

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Manejo da cobertura de ambientes protegidos: alterações  
micrometeorológicas e efeitos na produção e na qualidade da gérbera**

**Cristiane Guiselini Pandorfi**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia. Área de concentração: Física do Ambiente  
Agrícola

**Piracicaba  
2006**

**Cristiane Guiselini Pandorfi**  
**Engenheiro Agrônomo**

**Manejo da cobertura de ambientes protegidos: alterações micrometeorológicas e efeitos na produção e na qualidade da gérbera**

**Orientador:**  
**Prof. Dr. PAULO CESAR SENTELHAS**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia. Área de concentração: Física do Ambiente  
Agrícola

**Piracicaba**  
**2006**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Pandorfi, Cristiane Guiselini

Manejo da cobertura de ambientes protegidos: alterações micrometeorológicas e efeitos na produção e na qualidade da gébera / Cristiane Guiselini Pandorfi. - - Piracicaba, 2006.  
95 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.  
Bibliografia.

1. Cultivo protegido 2. Estufas 3. Microclimatologia 4. Plantas ornamentais  
5. Plasticultura 6. Sombreamento I. Título

CDD 635.9355

**“Permi t i da a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

*Ao meu “Sol” e a minha “Estrela”  
Héliton & Victor, pelo amor,  
carinho, companheirismo e  
cumplicidade*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus e a minha família pela minha vida e pela força nos momentos em que mais precisei para vencer os obstáculos surgidos durante esse percurso.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós-graduação em Física do Ambiente Agrícola pelas tantas oportunidades oferecidas.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Dr. Paulo Cesar Sentelhas, pela orientação, amizade, confiança, incentivo e entusiasmo na execução deste trabalho, responsável pelo meu crescimento pessoal e científico.

Aos alunos de graduação Carolina (Band-i-d), Rodrigo (O-menas), Rafael (Pudoul), Ester, Gabriela (P-ra), Regina (Lolita) e Maristela pelo apoio e entusiasmo na condução deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Física do Ambiente Agrícola, pelos ensinamentos e pela oportunidade de realização do curso.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Exatas, Solange, Ângela, Edivaldo, Expedita, Fernando, Francisco e Robinson pelo auxílio e serviços prestados e ao Sr. Antonio, funcionário do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ pela manutenção da área experimental e auxílio na condução dos experimentos de campo.

Aos colegas de curso: Angélica, Eduardo (Pinhão), Luciano (Buda), Beatriz, Santiago, Gustavo, Evandro, Felipe, Fábio, Ricardo, Karasawa, Greice, Eduardo, Adriano, Andréa, Valeria, Zeca e Sula pela amizade e pelo apoio, direto e indireto, na realização deste trabalho e pelo convívio e amizade durante a realização do curso.

Aos amigos Lucy (Babi) e Marcos, Giuliana (Tafa's), Roselane (Balã), Alexsandra (Bambina) e Ivana pela amizade incondicional, conselhos e companheirismo.

Ao Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>. Cícero Leite, da Polysack Indústrias Ltda, e Eng<sup>o</sup>. Agr<sup>o</sup>. Emerson Steinberg, da Syngenta Seeds Ltda, pela atenção e confiança para o desenvolvimento desse trabalho, viabilizando a instalação e execução do experimento de campo.

Aos demais amigos e pessoas que de uma forma ou de outra estiveram ao meu lado, auxiliando e incentivando a conclusão deste trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT .....	7
LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABELAS .....	14
1 INTRODUÇÃO .....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Floricultura.....	19
2.2 A Cultura da gébera .....	21
2.3 Ambiente protegido .....	24
2.3.1 Radiação solar .....	25
2.3.2 Temperatura do ar.....	28
2.3.3 Umidade relativa do ar .....	30
2.3.4 Evapotranspiração .....	32
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Área experimental .....	35
3.2 Cultivo e tratos culturais da gébera.....	38
3.3 Variáveis meteorológicas .....	40
3.4 Variáveis da cultura.....	41
3.4.1 Área foliar .....	41
3.4.2 Biometria .....	42
3.4.3 Evapotranspiração da cultura (ETc).....	43
3.5 Análise dos dados .....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 Radiação solar global.....	47
4.2 Radiação solar fotossinteticamente ativa .....	50
4.3 Temperatura do ar.....	56
4.4 Umidade relativa do ar .....	65
4.5 Biometria .....	70
4.6 Evapotranspiração da gébera .....	80
5 CONCLUSÕES .....	85
REFERÊNCIAS.....	87

## RESUMO

### **Manejo da cobertura de ambientes protegidos: alterações micrometeorológicas e efeitos na produção e na qualidade da gérbera**

