9MJ m<sup>-2</sup> para ambiente protegido e campo, respectivamente. A radiação solar refletida (Rr) apresentou valor médio diário de 1,0 MJ m<sup>-2</sup> em ambiente protegido e 1,8MJ m<sup>-2</sup> na condição de campo.

De acordo com Seemann (1979), a menor densidade de fluxo da radiação solar global no interior de ambientes protegidos é devido ao menor valor da radiação solar direta em função da característica difusora da cobertura plástica que transforma parte desta em energia difusa. Outros fatores que podem influenciar no menor valor da radiação direta são: a espessura do material da cobertura, seu tempo de utilização, deposição de poeiras e o ângulo de incidência da radiação solar. Como a fração da radiação solar que é refletida pelo substrato é proveniente, em grande, parte da radiação solar direta, a sua redução em ambiente protegido tem como fatores os mesmos atribuídos à radiação solar direta.

Sendo o balanço de ondas curtas (BOC) correspondente à radiação solar global (RG) menos a radiação solar que é refletida (Rr) pela superfície, os valores médios diários foram de 8,3 e 12,1MJ m<sup>-2</sup> para ambiente protegido e campo, respectivamente.

#### **4.1.2. Balanço de ondas longas (BOL)**

A emissão atmosférica (Ea) em ambiente protegido apresentou um valor médio diário de 26,8MJ m<sup>-2</sup>, valor este maior do que o encontrado a campo, que foi de 23,1MJ m<sup>-2</sup>. O mesmo aconteceu com a emissividade terrestre (Es), onde os valores médios diários foram -30,1 e -28,8MJ m<sup>-2</sup>, para ambiente protegido e campo, respectivamente. Com a diferença entre a emissão atmosférica e a emissão terrestre, encontrou-se os valores do balanço de ondas longas, sendo de -3,3MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> para ambiente protegido e -5,7MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> para campo.

A emissão da atmosfera é proporcional à 4<sup>a</sup> potência de sua temperatura, segundo a Lei de Stefan-Boltzman. Embora dentro do ambiente protegido a

radiação solar global incidente tenha sido menor, a temperatura no seu interior foi em média maior do que no campo em função da cobertura plástica. Devido à sua presença, durante o dia a superfície do plástico se aquecia mais do que o ar à mesma altura no campo, transmitindo esse calor para o interior do ambiente protegido. Associado a isto, a cobertura diminuía a circulação de ar no seu interior provocando aumento da temperatura. A superfície recebendo essa energia dentro do ambiente protegido passa a emitir energia ( $E_s$ ) proporcional à 4ª potência da sua temperatura. Por isso, os valores da emissão atmosférica ( $E_a$ ) e emissão terrestre ( $E_s$ ) são maiores no ambiente protegido.

#### 4.1.3. Saldo de radiação (Rn)

Sendo o saldo de radiação (Rn) composto pelo balanço de ondas curtas (BOC) e o balanço de ondas longas (BOL), como pode ser observado na Tabela 5, seus valores demonstram que o cultivo em ambiente protegido dispôs de menos energia durante o ciclo da cultura. Os valores médios diários para as condições de ambiente protegido e campo foram 5,0 e 6,4 MJ m<sup>-2</sup>, respectivamente, estando de acordo com os valores encontrados por Cunha (2001), que trabalhando com a cultura do pimentão nas duas situações, encontrou menores valores do saldo de radiação em ambiente protegido.

Tabela 5. Valores médios do balanço de ondas curtas (BOC), balanço de ondas longas (BOL) e saldo de radiação (Rn), em MJ m<sup>-2</sup> nas condições de ambiente protegido (pt) e campo (ca).

	BOC		BOL		Rn	
	pt	ca	pt	ca	pt	ca
<b>Média diária</b>	8,3	12,1	-3,3	-5,7	5,0	6,4
<b>Ciclo cultura</b>	675,2	980,1	-266,6	-460,8	408,6	519,3

A Tabela 6 mostra a média e o desvio-padrão do saldo de radiação (Rn) em ambiente protegido e campo, em todos os estádios fenológicos da cultura. Os valores do Rn mostram que não houve efeito da interação cultivo x estágio fenológico e a média do ambiente protegido foi inferior à média do campo. A Figura 13 apresenta as curvas do Rn ao longo do ciclo da cultura.

Tabela 6. Média e desvio-padrão do saldo de radiação (Rn) nas condições de ambiente protegido e campo, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*.

Estádio fenológico	Cultivo	
	Ambiente protegido	Campo
I	5,1±1,5	6,5±2,1
II	4,8±1,2	6,1±1,5
III	5,0±1,8	6,8±2,0
IV	6,7±0,3	9,4±0,4
<b>Média do Cultivo</b>	<b>5,0±1,5b</b>	<b>6,4±1,9a</b>

Letras minúsculas comparam médias dos cultivos.

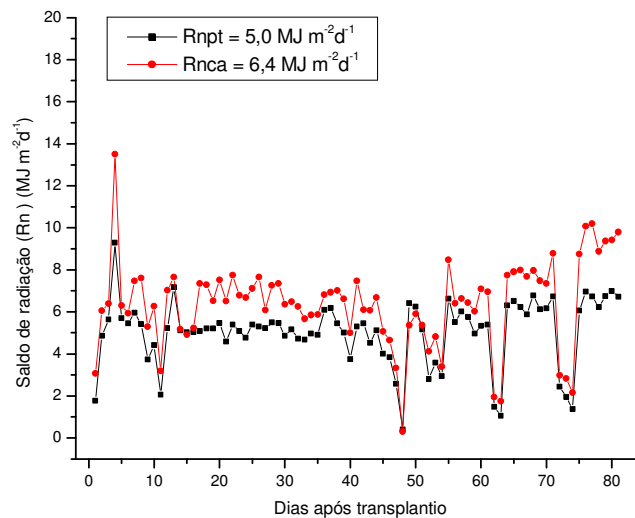


Figura 13. Curvas do saldo de radiação (Rn), em MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, nas condições de ambiente protegido (pt) e campo (ca), durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*.

Relacionando os valores integrados (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) do Rn medido em ambiente protegido com o Rn medido no campo, obteve-se o modelo de regressão mostrado na Figura 14, o qual apresentou coeficiente de determinação de 92%.

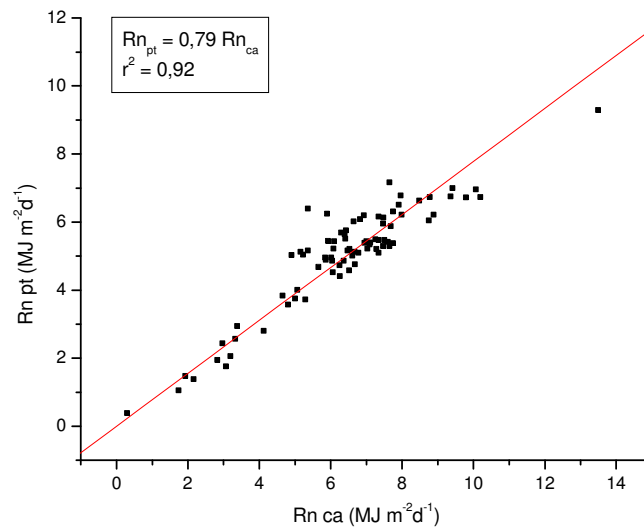


Figura 14. Relação entre o saldo de radiação (Rn) medido em ambiente protegido (pt) e o medido em campo (ca), durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*.

#### 4.2. Análise do crescimento da cultura

Os valores médios e desvio padrão da área foliar (AF) da planta, por estágio fenológico, em ambiente protegido e campo, são apresentados na Tabela 7. Observa-se que não houve efeito da interação cultivo x estágio fenológico e a média do ambiente protegido foi superior à média do campo.

Tabela 7. Média e desvio-padrão referentes à área foliar (AF) da planta, em  $\text{cm}^2$ , durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*, nas condições de ambiente protegido e campo.

Estádio fenológico	Cultivo	
	Ambiente protegido	Campo
I	374,8±142,3	191,7±97,0
II	1834,1±780,9	722,9±513,9
III	2440,4±811,5	1318,7±452,9
IV	2036,5±370,8	1477,1±1217,1
<b>Média do Cultivo</b>	1807,6±990,5a	911,5±658,9b

Letras minúsculas comparam médias dos cultivos.