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da disposição de malhas de sombreamento (termo-refletora) instaladas externa e internamente em ambiente protegido, coberto com polietileno de baixa densidade (PEBD), cultivado com gérbera, nas variáveis ambientais, nas variáveis e na qualidade das plantas. Além disso, determinou-se a evapotranspiração da gérbera (ETc), a qual foi correlacionada com as variáveis ambientais e da planta. As variáveis de maior correlação foram utilizadas para a confecção de modelos de estimativa da ETc, por meio de regressões lineares múltiplas (RLM). O experimento foi conduzido em dois ciclos no ano de 2004, junto à área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, em um ambiente protegido, subdividido em duas partes, cada uma com 8,5m de comprimento, 6,4m largura e altura máxima de 4,2m. Os ambientes foram cobertos com PEBD e diferenciados um do outro pela instalação de malha termo-refletora (50%): malha externa (ambiente 1) e malha interna (ambiente 2). Sensores para medida das variáveis ambientais foram instalados no centro dos ambientes 1 e 2. Os mesmos dados foram coletados externamente por uma estação meteorológica automática. Os resultados dos dois ciclos mostraram que houve alteração no microclima dos dois ambientes estudados. Radiação solar (Qg) nos ambientes 1 e 2 foram 33,6% e 21,7% (1º ciclo) e 27,2% e 17,9% (2º ciclo) da observada externamente. A cobertura do ambiente 2 não alterou a fração da radiação solar em relação à condição externa, porém a do ambiente 1 diminuiu tal relação em 8%. A temperatura no ambiente 1, em média, foi superior em 1% (1º ciclo) e 2% (2º ciclo), em relação ao ambiente externo, enquanto que no ambiente 2 essa diferença foi de 7% e 8%. No ambiente 1, as gérberas apresentaram, em média, 3,21 (1º ciclo) e 3,02 (2º ciclo) botões. No ambiente 2, esses valores caíram para 2,37 e 2,26. Quanto à sua qualidade, verificou-se que no ambiente 1 houve uma maior proporção de plantas de padrão médio e bom. Entre os 1º e 2º ciclos houve diferenças na qualidade das gérberas, sendo menor no 2º em decorrência da menor disponibilidade de energia nesse ciclo. Somente as gérberas presentes no ambiente 1 atenderam às exigências mercadológicas quanto aos botões e à altura da haste. No entanto, com o tempo esse tipo de ambiente pode passar a ter piores condições para a produção, em razão de um maior acúmulo de poeira. No ambiente 1 a ETc média foi de 2,64 (1º ciclo) e 2,26 mm.d<sup>-1</sup> (2º ciclo), enquanto no ambiente 2 a ETc média foi 2,59 e 2,10 mm.d<sup>-1</sup>. A análise de correlação mostrou que Qg foi a variável ambiental que mais influenciou ETc. Ao se combinar Qg à área foliar em RLM para estimativa da ETc foram obtidos R<sup>2</sup> de 0,82 e 0,75 para os ambientes 1 e 2, respectivamente. Ao se testar essas equações observou-se que a ETc no ambiente 1 foi subestimada em 2% e no ambiente 2 foi superestimada em 2%. Sugere-se estudos futuros com a malha termo-refletora instalada na face interna da cobertura, a fim de anular o efeito da deposição de poeira.

Palavras chaves: malha de sombreamento termo-refletora, *Gerbera jamesonii*, microclima, plasticultura.

## ABSTRACT

### **Greenhouse cover management: micrometeorological changes and effects on production and quality of a gerbera crop**

The objective of this study was to evaluate the influence of low density polyethylene (PEBD) as a greenhouse cover in association with thermal shading screen installed in two different positions (outside and inside), cultivated with gerbera, on micrometeorological variables, as well as on the growth, quality and evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) of gerbera plants. The experiment was carried out during two crop cycles in 2004 at the experimental area of the Department of Rural Engineering, ESALQ/USP, in Piracicaba, State of São Paulo, Brasil. A greenhouse was sub-divided in two parts, with one with 8,5 m length, 6,4 m width and maximum height of 4,2 m. The greenhouses were covered with PEBD and differed from each other by the position of the thermal shading screen (50%), with one installed inside (at 3m height) and outside (re-covering the plastic cover). The environment with the thermal screen outside was named A1 and the other with the thermal screen inside was named A2. Micrometeorological sensors were installed in the centers of each greenhouse. The same set of data were also measured by an automatic weather station. The results from the two crop cycles showed that the microclimate was changed by the covers of the greenhouses. Radiation (Q<sub>g</sub>) inside the greenhouses was 33,6% and 21,7% (first cycle), and 27,2% and 17,9% (second cycles) of the values measured outside, respectively for A1 e A2. The relationship PAR/Q<sub>g</sub> was not changed in comparison to external conditions in A2. However, this relationship was reduced in 8% in A1. Temperatures inside greenhouses were higher than outside: 1-2% in A1 and 7-8% in A2. Few differences were observed in plant parameters between the two crop cycles. But differences were detected between environments A1 e A2, especially in the number of flower buttons and plant quality. A1 showed to be better having plants with more buttons and with better quality for market. Average ET<sub>c</sub> ranged from 2,64 to 2,26 mm.d<sup>-1</sup> in A1, and from 2,59 to 2,10 mm.d<sup>-1</sup> in A2, respectively for the first and second cycles. The correlation analysis between ET<sub>c</sub> and environmental and plant variables showed that Q<sub>g</sub> and leaf area per plant (LA) were the main ones to influence the plant water consumption. Multiple linear regression equations, to estimate ET<sub>c</sub> from Q<sub>g</sub> and leaf area were proposed for each environment. The test of these equations showed an underestimation of 2% in A1 and an overestimation of 2% in A2.

Key words: thermal shading screen, *Gerbera jamesonii*, microclimate, plasticulture.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração colorida <i>Gerbera jamesonii</i> feita por J.D.Hooker, publicada em 1889 na Curtis Botanical Magazine .....	21
Figura 2 - Detalhe do capítulo da gérbera ( <i>Gerbera jamesonii</i> ) .....	22
Figura 3 - Dados médios de radiação solar global, no período de 1978 a 2005, e insolação, de 1921 a 2005, para o município de Piracicaba, SP. Fonte: DCE/ESALQ/USP.....	35
Figura 4 - Dados médios de temperatura média, máxima e mínima do ar para o município de Piracicaba, SP, no período de 1917 a 2005. Fonte: DCE/ESALQ/USP.....	36
Figura 5 - Dados médios mensais de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar, em Piracicaba, SP, no ano de 2004, com destaque para os meses dos 1º e 2º ciclos experimentais.....	37
Figura 7 - Vista interna dos tratamentos adotados no presente estudo: Ambiente 1 (T1) - termo-refletora externa; Ambiente 2 (T2) - termo-refletora interna (dentro do ambiente protegido). Piracicaba, SP, 2004 .....	38
Figura 8 - Vista externa dos tratamentos adotados no presente estudo: Ambiente 1 (T1) - termo-refletora externa; Ambiente 2 (T2) - termo-refletora interna (dentro do ambiente protegido). Piracicaba, SP, 2004 .....	38
Figura 9 - Esquema da disposição das bancadas e vasos no interior do ambiente protegido para cada tratamento.....	39
Figura 10 - Instrumentos meteorológicos instalados em cada tratamento: radiação solar global (Qg), radiação fotossinteticamente ativa (PAR), temperatura de bulbo seco (Tbs) e temperatura de bulbo úmido (Tbu) (psicrômetro ventilado). Piracicaba, SP, 2004.....	41
Figura 11 - Representação esquemática do delineamento experimental utilizado, os círculos representam os vasos, sendo os círculos cheios os vasos amostrados para a avaliação da cultura ou para a determinação da evapotranspiração da gérbera.....	45

- Figura 12 - Variação da radiação solar global ( $Q_g$ ), no decorrer dos dois ciclos experimentais: a) 1º ciclo e b) 2º ciclo, nos três ambientes protegidos estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 48
- Figura 13 - Variação a cada 15 min. da radiação solar global ( $Q_g$ ), em cada ciclo, em dia de céu limpo: a) dia 11/04/2004; 1º ciclo;  $n = 10,2 \text{ h.d}^{-1}$  e b) dia 08/09/2004; 2º ciclo;  $n = 10,0 \text{ h.d}^{-1}$  e em dia de céu nublado: c) dia 14/04/2004; 1º ciclo;  $n = 0,0 \text{ h.d}^{-1}$  e d) dia 17/09/2004; 2º ciclo;  $n = 2,7 \text{ h.d}^{-1}$ , nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 49
- Figura 14 - Relação entre a radiação solar global nos ambientes estudados e o ambiente externo ( $Q_g \text{ ext}$ ): (a e b) ambiente com malha externa ( $Q_g \text{ T1}$ ), (c e d) ambiente com malha interna ( $Q_g \text{ T2}$ ), na escala de 15 min ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004 ..... 50
- Figura 15 - Variação da radiação fotossinteticamente ativa ( $\text{RFA MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ), no decorrer dos dois ciclos experimentais: a) 1º ciclo e b) 2º ciclo, nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 52
- Figura 16 - Variação a cada 15 min. da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em cada ciclo, em dia de céu limpo: a) dia 11/04/2004; 1º ciclo;  $n = 10,2 \text{ h.d}^{-1}$  e b) dia 08/09/2004; 2º ciclo;  $n = 10,0 \text{ h.d}^{-1}$  e em dia de céu nublado: c) dia 25/04/2004; 1º ciclo;  $n = 0,0 \text{ h.d}^{-1}$  e d) dia 17/09/2004; 2º ciclo;  $n = 2,7 \text{ h.d}^{-1}$ , nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 53
- Figura 17 - Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa nos ambientes estudados e o ambiente externo: (a e b) ambiente associado com malha externa (RFA T1) e a no ambiente externo (RFA ext), (c e d) ambiente associado com malha interna (RFA T2) e a no ambiente

- externo (RFA ext), na escala de 15 min ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004..... 54
- Figura 18 - Participação percentual da radiação solar global (Qg) em radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e radiação ultra-violeta e infravermelho próximo (UV+IVP) nos ambientes estudados: a) ambiente com malha externa (Ambiente 1), b) ambiente com malha interna (Ambiente 2) e a no ambiente externo, ao longo do 1º ciclo experimental. Piracicaba, SP, 2004..... 55
- Figura 19 - Participação percentual da radiação solar global (Qg) em radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e radiação ultra-violeta e infravermelho próximo (UV+IVP) nos ambientes estudados: a) ambiente associado com malha externa (Ambiente 1), b) ambiente associado com malha interna (Ambiente 2) e a no ambiente externo, ao longo do 2º ciclo experimental. Piracicaba, SP, 2004..... 55
- Figura 20 – Representação esquemática do gradiente vertical de temperatura do ar nos interiores dos ambientes 1 (malha externa) e 2 (malha interna)..... 58
- Figura 21 - Variação diária da temperatura média do ar (Tmed), no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclo), nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 59
- Figura 22 - Variação diária da temperatura mínima (Tmin), no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclo), nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 59
- Figura 23 - Variação diária da temperatura máxima (Tmáx) no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclo), nos três ambientes protegidos estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004..... 60
- Figura 24 - Variação a cada 15 min. da temperatura do ar (T) em cada ciclo, em um dia de céu limpo: a) dia 11/04/2004; 1º ciclo;  $n = 10,2 \text{ h.d}^{-1}$  e b) dia 08/09/2004; 2º ciclo;  $n = 10,0 \text{ h.d}^{-1}$  e em dia de céu nublado: c) dia

25/04/2004; 1º ciclo;  $n = 0,0 \text{ h.d}^{-1}$  e d) dia 17/09/2004; 2º ciclo;  $n = 2,7 \text{ h.d}^{-1}$ , nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 61