Os valores médios e desvio padrão do número de folhas por planta, por estágio fenológico, em ambiente protegido e campo, apresentados na Tabela 8, mostram que não houve efeito da interação cultivo x estágio fenológico e a média do ambiente protegido foi superior à média do campo.

Tabela 8. Média e desvio-padrão referentes ao número de folhas por planta, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*, nas condições de ambiente protegido e campo.

Estádio fenológico	Cultivo	
	Ambiente protegido	Campo
I	18,0±6,6	11,5±3,8
II	109,8±50,1	77,0±57,5
III	218,8±89,2	172,7±53,9
IV	228,1±112,1	203,3±89,0
<b>Média do Cultivo</b>	156,0±100,7a	121,4±83,1b

Letras minúsculas comparam médias dos cultivos.

Quanto ao número de botões florais por planta, por estágio fenológico, em ambiente protegido e campo (Tabela 9), não houve diferença entre os ambientes de cultivo e nem houve efeito da interação cultivo x estágio fenológico. Houve um crescente no decorrer do tempo.

Tabela 9. Média e desvio-padrão referentes ao número de botões florais por planta, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*, nas condições de ambiente protegido e campo.

Estádio fenológico	Cultivo	
	Ambiente protegido	Campo
I	2,8±0,7	1,9±0,8
II	20,8±10,4	14,8±10,1
III	48,3±19,2	38,8±13,3
IV	61,7±24,6	61,6±22,5
<b>Média do Cultivo</b>	34,1±23,9	27,8±21,3

Através das Figuras 15 (a), (b) e (c), observa-se que os valores do IAF em ambiente protegido são maiores que na condição de campo, indicando que em ambiente protegido as plantas tiveram um maior número de folhas e folhas de maior tamanho.

Quanto à produção de flores, a Figura 15 (d) mostra que houve um crescente do número de botões florais por planta no decorrer do ciclo. À partir da 9ª semana, apesar de ainda se ter produção, as flores já começam a entrar em senescência.

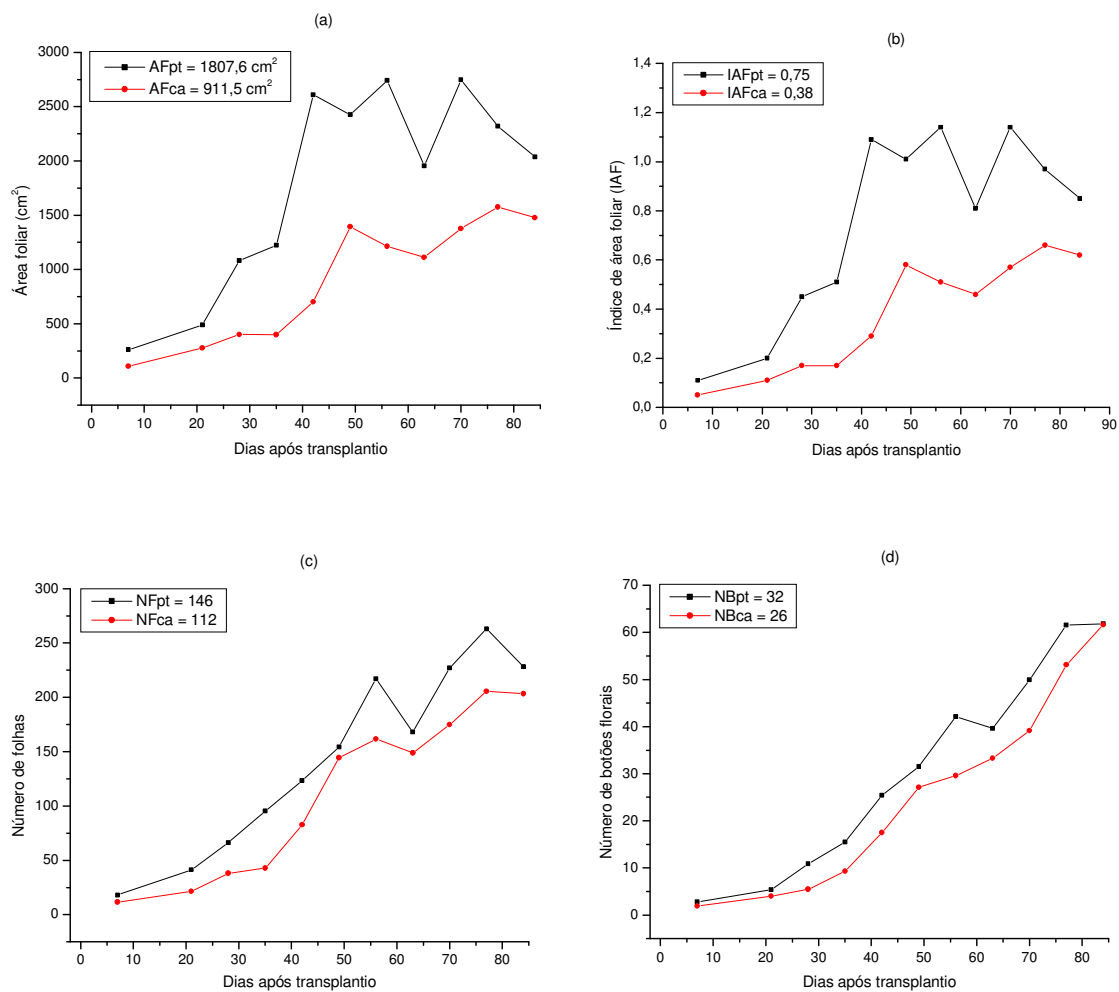


Figura 15. Valores médios de área foliar (AF) (a), índice de área foliar (IAF) (b), número de folhas (c) e número de botões florais (d) por planta, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*, nas condições de ambiente protegido (pt) e campo (ca).

### 4.3. Balanço de energia

O método do balanço de energia permite através de medidas do saldo de radiação ( $R_n$ ), fluxo de calor no solo ( $G$ ), temperatura do ar e pressão de vapor d'água (bulbos seco e úmido) entre dois níveis distintos acima do dossel da cultura, determinar os fluxos de calor latente de evaporação ( $LE$ ) e fluxos de calor sensível ( $H$ ).

Entre os dados obtidos pelo método do balanço de energia, foram excluídos 2% em ambiente protegido e 14% no campo por serem considerados inconsistentes.

As Tabelas 10, 11 e 12 apresentam, respectivamente, as médias e desvio-padrão do fluxo de calor latente ( $LE$ ), fluxo de calor sensível ( $H$ ) e fluxo de calor no solo ( $G$ ), nas condições de ambiente protegido e campo, em todos os estádios fenológicos da cultura.

Para o  $LE$ , não houve efeito da interação cultivo x estágio fenológico e a média encontrada para a condição de campo foi superior à do ambiente protegido.

Quanto ao  $H$ , não houve efeito da interação cultivo x estágio fenológico e a média na condição de campo foi superior à do ambiente protegido.

A média do  $G$  na condição de campo foi superior à do ambiente protegido. Para o ambiente protegido o estágio III foi superior ao I. Para o campo a média do estágio IV foi superior ao II.

Tabela 10. Média e desvio-padrão do fluxo de calor latente ( $LE$ ) nas condições de ambiente protegido e campo, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*.

Estádio fenológico	Cultivo	
	Ambiente protegido	Campo
I	5,2±1,5	6,1±2,4
II	5,2±1,4	6,2±1,9
III	5,4±2,1	7,9±8,5
IV	6,3±0,7	8,7±0,9
<b>Média do Cultivo</b>	5,3±1,6b	6,8±5,1a

Letras minúsculas comparam médias dos cultivos.

Tabela 11. Média e desvio-padrão do fluxo de calor sensível (H) nas condições de ambiente protegido e campo, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*.

Estádio fenológico	Cultivo	
	Ambiente protegido	Campo
I	0,18±0,09	2,16±5,14
II	0,12±0,06	1,87±6,16
III	0,11±0,09	4,83±8,97
IV	0,05±0,04	1,08±0,91
<b>Média do Cultivo</b>	0,13±0,09b	2,93±6,97a

Letras minúsculas comparam médias dos cultivos.

Tabela 12. Média e desvio-padrão do fluxo de calor no solo (G) nas condições de ambiente protegido e campo, durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*.

Estádio fenológico	Cultivo	
	Ambiente protegido	Campo
I	0,22±0,15b B	0,87±0,85a AB
II	0,39±0,35a AB	0,59±0,53a B
III	0,83±0,84a A	0,74±0,77a AB
IV	0,50±0,36a AB	1,67±0,28a A
<b>Média do Cultivo</b>	0,50±0,59b	0,77±0,73a

Letras minúsculas comparam média de cultivo dentro de cada estágio.

Letras maiúsculas comparam médias de estágio dentro de cada cultivo.

A Tabela 13 apresenta a relação dos componentes do balanço de energia com a energia disponível no sistema, durante os estádios fenológicos da cultura, em ambiente protegido e a campo. Ao longo do ciclo da cultura, a energia disponível (Rn) foi mais utilizada na forma de calor latente (LE) do que para o aquecimento do ar (H) e do solo (G), como pode ser observado na Figura 16.

Tabela 13. Relação do fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G) com o saldo de radiação (Rn), durante os estádios fenológicos da cultura do *Tagetes patula*, em ambiente protegido e campo.

Estádio	Cultivo							
	Ambiente protegido				Campo			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
LE/Rn	102,1	105,6	105,7	94,1	95,3	99,5	93,4	92,9
H/Rn	3,8	2,5	2,6	0,7	17,0	11,3	14,7	11,6
G/Rn	4,4	9,4	15,2	7,6	13,0	8,2	13,0	17,9

Os valores de LE em ambiente protegido superaram os valores do Rn nos 3 primeiros estádios, ao contrário do que ocorreu na condição de campo, onde os valores de LE estiveram abaixo do Rn disponível nos 4 estádios fenológicos.

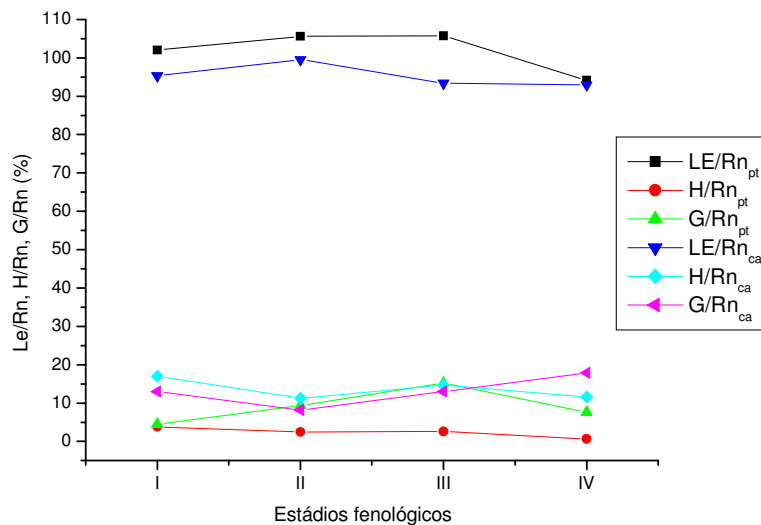


Figura 16. Relação do fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G) com o saldo de radiação (Rn), durante os estádios fenológicos da cultura do *Tagetes patula*, em ambiente protegido (pt) e campo (ca).

Os valores de LE/Rn acima de 100% devem-se ao efeito de advecção, havendo transporte lateral de energia da área vizinha para a cultura, representando fonte adicional de energia para a evaporação (Berlato e Molion, 1981).

Este fato foi constatado também pelo  $H$  positivo, verificado em alguns dias do período analisado e pela razão  $LE/(R_n - G)$  maior que a unidade nos totais diários. Mesmo quando esta razão é inferior à unidade, conforme Rosemberg (1974), não se pode afirmar que não ocorreu advecção.

A inversão do fluxo de calor sensível representada pelos valores positivos de  $H$ , mais freqüente em ambiente protegido, pode ser devido à deposição do orvalho sobre as folhas das plantas, contribuindo para a diminuição de sua temperatura, tendo em vista o maior conteúdo de vapor d'água e IAF neste local. Também durante a noite, a superfície do plástico se resfriava mais rapidamente do que a camada de ar à mesma altura no campo, causando inversão térmica.

O valor de  $\beta$  depende fundamentalmente das condições hídricas da superfície evaporante. Se a superfície estiver umedecida, maior parte da  $R_n$  será utilizada em  $LE$ , resultando em  $\beta$  pequeno. Se, pelo contrário, a superfície apresentar restrição hídrica, maior parte de  $R_n$  será utilizada no aquecimento do ar, resultando em  $\beta$  elevado. Tanto  $LE$  como  $H$  são negativos quando fluem da superfície para o ar, e positivos no sentido contrário. Logo, para uma superfície evaporante, o sinal de  $\beta$  depende apenas do sinal de  $H$ . Se  $H$  for positivo,  $\beta$  será negativo; se  $H$  for negativo,  $\beta$  será positivo. Portanto,  $\beta$  negativo significa que está havendo transporte de calor sensível do ar mais quente para a superfície mais fria, condição de advecção ou de inversão térmica; nesse caso,  $LE$  pode até suplantar  $R_n$ , pois  $H$  representa um adicional de energia disponível à superfície evaporante (Pereira et al., 1997).

Em média, verificou-se que o saldo de radiação foi distribuído em 102% para  $LE$ , 2% para  $H$  e 9% para  $G$  em ambiente protegido. Na condição de campo, a distribuição foi de 95%, 14% e 13% para  $LE$ ,  $H$  e  $G$ , respectivamente.

Há uma grande variação nos valores percentuais dos componentes do balanço de energia encontrados nos diferentes trabalhos de pesquisa. Possivelmente, isto é função das diferenças de ambientes e também diferenças na vegetação.

### 4.3.1. Validação do Balanço de energia dentro e fora de ambiente protegido

A Figura 17 apresenta os valores da relação  $(LE + H)$  e  $(Rn - G)$  para o ciclo da cultura do *Tagetes patula*, nas condições de ambiente protegido e campo. Observa-se que em ambiente protegido, o valor do coeficiente de determinação foi de 75%, enquanto que em campo, o valor encontrado foi de 65%. Isto pode ser explicado devido ao fato do maior turbilhonamento da atmosfera fora do ambiente protegido.

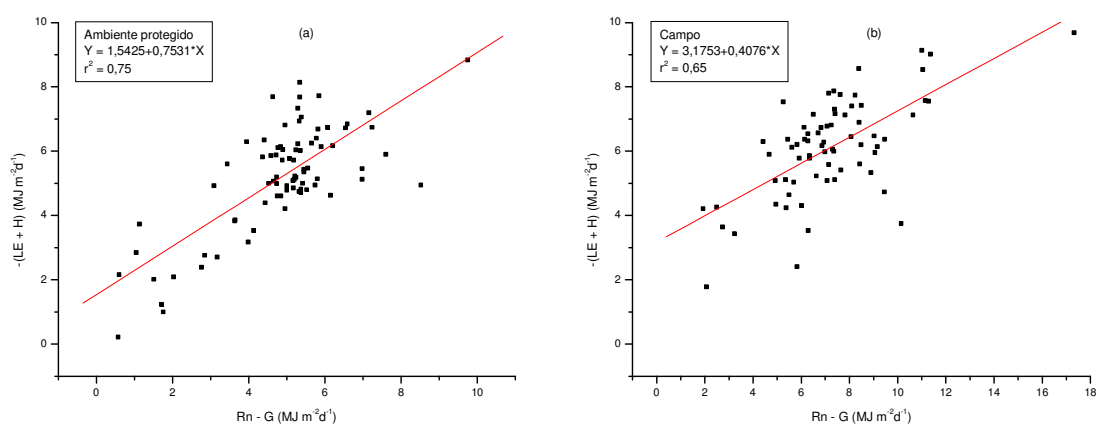


Figura 17. Correlação entre a energia disponível no sistema ( $Rn - G$ ) e os fluxos de calor latente e sensível ( $LE + H$ ), nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b), durante o ciclo da cultura *Tagetes patula*.