- Figura 25 - Relação entre a temperatura do ar nos ambientes estudados e o ambiente externo ( $T_{ar \text{ ext}}$ ): (a e b) ambiente com malha externa ( $T_{ar \text{ T1}}$ ); (c e d) ambiente com malha interna ( $T_{ar \text{ T2}}$ ), na escala de 15 min ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004 ..... 62
- Figura 26 - Relação entre a temperatura do ar diurna nos ambientes estudados e o ambiente externo ( $T_{ar \text{ diurna}}$ ): (a e b) ambiente com malha externa ( $T_{ar \text{ T1 diurna } ^\circ\text{C}}$ ); (c e d) ambiente com malha interna ( $T_{ar \text{ T2 diurna } ^\circ\text{C}}$ ), na escala de 15 min ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004 ..... 63
- Figura 27 - Relação entre a temperatura do ar noturna nos ambientes estudados e o ambiente externo: (a e b) ambiente associado com malha externa ( $T_{ar \text{ T1 noturna } ^\circ\text{C}}$ ) e a no ambiente externo ( $T_{ar \text{ ext noturna } ^\circ\text{C}}$ ); (c e d) ambiente associado com malha interna ( $T_{ar \text{ T2 noturna } ^\circ\text{C}}$ ) e a no ambiente externo ( $T_{ar \text{ ext noturna } ^\circ\text{C}}$ ), na escala de 15 min ao longo do 1º e 2º ciclo experimentais. Piracicaba, SP, 2004 ..... 64
- Figura 28 - Variação diária da umidade relativa média do ar (UR med) no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclos), nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 66
- Figura 29 - Variação diária da umidade relativa máxima do ar (UR máx) no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclos), nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 67
- Figura 30 - Variação diária da umidade relativa mínima do ar (UR mín) no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclos), nos três ambientes

- estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004..... 67
- Figura 31 - Variação a cada 15 min. da umidade relativa do ar (UR) em cada ciclo, em dias de céu limpo: a) dia 11/04/2004; 1º ciclo;  $n = 10,2 \text{ h.d}^{-1}$  e b) dia 08/09/2004; 2º ciclo;  $n = 10,0 \text{ h.d}^{-1}$  e em dias de céu nublado: c) dia 25/04/2004; 1º ciclo;  $n = 0,0 \text{ h.d}^{-1}$  e d) dia 17/09/2004; 2º ciclo;  $n = 2,7 \text{ h.d}^{-1}$ , nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 69
- Figura 32 - Diâmetro médio da planta (a e b), altura média da planta (c e d) e número de folhas por vaso (e e f) nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004 ..... 71
- Figura 33 – Área foliar média por vaso nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais (a e b, respectivamente). Piracicaba, SP, 2004 ..... 74
- Figura 34 - Altura média da haste (a e b) e número médio de botões (c e d), nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004..... 75
- Figura 35 – Proporção do número de vasos da gérbera sem mercado (S.M.) observados nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao final dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004 ..... 76
- Figura 36 – Proporção dos padrões de qualidade visual da gérbera: ruim, médio e bom, observados nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao final dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004 ..... 77
- Figura 37 - Porcentagem média dos padrões de qualidade visual gérbera (ruim+S.M. médio e bom) observados: a) ambiente 1 (malha externa) e b) ambiente 2 (malha interna). Piracicaba, SP, 2004 ..... 78

- Figura 38- Ilustração das bancadas cultivadas com gérberas, no final de cada ciclo: 1º ciclo (a) e 2º ciclo (b), nos dois ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna). Piracicaba, SP, 2004..... 79
- Figura 39 - Variação diária da evapotranspiração média da cultura da gérbera (ETc), nos dois ambientes protegidos estudados: malha externa (Ambiente 1) e malha interna (Ambiente 2). Nos 1º (a) e 2º (b) ciclos de cultivo. Piracicaba, SP, 2004 ..... 81
- Figura 40 - Relação entre a evapotranspiração de cultura (ETc) estimada a partir das equações mistas apresentadas na Tabela 14 e a medida pelo método gravimétrico nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna) ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais, (a e b, respectivamente). Piracicaba, SP, 2004 ..... 84

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição da produção de flores no Brasil, número de produtores, área cultivada e vendas por região/estado -1999.....	20
Tabela 2 - Composição das soluções nutritivas utilizadas na fertirrigação da gébera ( <i>Gerbera jamesonii</i> ), divididas em caixa A e caixa B .....	40
Tabela 3 - Valores de radiação solar global ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ), nos 1º e 2º ciclos experimentais, nos três ambientes estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e transmitâncias das coberturas em relação à estação meteorológica (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004 .....	47
Tabela 4 - Valores de radiação fotossinteticamente ativa ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ), nos 1º e 2º ciclos experimentais, nos três ambientes estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e transmitâncias das coberturas em relação à estação meteorológica (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004 .....	51
Tabela 5 - Temperatura média, máxima e mínima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) no 1º ciclo experimental, nos ambientes estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e as diferenças ( $\Delta T_{\text{ar}}$ ) em relação ao ambiente externo (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004 .....	56
Tabela 6 - Temperatura média, máxima e mínima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) no 2º ciclo experimental, nos ambientes estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e diferenças ( $\Delta T_{\text{ar}}$ ) em relação ao ambiente externo (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004 .....	57
Tabela 7 - Valores de umidade relativa média, máxima e mínima (%), no 1º ciclo experimental, nos três ambientes protegidos estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e diferenças ( $\Delta \text{UR}$ ) em relação ao ambiente externo (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004 .....	65

- Tabela 8 - Valores de umidade relativa média, máxima e mínima (%), no 2º ciclo experimental, nos três ambientes protegidos estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e as diferenças ( $\Delta UR$ ) em relação ao ambiente externo (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004 ..... 66
- Tabela 9 – Valores médios do diâmetro, da altura da planta e do número de folhas nos ambientes estudados (Ambiente 1 e 2), no decorrer do 1º ciclo experimental. Piracicaba, SP, 2004..... 72
- Tabela 10 – Valores médios do diâmetro, da altura da planta e do número de folhas nos ambientes estudados (Ambiente 1 e 2), no decorrer do 2º ciclo experimental. Piracicaba, SP, 2004..... 73
- Tabela 11 – Valores médios da altura da haste e do número de botões por planta nos ambientes estudados (Ambiente 1 e 2), no decorrer dos 1º e 2º ciclo experimentais. Piracicaba, SP, 2004..... 75
- Tabela 12 - Evapotranspiração média da gérbera (ETc) nos dois ambientes protegidos estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2), nos dois ciclos de cultivo. Valores entre parêntes representam o desvio padrão. Piracicaba, SP, 2004..... 80
- Tabela 13 – Análise de correlação (r) entre a evapotranspiração diária da gérbera (ETc) nos dois ambientes protegidos estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2); e os elementos meteorológicos: radiação solar global (Qg), déficit de saturação ( $\Delta e$ ) e temperatura média diária (Tmed); e as variáveis da planta: diâmetro da planta (DP), número de folhas (NF) e área foliar por vaso (Afv), considerando-se os dois ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004 ..... 82
- Tabela 14 – Regressões lineares múltiplas entre a ETc e os elementos meteorológicos (Qg = X<sub>1</sub>; Tmed = X<sub>2</sub> e  $\Delta e$  = X<sub>3</sub>) e as variáveis da planta (Afv = X<sub>4</sub>, NF= X<sub>5</sub> e DP = X<sub>6</sub>), no decorrer dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004..... 83
- Tabela 15 - Valores do déficit de saturação (kPa), nos 1º e 2º ciclos experimentais, nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha



interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo).  
Piracicaba, SP, 2004 ..... 83

## 1 INTRODUÇÃO

A floricultura é a atividade que mais tem investido em tecnologia de produção em ambiente protegido no país, devido principalmente ao elevado nível de exigência do mercado consumidor e ao alto valor econômico agregado aos produtos deste segmento.

O mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais vem acompanhando a tendência mundial de expansão. Os embarques de flores frescas cresceram mais de 146% nos primeiros oito meses de 2004. As exportações brasileiras de flores e plantas ornamentais atingiram US\$ 2,158 milhões em agosto de 2004, superando em 7,3% o valor exportado no mesmo mês do ano anterior. No acumulado do ano, as exportações nacionais do segmento somaram US\$ 16,597 milhões, valor esse que supera em 26,3% os resultados obtidos no período de janeiro a agosto de 2003 (JUNQUEIRA; PEETZ, 2005).

Segundo Almeida e Aki (1997), a produção brasileira de flores se concentra em épocas de maior demanda, como o Dia das Mães, Finados e Natal. De qualquer forma, Castro (1998) alerta que o segmento da floricultura apresenta ainda uma série de problemas, dentre os quais se destaca a insuficiência de instituições e recursos humanos dedicados ao ensino e à pesquisa em floricultura.

Afim de se garantir maior qualidade da produção e atender à sazonalidade da demanda do mercado interno, muitas vezes, faz-se necessário, na floricultura, o uso de ambientes protegidos. As alterações físicas promovidas pelos ambientes protegidos nos diferentes elementos meteorológicos permitem que determinadas culturas possam ser cultivadas com aumento da qualidade, da produtividade, da sanidade e atendendo à sazonalidade da demanda comercial. Tais alterações podem ser também desfavoráveis, causando aquecimento excessivo ou redução acentuada da luminosidade, o que pode levar à redução da produtividade e da qualidade das plantas. A criação de condições microclimáticas adequadas para as culturas no interior dos ambientes protegidos podem ser obtidas por meio de diversas técnicas, sendo as mais econômicas aquelas que empregam o uso e a combinação de diferentes tipos de materiais de cobertura.

Muitos trabalhos têm sido realizados para estudar o cultivo de plantas ornamentais e flores em ambientes protegidos e as formas para melhor conduzi-los a baixo custo. No entanto, ainda faltam informações sobre a dinâmica do microclima dos diferentes tipos de ambientes protegidos nas condições brasileiras, principalmente no que se refere à regulação da luminosidade, da temperatura e da umidade relativa do ar, elementos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas e às suas relações com as pragas e as doenças.

Atualmente, há disponíveis no mercado diversos tipos de materiais de cobertura para ambientes protegidos, especialmente plásticos e malhas de sombreamento. Dentre as malhas de sombreamento, as termo-refletoras são as mais utilizadas na plasticultura. Essas malhas, além de promoverem o sombreamento, possuem algumas características que as diferem das malhas negras. As malhas metalizadas por alumínio em ambas as faces (termo-refletoras), promovem a conservação de energia no ambiente, reflexão de parte da energia solar, resultando em menores temperaturas no verão e maiores temperaturas no inverno, além de propiciar proteção contra geadas. Os fios das malhas são retorcidos, o que promove a difusão da luz, aumentando assim a eficiência de captura da luz pelas plantas e, conseqüentemente, a eficiência da fotossíntese (LEITE; FAGNANI, 2005).