### 4.4. Medidas e estimativas da evapotranspiração da cultura (ETc)

O valor mensurado pelo lisímetro, para o período analisado, foi de 115 e 119mm, com médias de 1,4 e 1,5  $mm d^{-1}$  para as condições de ambiente protegido e campo, respectivamente, apresentando praticamente o mesmo consumo de água.

Já com o emprego do método da razão de Bowen, a evapotranspiração média da cultura foi de 172 e 184mm para todo o ciclo, com médias 2,1 e 2,6  $mm d^{-1}$  para ambiente protegido e campo, respectivamente. Na Tabela 14, são apresentados os valores médios durante o ciclo da cultura e na Tabela 15, os valores médios

por estágio fenológico, da evapotranspiração obtida pelo método da razão de Bowen e medida pelo lisímetro, nas condições de ambiente protegido e campo.

Tabela 14. Valores médios, em mm, da evapotranspiração estimada pelo método da razão de Bowen e medidos pelo lisímetro de lençol freático constante, da cultura do *Tagetes patula*, nas condições de ambiente protegido (pt) e campo (ca).

	Lisímetro		Razão de Bowen	
	pt	ca	pt	ca
<b>Ciclo da cultura</b>	115	119	172	184
<b>Média diária</b>	1,4	1,5	2,1	2,6

Tabela 15. Valores médios, em mm, da evapotranspiração da cultura do *Tagetes patula* estimada pelo método da razão de Bowen e medidos pelo lisímetro de lençol freático constante, por estágio fenológico, nas condições de ambiente protegido (pt) e campo (ca).

Estádio de desenvolvimento	Lisímetro		Razão de Bowen	
	pt	ca	pt	ca
<b>I - Inicial</b>	0,9	1,4	2,1	2,5
<b>II -Desenvolvimento vegetativo</b>	1,6	1,8	2,1	2,6
<b>III - Floração</b>	1,5	1,3	2,1	2,6
<b>IV - Senescência</b>	2,0	1,8	2,6	3,6

Estes valores mostram que a estimativa da evapotranspiração pelo método da razão de Bowen superestimou a evapotranspiração medida no lisímetro de lençol freático em 50% em ambiente protegido e 55% na condição de campo.

Cury Lunardi (2000) estudando a condição de umidade da superfície do solo na evapotranspiração de referência (grama) concluiu que embora as características construtivas do lisímetro de lençol freático permitam que as irrigações superficiais possam ser dispensadas, nestas condições a não evaporação do solo ou a lentidão na ascensão capilar por interrupção da capilaridade provocam o prevailecimento da transpiração.

Portanto, esta superestimativa da evapotranspiração pelo método da razão de Bowen pode ser devido ao fato das medidas do lisímetro não serem de evapotranspiração e sim, transpiração da cultura; e também devido ao efeito da advecção como fonte adicional de energia (ganho lateral) para a evapotranspiração (LE).

Embora o *Tagetes patula* tenha se desenvolvido plenamente, graças à obtenção de água pelas raízes a profundidades maiores, a interrupção da capilaridade nos primeiros centímetros de solo pode ter levado a predominância da transpiração no processo de evapotranspiração, com diminuição ou mesmo interrupção da evaporação do solo.

Apesar de não haver correlação entre os dados da evapotranspiração medida pelos lisímetros e a estimada pela razão de Bowen (Figura 18), devido a esta estar sujeita aos efeitos advectivos já comentados anteriormente, pode-se observar na Figura 19 que as curvas das estimativas pela razão de Bowen acompanham as curvas das medidas do lisímetro. A diferença é numérica, mas o comportamento é o mesmo.

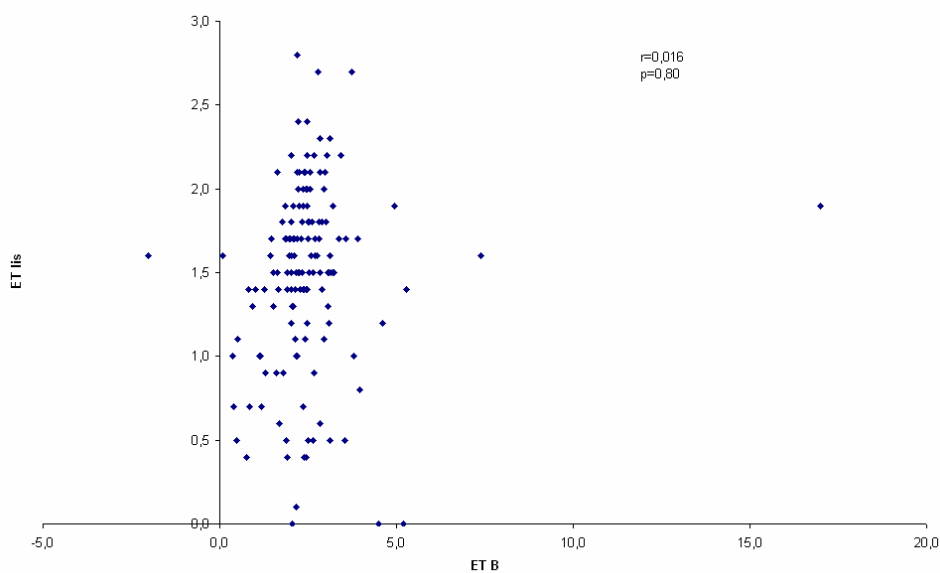


Figura 18. Correlação entre a evapotranspiração estimada pelo método da razão de Bowen e a evapotranspiração medida pelo lisímetro.

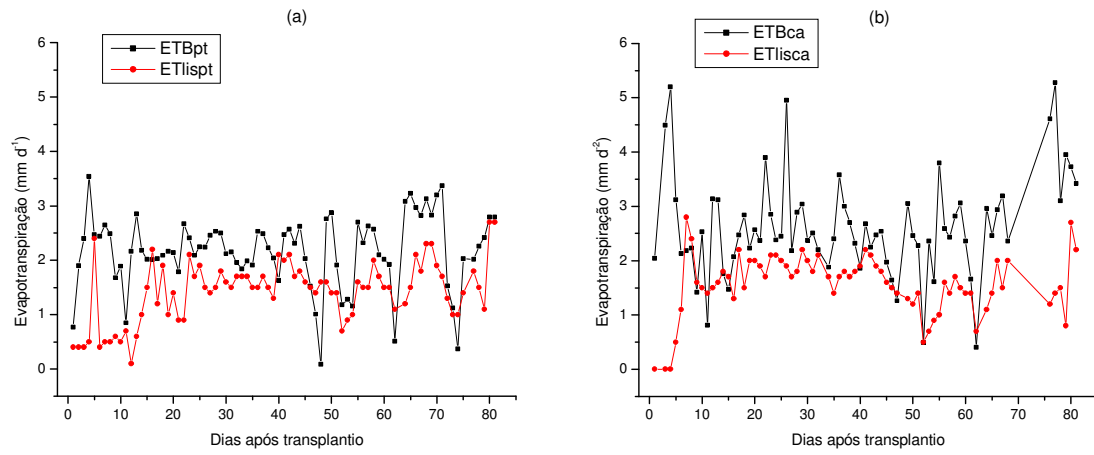


Figura 19. Valores médios diários da evapotranspiração estimada pela razão de Bowen e medida pelo lisímetro de lençol freático constante, nas condições de ambiente protegido (a) e campo (b), durante o ciclo da cultura do *Tagetes patula*.

## 5. CONCLUSÕES

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

a) Verificou-se que o saldo de radiação foi distribuído em 102% para LE, 2% para H e 9% para G em ambiente protegido. Na condição de campo, a distribuição foi de 95%, 14% e 13% para LE, H e G, respectivamente;

b) Os valores de LE/Rn acima de 100% se devem ao efeito da advecção como fonte adicional de energia (ganho lateral) para a evapotranspiração da cultura, indicando que a área tampão não foi homogênea o suficiente;

c) A estimativa da evapotranspiração pelo método da razão de Bowen superestimou a evapotranspiração medida no lisímetro de lençol freático em 50% em ambiente protegido e 55% na condição de campo. A diferença foi numérica, mas o comportamento foi similar;

d) Embora as características construtivas do lisímetro de lençol freático permitam que as irrigações superficiais possam ser dispensadas, nestas condições a

não evaporação do solo ou a lentidão na ascensão capilar por interrupção da capilaridade provocam o prevailecimento da transpiração. Portanto, esta superestimativa da evapotranspiração pelo método da razão de Bowen pode ser devido ao fato das medidas do lisímetro não serem de evapotranspiração e sim, transpiração da cultura; e também devido a fonte adicional de energia (advecção) para a evapotranspiração (LE).