O emprego de malhas de sombreamento em ambientes protegidos é um recurso que está sendo usado por muitos produtores de flores, porém, a influência dessa prática nos elementos meteorológicos e, conseqüentemente, no crescimento e no desenvolvimento das plantas ainda é pouco conhecido, já que isso depende da coloração do material, da porcentagem de sombreamento, do manejo e da disposição das telas. Em função disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da disposição de malhas de sombreamento (termo-refletora) instaladas externa e internamente em ambiente protegido, coberto com polietileno de baixa densidade, cultivado com gérbera, nas variáveis ambientais: radiação solar global, radiação fotossinteticamente ativa, temperatura, umidade relativa do ar, e nos parâmetros da planta: crescimento, desenvolvimento e qualidade da gérbera. Além disso a influência dessas variáveis na evapotranspiração da cultura da gérbera foi estudada, visando a se obter modelos de estimativa por meio de regressões lineares múltiplas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Floricultura

A diversidade de climas e solos no Brasil permitem cultivos de inúmeras espécies de flores e plantas ornamentais, de diversas origens (nativas, de clima temperado e tropical) com potencial para competir no mercado internacional. Vários países em condições semelhantes às do Brasil conquistaram seu espaço no comércio internacional da floricultura, como a Índia, a Uganda, a Costa Rica e a Austrália, assim como Colômbia e Equador, que sob condições favoráveis, tornaram-se rapidamente grandes exportadores mundiais de flores (KIYUNA, 2005).

A floricultura, em seu sentido mais amplo, abrange o cultivo de flores e plantas ornamentais para os mais variados fins, que incluem desde as culturas de flores para corte até a produção de mudas arbóreas de porte elevado que podem ser cultivadas sob condições de céu aberto assim como em ambientes totalmente climatizados (CASTRO, 1998).

Entre os segmentos do setor agrícola, com possibilidades de promover uma rápida inclusão das massas de trabalhadores ao mercado, destacam-se os segmentos da produção de frutas e da produção de flores e plantas ornamentais. Na esfera governamental, foram elaborados planos e programas de incentivo à expansão dessas atividades, muito embora não se dispusesse de um acervo de informações homogêneas, em nível nacional, que, obtidas através de métodos cientificamente aceitáveis, possibilitassem não só um conhecimento mais detalhado da realidade das atividades do setor, como também o seu monitoramento (IBGE, 2004).

Com esse propósito, o IBGE lançou em 2004 um levantamento caracterizando a floricultura brasileira, contendo dados referentes ao período de 1995-1996. Embora esses dados se refiram àquele biênio, eles são inéditos, principalmente pela sua abrangência nacional, que possibilitou a obtenção de inúmeras conclusões, dentre as quais se destaca a de que as unidades produtivas que tinham a floricultura como atividade principal representavam menos de 0,07% da área e do número total de estabelecimentos investigados. Em termos de receita, essas propriedades contribuíram com apenas 0,43% do total gerado pela agropecuária brasileira. Comparativamente, no

entanto, a receita média declarada pelos informantes do setor florícola era 5,43 vezes maior de que aquela informada por todos os demais setores. Esta receita média elevada decorria da própria natureza do produto cultivado, de alto valor comercial, e da forma como estava organizada a sua produção.

A análise da Tabela 1 revela que em 1999 havia a existência de 2.545 produtores no País que em seu conjunto cultivavam 4.850 ha de flores e plantas ornamentais, sendo 80% a céu aberto e 20% em estufas. Esta área gerou um faturamento estimado de R\$ 322,3 milhões/ano, dos quais somente a produção do Estado de São Paulo correspondeu por 74,5%. O setor foi responsável pela geração de cerca de 50 mil empregos. Desses empregos, 22,5 mil (45%) estão localizados na produção, 3,5 mil (7%) na distribuição, 22,5 mil (45%) na comercialização e 2,0 mil (4%) no apoio (AKI, 1999).

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

Região/Estado	Nº Prod	Área Cultivada (ha)				Vendas	
		Campo	Estufa	Total	Part.%	R\$ milhões	Part.%
SP	1.500	2.748	709	3.457	71,3	240,0	74,5
SE RJ	100	70	10	80	1,6	8,0	2,5
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
PR	90	100	80	180	3,7	9,0	2,8
S SC	115	300	40	340	7,0	17,0	5,3
RS	270	520	50	570	11,8	28,0	8,7
Total Sul	475	920	170	1.090	22,5	54,0	16,8
NE Nordeste	80	30	30	60	1,2	5,0	1,6
CO Cento-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	952	4.850	100,0	322,3	100,0

Fonte: Aki (1999)

As exportações brasileiras de flores e plantas ornamentais renderam US\$ 25,75 milhões em 2005, o que representa um aumento de 9,58% em comparação com 2004. Os dados foram divulgados pela consultoria Hórtica de São Paulo. O crescimento,

segundo a Hórtica, foi inferior às previsões do setor. De acordo com relatório assinado pelo engenheiro agrônomo Antonio Hélio Junqueira e pela economista Márcia da Silva Peetz, as previsões apontavam para exportações de US\$ 27 milhões no ano, o que representaria um crescimento de 15% em relação a 2004. A valorização do real frente ao dólar, que em tese tornou os produtos brasileiros mais caros no exterior, foi apontada como a razão das exportações terem ficado aquém das expectativas (ANBA, 2006).

Quanto à importância do setor, a sua potencialidade deve-se à existência no país de uma flora bastante diversificada que, por sua beleza, desperta cada vez mais o interesse de consumidores externos e internos. Além disso, o relativo baixo custo de produção, a diversidade climática e a posição estratégica do país em relação ao mercado internacional são outros fatores que têm assegurado alguns sucessos em empreendimentos implantados neste segmento da atividade agrícola.

## 2.2 A Cultura da gérbera

A denominação gérbera foi dada à planta em homenagem ao naturalista alemão Traug Gerber, que a descobriu na província do Transval, na África do Sul. A espécie foi denominada depois que Robert Jameson coletou espécimes vivos em uma expedição em 1884 (CODD, 1979; KESSLER, 1999). O mesmo autor relata que o primeiro a descrever a *Gerbera jamesonii* foi J.D. Hooker, na Curtis Botanical Magazine em 1889 (Figura 1).