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKI, A. **Retrospectiva 1999**. Campinas: IBRAFLOR, 1999. 5 p.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 75p. (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 56).

BELCHER, J.V.; HUSSEY, R.S. Influence of *Tagetes patula* and *Arachis hypogaea* on *Meloidogyne incognita*. **Plant Disease Reporter**, v.61, n.7, p.525-28, 1977.

BERLATO, M.A.; MOLION, L.C.B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: IPAGRO, 1981. 95p.

BLAD, B.L.; ROSENBERG, N.J. Lysimetric calibration of the Bowen ratio-energy balance method for evapotranspiration estimation in the central great plains. **Journal of Applied Meteorology**, v.13, p.227-236, 1974.

BOUERI, M. A. **Caracterização do saldo de radiação em ambiente protegido e a campo e seus efeitos sobre as necessidades hídricas do cravo-de-defunto (*Tagetes sp.*)**. 2003. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

BOWEN, I.S. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. **Physical Review**, New York, v.27, p.779-787, 1926.

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

CUNHA, A.R. **Parâmetros agrometeorológicos de cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em ambientes protegido e de campo**. 2001. 128f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CUNHA, R.C.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R. Balanço de energia em cultivo de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n. 1, p.1-14, 1996.

CURY LUNARDI, D.M.; LAPERUTA FILHO, J.; KROLL, L.B. Comparação entre valores de evapotranspiração estimada pelo método Penman-FAO e medidos com lisímetros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.704-706.

CURY LUNARDI, D.M. **Efeito da condição de umidade da superfície do solo na evapotranspiração de referência medida e estimada**. 2000. 103f. Tese (Livre Docência em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

ENCICLOPÉDIA de plantas e flores. Abril cultural, 1977. 174p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FLORTEC. **Produção de forrações para paisagismo e jardinagem**. FLORTEC, p.23, 1998.

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em soja irrigada e não irrigada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p.403-410, 1991.

FRISINA, V.A.; ESCOBEDO, J.F. Balanço de radiação e energia da cultura de alface em estufa de polietileno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.10, 1999.

FURLAN, R.A. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido**. 2001. 146f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem)–Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

GALVANI, E. **Avaliação agrometeorológica do cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) em ambientes protegido e a campo, em ciclos de outono-inverno e primavera-verão**. 2001. 124f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

GUISELINI, C. **Microclima e produção de Gérbera em ambientes protegidos com diferentes tipos de cobertura**. 2002. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Física do Ambiente Agrícola)-Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HACKNEY, R.W.; DICKERSON, O.J. Marigold, Castor bean, and Chrysanthemum as Controls of *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus alleni*. **Journal of Nematology**, v.7, n.1, p.84-90, 1975.

HEILMAN, J.L.; BRITTIN, C.L. Fetch requirements for Bowen ratio measurements of latent and sensible heat fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.44, p.261-273, 1989.

HOWELL, T.A.; SCHNEIDER, A.D.; JENSEN, M.E. **History of lysimeter design and use for evapotranspiration. Lysimeter for evapotranspiration and environment measurements**. New York: ASCE, p.1-19, 1991.

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA (IBRAFLOR). Análise conjuntural das exportações de flores e plantas ornamentais do Brasil, 2004. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com.br>> Acesso em: 01/08/2005.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. Agência de Notícias Brasil Árabe (ANBA). Agência SEBRAE , 2006. Disponível em: <<http://www.anba.com.br/noticia.php?id=11772>> Acesso em: 19/07/2006.

KAMPF, A.N. **Produção Comercial de Plantas Ornamentais**. Guaíba-RS: Editora Agropecuária, 2000. 219p.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas Ornamentais no Brasil. Arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. São Paulo: Editora Plantarum, 1995. 720 p.

MEDINA, A. L.; BEMILLER, J.N. Marigold flower meal as a source of an emulsifying gum. In: J.Janick and J.E.Simon. **New crops**. New York: Wiley, 1993.

ODUOR-OWINO, P.; WAUDO, S.W. Comparative efficacy of nematicides and nematicidal plants on root-knot nematodes. **Trop. Agric. (Trinidad)**, v.71, n.4, p.272-74, 1994.

OLIVEIRA, C.R. Cultivo em ambiente protegido. **Boletim Técnico CATI**, n.232, p.1-31, 1997.

OLIVEIRA, G.M. et al. Uma análise dos componentes do balanço de energia sobre um cultivo de amendoim irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, Piracicaba, 1997. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 1997. p.535-537.

OLIVEIRA, M.R.V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.8, p.1049-1060, 1995.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica “Ceres” LTDA, 1981. 425p.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PEREZ, P.J. et al. Assessment of reliability of Bowen ratio method for partitioning fluxes. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.97, p.141-150, 1999.

RIGHI, E.Z. **Balanco de energia e evapotranspiração de cafezal adensado em crescimento sob irrigação localizada**. 2004. 151f. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

ROSEMBERG, N. **Microclimate: the biological environment**. New York: Wiley, 1974. 315p.

SEEMANN, J. Greenhouse climate. In: SEEMANN, J. **Agrometeorology**. New York, Springer-Verlag, 1979, p.165-178.

SILVA, L.D.B. **Evapotranspiração do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) e grama batatais (*Paspalum notatum* Flugge) utilizando o método do balanço de energia e lisímetro de pesagem**. 2003. 93f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SILVA, T.J.A. **Evapotranspiração e coeficiente de cultivo de maracujazeiros determinados pelo método do balanço de radiação e lisimetria de pesagem hidráulica**. 2005. 99f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVEIRA, R. B. A. Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais, 1993. Disponível em: <http://www.uesb.br/flower/sbfpo.html>. Acesso em: 20/11/2006.

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.

UNLAND, H.E. et al. Surface flux measurement and modelling at a semi-arid Sonoran Desert site. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 82, p.119-153, 1996.

VASILENKO, Y.U.K.; BOGDANOV, A.N.; FROLOV, L.M.; FROLOV, A.V. Hepatoprotective properties of preparation from spreading marigold. **Khim-Farm Zh**, v.24, p.153-56, 1990.

VASUDEVAN, P.; KASHYAP, S.; SHARMA, S. Tagetes: A multipurpose plant. **Bioresource Tecnology**, v.62, n.1-2, p.29-35, 1997.

VIANA, T.V.A. **Evapotranspiração obtida com o sistema razão de Bowen e um lisímetro de pesagem em ambiente protegido**. 2000. 137f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

VILLA NOVA, N.A. **Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz**. 1973. 89f. Tese (Livre Docência)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1973.

VILLA NOVA, N.A. **Principais métodos de estimativa de aplicação de água de irrigação**. Piracicaba: ESALQ, 1987. 22p.

## **APÉNDICE**

**Tabela 1.** Valores médios diários, em MJ m<sup>-2</sup>, da razão de Bowen ( $\beta$ ), saldo de radiação (Rn), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e as relações de LE, H e G com Rn (%) durante o I estágio fenológico da cultura do *Tagetes patula*, em ambiente protegido (pt).

<b>DATA</b>	<b><math>\beta</math> pt</b>	<b>Rn pt</b>	<b>LE pt</b>	<b>H pt</b>	<b>G pt</b>	<b>LE/Rn pt</b>	<b>H/Rn pt</b>	<b>G/Rn pt</b>
<b>21/05</b>	0,07	1,76	-1,88	-0,13	0,25	-106,80	-7,40	14,20
<b>22/05</b>	0,07	4,86	-4,66	-0,33	0,13	-95,81	-6,86	2,67
<b>23/05</b>	0,03	5,64	-5,88	-0,16	0,4	-104,23	-2,86	7,09
<b>24/05</b>	0,02	9,29	-8,67	-0,16	-0,46	-93,29	-1,76	-4,95
<b>25/05</b>	-0,01	5,69	-6,05	0,03	0,33	-106,38	0,58	5,80
<b>26/05</b>	-0,04	5,45	-5,98	0,26	0,27	-109,74	4,79	4,95
<b>27/05</b>	-0,04	5,95	-6,50	0,25	0,3	-109,27	4,23	5,04
<b>28/05</b>	-0,05	5,42	-6,10	0,33	0,35	-112,61	6,16	6,46
<b>29/05</b>	-0,07	3,73	-4,13	0,30	0,1	-110,66	7,98	2,68
<b>30/05</b>	-0,05	4,41	-4,62	0,23	-0,02	-104,76	5,21	-0,45
<b>31/05</b>	0,00	2,06	-2,09	0,00	0,03	-101,53	0,07	1,46
<b>01/06</b>	-0,01	5,22	-5,29	0,06	0,01	-101,34	1,01	0,19
<b>02/06</b>	0,03	7,17	-6,99	-0,20	0,02	-97,46	-2,82	0,28
<b>03/06</b>	-0,05	5,12	-5,34	0,26	-0,04	-104,36	5,14	-0,78
<b>04/06</b>	-0,04	5,03	-4,96	0,22	-0,29	-98,52	4,29	-5,77
<b>05/06</b>	-0,04	5,04	-4,92	0,21	-0,33	-97,69	4,24	-6,55
<b>06/06</b>	-0,03	5,09	-4,98	0,17	-0,28	-97,80	3,30	-5,50
<b>07/06</b>	-0,02	5,21	-5,12	0,12	-0,21	-98,26	2,29	-4,03
<b>08/06</b>	-0,02	5,21	-5,30	0,12	-0,03	-101,78	2,36	-0,58
<b>09/06</b>	-0,02	5,47	-5,25	0,11	-0,33	-95,94	1,97	-6,03
<b>10/06</b>	-0,04	4,58	-4,38	0,17	-0,37	-95,73	3,81	-8,08
<b>Média</b>		<b>5,1</b>	<b>-5,2</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,01</b>	<b>-102,1</b>	<b>1,71</b>	<b>0,38</b>
<b>Média*</b>		<b>5,1</b>	<b>5,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>102,1</b>	<b>3,8</b>	<b>4,4</b>

Valores negativos indicam fluxos para fora do sistema e positivo indicam fluxo para o sistema.

\*Média desconsiderando os sinais do fluxo de saída de energia do sistema.

**Tabela 2.** Valores médios diários, em MJ m<sup>-2</sup>, da razão de Bowen ( $\beta$ ), saldo de radiação (Rn), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e as relações de LE, H e G com Rn (%) durante o I estágio fenológico da cultura do *Tagetes patula*, na condição de campo (ca).

DATA	$\beta$ ca	Rn ca	LE ca	H ca	G ca	LE/Rn ca	H/Rn ca	G/Rn ca
21/05	-0,16	3,07	-5,01	0,80	1,14	-163,06	25,93	37,13
23/05	-0,32	6,39	-11,00	3,47	1,14	-172,16	54,32	17,84
24/05	-0,24	13,50	-12,73	3,05	-3,82	-94,31	22,60	-28,30
25/05	-0,17	6,30	-7,64	1,32	0,02	-121,34	21,02	0,32
26/05	0,00	5,93	-5,23	0,00	-0,7	-88,16	-0,03	-11,80
27/05	0,46	7,47	-5,34	-2,46	0,33	-71,52	-32,90	4,42
28/05	0,44	7,61	-5,46	-2,41	0,26	-71,70	-31,71	3,42
29/05	0,70	5,29	-3,47	-2,43	0,61	-65,60	-45,93	11,53
30/05	0,03	6,26	-6,19	-0,18	0,11	-98,90	-2,86	1,76
31/05	0,84	3,19	-1,98	-1,66	0,45	-62,16	-51,94	14,11
01/06	-0,11	7,03	-7,69	0,88	-0,22	-109,46	12,58	-3,13
02/06	-0,20	7,65	-7,66	1,52	-1,51	-100,08	19,81	-19,74
03/06	0,00	5,16	-4,30	-0,01	-0,85	-83,34	-0,19	-16,47
04/06	-0,02	4,91	-3,59	0,06	-1,38	-73,12	1,23	-28,11
05/06	0,01	5,23	-5,08	-0,03	-0,12	-97,12	-0,59	-2,29
06/06	0,02	7,34	-6,05	-0,15	-1,14	-82,41	-2,06	-15,53
07/06	0,03	7,28	-6,95	-0,21	-0,12	-95,50	-2,86	-1,65
08/06	-0,01	6,53	-5,47	0,06	-1,12	-83,70	0,86	-17,15
09/06	-0,05	7,51	-6,29	0,33	-1,55	-83,80	4,44	-20,64
10/06	0,06	6,52	-5,81	-0,36	-0,35	-89,14	-5,49	-5,37
<b>Média</b>		<b>6,5</b>	<b>-6,1</b>	<b>0,08</b>	<b>-0,4</b>	<b>-95,3</b>	<b>0,7</b>	<b>-4,0</b>
<b>Média*</b>		<b>6,5</b>	<b>6,1</b>	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	<b>95,3</b>	<b>17,0</b>	<b>13,0</b>

Valores negativos indicam fluxos para fora do sistema e positivo indicam fluxo para o sistema.

\*Média desconsiderando os sinais do fluxo de saída de energia do sistema.

**Tabela 3.** Valores médios diários, em MJ m<sup>-2</sup>, da razão de Bowen ( $\beta$ ), saldo de radiação (Rn), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e as relações de LE, H e G com Rn (%) durante o II estágio fenológico da cultura do *Tagetes patula*, em ambiente protegido (pt).

<b>DATA</b>	<b><math>\beta</math> pt</b>	<b>Rn pt</b>	<b>LE pt</b>	<b>H pt</b>	<b>G pt</b>	<b>LE/Rn pt</b>	<b>H/Rn pt</b>	<b>G/Rn pt</b>
<b>11/06</b>	-0,03	5,38	-6,53	0,18	0,97	-121,44	3,41	18,03
<b>12/06</b>	-0,01	5,09	-5,90	0,08	0,73	-115,83	1,48	14,34
<b>13/06</b>	-0,03	4,76	-5,13	0,13	0,24	-107,76	2,72	5,04
<b>14/06</b>	-0,03	5,4	-5,51	0,16	-0,05	-102,07	2,99	-0,93
<b>15/06</b>	0,04	5,3	-5,49	-0,23	0,42	-103,52	-4,41	7,92
<b>16/06</b>	-0,03	5,22	-6,03	0,17	0,64	-115,43	3,17	12,26
<b>17/06</b>	-0,01	5,49	-6,20	0,06	0,65	-112,87	1,03	11,84
<b>18/06</b>	-0,01	5,47	-6,13	0,08	0,58	-112,11	1,51	10,6
<b>19/06</b>	-0,02	4,86	-5,18	0,11	0,21	-106,68	2,35	4,32
<b>20/06</b>	-0,03	5,16	-5,27	0,15	-0,04	-102,19	2,96	-0,78
<b>21/06</b>	-0,04	4,73	-4,79	0,18	-0,12	-101,32	3,85	-2,54
<b>22/06</b>	0,02	4,68	-4,52	-0,09	-0,07	-96,49	-2,01	-1,5
<b>23/06</b>	0,01	4,96	-4,87	-0,05	-0,04	-98,1	-1,1	-0,81
<b>24/06</b>	0,02	4,89	-4,69	-0,09	-0,11	-95,89	-1,86	-2,25
<b>25/06</b>	0,03	6,09	-6,19	-0,21	0,31	-101,6	-3,49	5,09
<b>26/06</b>	0,01	6,19	-6,09	-0,08	-0,02	-98,39	-1,29	-0,32
<b>27/06</b>	0,00	5,44	-5,45	0,02	-0,01	-100,27	0,45	-0,18
<b>28/06</b>	-0,03	5,01	-5,00	0,15	-0,16	-99,82	3,01	-3,19
<b>29/06</b>	-0,03	3,75	-4,00	0,14	0,11	-106,55	3,61	2,93
<b>30/06</b>	-0,03	5,3	-6,05	0,17	0,58	-114,2	3,26	10,94
<b>01/07</b>	-0,03	5,44	-6,29	0,18	0,67	-115,54	3,22	12,32
<b>02/07</b>	-0,01	4,52	-5,67	0,07	1,08	-125,36	1,46	23,89
<b>03/07</b>	-0,02	5,12	-6,41	0,12	1,17	-125,28	2,42	22,85
<b>04/07</b>	-0,01	4,01	-4,98	0,05	0,92	-124,27	1,32	22,94
<b>05/07</b>	-0,05	3,83	-3,73	0,20	-0,3	-97,3	5,13	-7,83
<b>06/07</b>	-0,04	2,57	-2,47	0,09	-0,19	-96,28	3,67	-7,39
<b>07/07</b>	-0,03	0,39	-0,22	0,01	-0,18	-55,49	1,65	-46,15
<b>08/07</b>	0,00	6,4	-6,75	0,02	0,33	-105,55	0,39	5,16
<b>Média</b>		<b>4,8</b>	<b>-5,2</b>	<b>0,06</b>	<b>0,3</b>	<b>-105,6</b>	<b>1,5</b>	<b>4,2</b>
<b>Média*</b>		<b>4,8</b>	<b>5,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,4</b>	<b>105,6</b>	<b>2,5</b>	<b>9,4</b>