Figura 1 - Ilustração colorida *Gerbera jamesonii* feita por J.D.Hooker, publicada em 1889 na Curtis Botanical Magazine

As gérberas são flores provenientes da *Gerbera jamesonii*, espécie da família das Asteráceas, originária do sul da África (GERSTENBERGER; SIGMUND, 1980). São plantas perenes, herbáceas e que possuem flor composta. O capítulo é formado por várias filas concêntricas de flores femininas liguladas, havendo, também, uma fila de flores hermafroditas e ao centro ficam as flores masculinas, assemelhando-se a grandes margaridas (Figura 2).

A produção de gérberas iniciou-se no final do século XIX em Cambridge, Inglaterra, quando Richard Lynch cruzou *G.jamesonii* com *G.viridifolia*. A maioria das variedades usadas comercialmente é originária deste cruzamento (CODD, 1979). Na natureza são encontradas na coloração que varia do amarelo ao laranja escuro, mas com o desenvolvimento de cultivares híbridos, disponibilizou-se no mercado grande variedade de cores, abrangendo: branco, nata, cor-de-rosa, vermelho, carmim e até mesmo violeta. Hoje, há disponibilidade de cerca de 20 tonalidades diferentes. As flores têm diâmetro que varia de 6,0 a 10,5 cm e haste de 30,5 a 46,0 cm. As folhas variam, de acordo com a cultivar, em tamanho e em estrutura, podendo ter comprimento de 20,0 a 25,5 cm e arranjadas em roseta.



Figura 2 - Detalhe do capítulo da gérbera (*Gerbera jamesonii*)

O sistema radicular é, originalmente, pivotante, mas à medida que se desenvolve, converte-se em fasciculado e é composto por grossas raízes de onde partem numerosas radículas (INFOAGRO, 2002). A propagação pode ser assexuada, por divisão de touceiras ou cultura de tecido (MASCARINI, 1998).

A gérbera pode ser produzida e comercializada como flor de corte ou em vasos, dependendo da finalidade. Na Holanda alguns produtores observaram que algumas

variedades possuíam hastes mais curtas e que poderiam ser plantadas em vasos resultando em uma arquitetura uniforme e compacta no conjunto vaso, folhas e flores (KESSLER, 1999; YASUTAKE; TAMADA, 2006).

Nos cultivos em vaso, Nowark e Rudnicki (1990) ressaltam a importância da proporcionalidade entre a planta e o vaso, não devendo a parte aérea da planta ser muito maior nem muito menor que o tamanho do recipiente.

Com a finalidade de se obter alta qualidade e produtividade no cultivo da gérbera, atenção especial deve ser dada às exigências climáticas da planta. O ambiente exerce grande influência sobre as gérberas, sendo que a temperatura do ar influencia na emissão e no crescimento das folhas e na precocidade da floração. A temperatura do solo exerce efeito positivo sobre o diâmetro do capítulo e o comprimento da haste floral. Altas temperaturas no momento do plantio e da irrigação podem proporcionar desequilíbrio entre a parte aérea e as raízes da planta, sobretudo em solos pesados, onde o florescimento pode ser mais lento. As baixas temperaturas no inverno podem provocar anomalias e abortos florais, devido às deficiências fotossintéticas e à baixa absorção de nutrientes pelas raízes (INFOAGRO, 2002).

Na literatura há várias referências à faixa ideal da temperatura para o cultivo da gérbera. Leffring (1984) relata que a temperatura média para o bom desenvolvimento está entre 17 e 25°C, no período diurno, e entre 13 e 21°C, no noturno, sendo que outros autores recomendam que a temperatura diária deva estar na faixa de 21 a 27°C e a noturna não podendo ser inferior a 16 °C (NOWARK; RUDNICKI, 1990).

Kessler (1999) descreve com maiores detalhes a melhor temperatura noturna por fase do desenvolvimento da gérbera. Do início do cultivo até que as plantas estabeleçam seu sistema de radicular, a temperatura deverá estar na faixa de 20 a 21°C, o que ocorre normalmente entre a 3ª e 4ª semanas. No período que vai da 5ª à 7ª semana, a faixa da temperatura noturna deve ser mais amena, entre 18 e 20°C. Para o desenvolvimento floral, o autor concorda com Nowark e Rudnicki, (1990) e recomenda que a temperatura noturna se mantenha a 16 °C, durante as últimas semanas. Sobre a temperatura diurna, o autor se restringe a mencionar que o uso da ventilação forçada é necessário sempre que a temperatura atingir 24 °C.



De acordo com Lepori et al. (1979), em regiões com alta insolação, como no mediterrâneo durante o verão, é recomendado o uso de sombreamento de 50% no interior dos ambientes protegidos, para que a produção de gérbera não seja afetada pelas altas temperaturas.

A umidade relativa do ar entre 75 e 90% não representa problema à cultura da gérbera (INFOAGRO, 2002), porém, valores de umidade relativa inferiores a 70% durante o dia e 85% durante a noite podem favorecer a ocorrência de doenças, tais como a *Botrytis*, e provocar manchas e deformações nas flores. A alta umidade também pode ocasionar alongamento da haste (KESSLER, 1999).

O substrato deve ter umidade uniforme, porém com boa aeração, de modo a se evitar a saturação (LEFFRING, 1975) e o pH deve estar na faixa ótima 5,8 a 6,2 (KESSLER, 1999).