Valores negativos indicam fluxos para fora do sistema e positivo indicam fluxo para o sistema.

\*Média desconsiderando os sinais do fluxo de saída de energia do sistema.

**Tabela 4.** Valores médios diários, em MJ m<sup>-2</sup>, da razão de Bowen ( $\beta$ ), saldo de radiação (Rn), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e as relações de LE, H e G com Rn (%) durante o II estágio fenológico da cultura do *Tagetes patula*, na condição de campo (ca).

<b>DATA</b>	<b><math>\beta</math> ca</b>	<b>Rn ca</b>	<b>LE ca</b>	<b>H ca</b>	<b>G ca</b>	<b>LE/Rn ca</b>	<b>H/Rn ca</b>	<b>G/Rn ca</b>
<b>11/06</b>	-0,23	7,75	-9,56	2,16	-0,35	-123,41	27,93	-4,52
<b>12/06</b>	-0,04	6,78	-6,99	0,26	-0,05	-103,14	3,88	-0,74
<b>13/06</b>	0,04	6,68	-5,83	-0,23	-0,62	-87,31	-3,41	-9,28
<b>14/06</b>	-0,11	7,11	-6,01	0,68	-1,78	-84,51	9,55	-25,04
<b>15/06</b>	-0,43	7,65	-12,14	5,25	-0,76	-158,68	68,61	-9,93
<b>16/06</b>	-0,05	6,08	-5,34	0,26	-1,0	-87,76	4,21	-16,45
<b>17/06</b>	-0,09	7,26	-7,08	0,63	-0,81	-97,46	8,62	-11,16
<b>18/06</b>	-0,02	7,34	-7,46	0,16	-0,04	-101,61	2,15	-0,54
<b>19/06</b>	-0,04	6,36	-5,82	0,24	-0,78	-91,47	3,74	-12,26
<b>20/06</b>	-0,03	6,48	-6,15	0,17	-0,5	-94,86	2,58	-7,72
<b>21/06</b>	-0,05	6,25	-5,38	0,27	-1,14	-86,12	4,36	-18,24
<b>23/06</b>	0,25	5,85	-4,61	-1,17	-0,07	-78,77	-20,03	-1,2
<b>24/06</b>	0,04	5,87	-5,88	-0,24	0,25	-100,17	-4,08	4,26
<b>25/06</b>	-0,19	6,82	-8,77	1,63	0,32	-128,64	23,95	4,69
<b>26/06</b>	-0,08	6,93	-7,36	0,58	-0,15	-106,17	8,33	-2,16
<b>27/06</b>	-0,15	7,01	-6,60	1,00	-1,41	-94,19	14,31	-20,11
<b>28/06</b>	0,10	6,61	-5,69	-0,59	-0,33	-86,04	-8,97	-4,99
<b>29/06</b>	0,11	5,0	-4,57	-0,51	0,08	-91,32	-10,28	1,6
<b>30/06</b>	0,08	7,47	-6,58	-0,54	-0,35	-88,05	-7,26	-4,69
<b>01/07</b>	0,06	6,1	-5,52	-0,34	-0,24	-90,49	-5,58	-3,93
<b>02/07</b>	-0,04	6,06	-6,04	0,26	-0,28	-99,71	4,33	-4,62
<b>03/07</b>	-0,04	6,67	-6,22	0,23	-0,68	-93,25	3,44	-10,19
<b>04/07</b>	-0,04	5,07	-4,82	0,18	-0,43	-94,98	3,47	-8,48
<b>05/07</b>	0,08	4,65	-4,01	-0,34	-0,3	-86,32	-7,23	-6,45
<b>06/07</b>	0,11	3,33	-3,09	-0,34	0,1	-92,78	-10,23	3,00
<b>08/07</b>	-0,16	5,36	-7,48	1,18	0,94	-139,6	22,06	17,54
<b>Média</b>		<b>6,3</b>	<b>-6,3</b>	<b>0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-99,5</b>	<b>5,3</b>	<b>-5,8</b>
<b>Média*</b>		<b>6,3</b>	<b>6,3</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>99,5</b>	<b>11,3</b>	<b>8,2</b>

Valores negativos indicam fluxos para fora do sistema e positivo indicam fluxo para o sistema.

\*Média desconsiderando os sinais do fluxo de saída de energia do sistema.

**Tabela 5.** Valores médios diários, em MJ m<sup>-2</sup>, da razão de Bowen ( $\beta$ ), saldo de radiação (Rn), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e as relações de LE, H e G com Rn (%) durante o III estágio fenológico da cultura do *Tagetes patula*, em ambiente protegido (pt).

<b>DATA</b>	<b><math>\beta</math> pt</b>	<b>Rn pt</b>	<b>LE pt</b>	<b>H pt</b>	<b>G pt</b>	<b>LE/Rn pt</b>	<b>H/Rn pt</b>	<b>G/Rn pt</b>
<b>09/07</b>	-0,05	6,25	-7,06	0,38	0,43	-112,96	6,08	6,88
<b>10/07</b>	0,03	5,16	-4,67	-0,13	-0,36	-90,47	-2,55	-6,98
<b>11/07</b>	-0,05	2,8	-2,90	0,14	-0,04	-103,51	4,94	-1,43
<b>12/07</b>	0,01	3,58	-3,14	-0,03	-0,41	-87,74	-0,81	-11,45
<b>13/07</b>	-0,05	2,94	-2,85	0,14	-0,23	-96,91	4,73	-7,82
<b>14/07</b>	0,01	6,63	-6,62	-0,10	0,09	-99,86	-1,5	1,36
<b>15/07</b>	-0,04	5,51	-5,68	0,21	-0,04	-103,06	3,79	-0,73
<b>16/07</b>	-0,05	6,02	-6,43	0,29	0,12	-106,88	4,89	1,99
<b>17/07</b>	-0,01	5,76	-6,29	0,06	0,47	-109,28	1,12	8,16
<b>18/07</b>	0,01	4,96	-5,14	-0,05	0,23	-103,58	-1,05	4,64
<b>19/07</b>	0,00	5,34	-4,94	0,00	-0,4	-92,51	0,0	-7,49
<b>20/07</b>	-0,01	5,39	-4,69	0,06	-0,76	-87,08	1,18	-14,1
<b>21/07</b>	-0,02	1,47	-1,25	0,02	-0,24	-85,33	1,66	-16,33
<b>23/07</b>	-0,03	6,31	-7,56	0,23	1,02	-119,76	3,6	16,16
<b>24/07</b>	-0,03	6,51	-7,91	0,23	1,17	-121,58	3,61	17,97
<b>25/07</b>	-0,03	6,22	-7,28	0,22	0,84	-117,03	3,53	13,5
<b>26/07</b>	-0,02	5,88	-6,92	0,11	0,93	-117,71	1,89	15,82
<b>27/07</b>	0,01	6,78	-7,67	-0,05	0,94	-113,08	-0,78	13,86
<b>28/07</b>	0,00	6,13	-6,94	0,01	0,8	-113,18	0,13	13,05
<b>29/07</b>	-0,02	6,16	-7,83	0,14	1,53	-127,17	2,33	24,84
<b>30/07</b>	-0,01	6,74	-8,26	0,12	1,4	-122,51	1,74	20,77
<b>31/07</b>	0,00	2,43	-3,74	0,01	1,3	-153,93	0,43	53,5
<b>01/08</b>	0,04	1,95	-2,75	-0,10	0,9	-140,93	-5,22	46,15
<b>02/08</b>	0,10	1,38	-0,91	-0,09	-0,38	-66,14	-6,33	-27,54
<b>03/08</b>	0,03	6,05	-4,97	-0,15	-0,93	-82,07	-2,56	-15,37
<b>05/08</b>	0,00	6,73	-4,95	0,01	-1,79	-73,52	0,11	-26,6
<b>Média</b>		<b>5,0</b>	<b>-5,4</b>	<b>0,06</b>	<b>0,3</b>	<b>-105,7</b>	<b>1,0</b>	<b>4,7</b>
<b>Média*</b>		<b>5,0</b>	<b>5,4</b>	<b>0,1</b>	<b>0,7</b>	<b>105,7</b>	<b>2,6</b>	<b>15,2</b>

Valores negativos indicam fluxos para fora do sistema e positivo indicam fluxo para o sistema.

\*Média desconsiderando os sinais do fluxo de saída de energia do sistema.

**Tabela 6.** Valores médios diários, em MJ m<sup>-2</sup>, da razão de Bowen ( $\beta$ ), saldo de radiação (Rn), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e as relações de LE, H e G com Rn (%) durante o III estágio fenológico da cultura do *Tagetes patula*, na condição de campo (ca).

<b>DATA</b>	<b><math>\beta</math> ca</b>	<b>Rn ca</b>	<b>LE ca</b>	<b>H ca</b>	<b>G ca</b>	<b>LE/Rn ca</b>	<b>H/Rn ca</b>	<b>G/Rn ca</b>
<b>09/07</b>	0,05	5,9	-6,04	-0,32	0,46	-102,33	-5,46	7,8
<b>10/07</b>	-0,10	5,36	-5,59	0,56	-0,33	-104,35	10,51	-6,16
<b>11/07</b>	1,00	4,12	-1,20	-1,21	-1,71	-29,22	-29,27	-41,5
<b>12/07</b>	-0,27	4,81	-5,79	1,55	-0,57	-120,41	32,26	-11,85
<b>13/07</b>	0,08	3,38	-3,96	-0,30	0,88	-117,02	-9,02	26,04
<b>14/07</b>	-0,08	8,48	-9,30	0,73	0,09	-109,72	8,66	1,06
<b>15/07</b>	0,03	6,41	-6,34	-0,20	0,13	-98,91	-3,12	2,03
<b>16/07</b>	0,10	6,64	-5,96	-0,61	-0,07	-89,79	-9,16	-1,05
<b>17/07</b>	-0,03	6,43	-6,92	0,18	0,31	-107,6	2,78	4,82
<b>18/07</b>	-0,17	6,02	-7,49	1,28	0,19	-124,47	21,31	3,16
<b>19/07</b>	-0,18	7,09	-5,78	1,05	-2,36	-81,46	14,75	-33,29
<b>20/07</b>	-0,08	6,95	-4,06	0,31	-3,2	-58,35	4,39	-46,04
<b>21/07</b>	0,82	1,93	-0,98	-0,80	-0,15	-50,71	-41,52	-7,77
<b>23/07</b>	-0,11	7,75	-7,26	0,79	-1,28	-93,62	10,14	-16,52
<b>24/07</b>	0,05	7,91	-6,03	-0,33	-1,55	-76,28	-4,13	-19,6
<b>25/07</b>	0,08	7,99	-7,20	-0,54	-0,25	-90,05	-6,82	-3,13
<b>26/07</b>	-0,01	7,69	-7,82	0,06	0,07	-101,68	0,77	0,91
<b>27/07</b>	0,28	7,96	-5,78	-1,64	-0,54	-72,59	-20,63	-6,78
<b>04/08</b>	-0,19	10,07	-11,29	2,16	-0,94	-112,12	21,45	-9,33
<b>05/08</b>	-0,30	10,19	-12,93	3,91	-1,17	-126,89	38,38	-11,48
<b>Média</b>		<b>6,7</b>	<b>-6,4</b>	<b>0,3</b>	<b>-0,6</b>	<b>-93,4</b>	<b>1,81</b>	<b>-8,43</b>
<b>Média*</b>		<b>6,7</b>	<b>6,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>93,4</b>	<b>14,7</b>	<b>13,0</b>

Valores negativos indicam fluxos para fora do sistema e positivo indicam fluxo para o sistema.

\*Média desconsiderando os sinais do fluxo de saída de energia do sistema.

**Tabela 7.** Valores médios diários, em MJ m<sup>-2</sup>, da razão de Bowen ( $\beta$ ), saldo de radiação (Rn), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e as relações de LE, H e G com Rn (%) durante o IV estágio fenológico da cultura do *Tagetes patula*, em ambiente protegido (pt).

<b>DATA</b>	<b><math>\beta</math> pt</b>	<b>Rn pt</b>	<b>LE pt</b>	<b>H pt</b>	<b>G pt</b>	<b>LE/Rn pt</b>	<b>H/Rn pt</b>	<b>G/Rn pt</b>
<b>06/08</b>	-0,01	6,22	-5,53	0,07	-0,76	-88,93	1,15	-12,22
<b>07/08</b>	0,00	6,75	-5,93	0,03	-0,85	-87,84	0,43	-12,59
<b>08/08</b>	-0,01	6,99	-6,83	0,09	-0,25	-97,68	1,25	-3,58
<b>09/08</b>	0,00	6,72	-6,85	0,00	0,13	-101,87	-0,06	1,93
<b>Média</b>		<b>6,7</b>	<b>-6,3</b>	<b>0,05</b>	<b>-0,43</b>	<b>-94,1</b>	<b>0,7</b>	<b>-6,6</b>
<b>Média*</b>		<b>6,7</b>	<b>6,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	<b>94,1</b>	<b>0,7</b>	<b>7,6</b>

Valores negativos indicam fluxos para fora do sistema e positivo indicam fluxo para o sistema.

\*Média desconsiderando os sinais do fluxo de saída de energia do sistema.

**Tabela 8.** Valores médios diários, em MJ m<sup>-2</sup>, da razão de Bowen ( $\beta$ ), saldo de radiação (Rn), fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor no solo (G) e as relações de LE, H e G com Rn (%) durante o IV estágio fenológico da cultura do *Tagetes patula*, na condição de campo (ca).

<b>DATA</b>	<b><math>\beta</math> ca</b>	<b>Rn ca</b>	<b>LE ca</b>	<b>H ca</b>	<b>G ca</b>	<b>LE/Rn ca</b>	<b>H/Rn ca</b>	<b>G/Rn ca</b>
<b>06/08</b>	-0,06	8,88	-7,59	0,47	-1,76	-85,51	5,33	-19,82
<b>07/08</b>	-0,22	9,36	-9,68	2,11	-1,79	-103,45	22,58	-19,12
<b>08/08</b>	-0,17	9,42	-9,13	1,58	-1,87	-96,91	16,76	-19,85
<b>09/08</b>	0,02	9,79	-8,37	-0,17	-1,25	-85,54	-1,69	-12,77
<b>Média</b>		<b>9,4</b>	<b>-8,7</b>	<b>1,0</b>	<b>-1,7</b>	<b>-92,9</b>	<b>10,8</b>	<b>-17,9</b>
<b>Média*</b>		<b>9,4</b>	<b>8,7</b>	<b>1,1</b>	<b>1,7</b>	<b>92,9</b>	<b>11,6</b>	<b>17,9</b>

Valores negativos indicam fluxos para fora do sistema e positivo indicam fluxo para o sistema.

\*Média desconsiderando os sinais do fluxo de saída de energia do sistema.