A vida útil de prateleira das gérberas em vaso é outro aspecto que merece atenção. Nesse contexto, a climatização das plantas é fator fundamental já que interfere na duração das plantas, o que por consequência afeta a comercialização. Portanto, quanto melhor a climatização, maior a vida de prateleira, aumentando assim a possibilidade de venda do produto ao consumidor (NOWARK; RUDNICKI, 1990).

### **2.3 Ambiente protegido**

Parte dos produtores que cultivam em ambientes protegidos possui um bom conhecimento sobre a fisiologia e as necessidades das culturas que exploram, procurando oferecer às plantas as melhores condições para seu desenvolvimento. Esses são representados principalmente pelos produtores de flores e plantas ornamentais, que investem na automatização e aperfeiçoamento do manejo do ambiente protegido. No entanto, de acordo com Tivelli (1998), dos agricultores que deram início à produção em ambientes protegidos a partir de 1990, 70 a 80% abandonaram essa atividade por volta do segundo ano de cultivo, tendo como uma das principais razões o manejo inadequado do ambiente. Tal realidade aplica-se principalmente aos pequenos agricultores, seja por falta de conhecimentos ou de capital para investimentos em sistemas mais sofisticados.

A utilização de ambientes protegidos por coberturas plásticas implica em diversas alterações micrometeorológicas que, por sua vez, alteram as relações entre as plantas e o ambiente. 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, conseqüentemente, em alterações na planta, afetando a produção, a produtividade, a qualidade e a duração de ciclo.

### **2.3.1 Radiação solar**

A radiação solar é o principal elemento meteorológico, pois desencadeia todos os fenômenos meteorológicos, afetando todos os outros elementos como, por exemplo, a temperatura do ar e do solo, a pressão atmosférica, a direção e a velocidade do vento, a umidade relativa do ar e a chuva.

A radiação solar possui importância decisiva em todos os processos vitais das plantas. Existem funções de grande importância, no desenvolvimento dos vegetais, que são influenciadas pela energia solar, tais como a fotossíntese, transpiração, fotoperiodismo, crescimento dos tecidos, floração, entre outras (BECKMANN, 2006; CERMEÑO, 1993; GATES, 1976; KITTAS et al., 1999; MCCREE, 1972). Portanto, a escolha do material de cobertura do ambiente protegido é fator decisivo para a manutenção e desenvolvimento da cultura, podendo alterar a radiação solar transmitida ao interior da estufa, beneficiando as plantas, de acordo com suas exigências (BLISKA; HONÓRIO, 1996). A radiação de onda curta influencia o crescimento da planta em dois aspectos: a radiação fotossinteticamente ativa (400 a 700 nm) é necessária para fotossíntese, processo básico para o desenvolvimento da planta (MCCREE, 1972), enquanto que o total de energia é o principal fator que afeta a transpiração (GATES, 1976).

A cobertura de uma estufa altera o balanço de energia em relação ao ambiente externo e a proporção de radiação difusa, que, sendo multidirecional, penetra melhor no dossel da cultura, favorecendo o aproveitamento da energia (ASSIS, 2004; CAMACHO

et al., 1995; CUNHA; ESCOBEDO, 2003; FARIAS et al., 1993; FERNANDES, 1996; FOLEGATTI et al., 1997; SENTELHAS et al., 1997; SOUZA; ESCOBEDO, 1997).

A reflexão e a absorção promovidas pela cobertura plástica diminuem a incidência de radiação solar no interior do ambiente protegido (KURATA, 1990; MARTIN et al., 1982; SEEMANN, 1979; SENTELHAS et al., 1997; PEREIRA et al., 2002). Essa redução é variável em função do ângulo de incidência dos raios solares (BAYTORUN et al., 1994) e da transmitância do filme plástico, ou seja, do tipo (AL-RIAHY et al., 1989; CRITTEN; BAILEY, 2002; SENTELHAS et al., 1997), da idade (REIS; CARRIJO, 1999) e da cor do filme (SENTELHAS et al., 1999).

O conhecimento das características da transmitância à radiação solar de um material de cobertura é importante para se avaliar os seus benefícios potenciais, pois se tem conhecimento de que pequenas diferenças na transmitância de um material à radiação solar podem ter efeito significativo no crescimento e desenvolvimento das plantas (KITTAH et al., 1999). Cockshull et al. (1992) constataram que o aumento de 1% da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) proporcionou aumento de aproximadamente 1% nos rendimentos do tomateiro.

A transmitância depende também da faixa do espectro da radiação solar. Em geral, o polietileno de baixa densidade (PEBD) possui alta transmitância na faixa do ultravioleta (<300 nm), sendo um pouco menor na faixa do infravermelho. Segundo Robledo e Martin (1981), o PEBD transmite até 80% de radiação de onda longa. Sendo assim, o efeito estufa, ou seja, a retenção de ondas longas seria pequena, determinando temperaturas mínimas noturnas no interior da estufa não muito diferentes das obtidas no ambiente externo. Outros tipos de plástico, os chamados “plásticos térmicos”, como o acetato de vinil etileno (EVA) e o PEBD térmico, têm menor transmitância à radiação de onda longa, evitando a queda acentuada da temperatura durante a noite no interior da estufa (SGANZERLA, 1995).

Verlodt e Waaijenberg (2000) afirmam que um filme transparente transmite os raios solares sem dispersá-los, tendo por resultado a transmissão elevada da luz direta. Nas regiões com irradiância solar elevada, isso pode induzir a queimadura das folhas, flores ou frutos. Esse efeito negativo pode ser minimizado com o uso de filmes aditivados, que difundem a luz sob a estufa inteira, de modo que mesmo as partes

abaixo do dossel recebam radiação difusa. Este tipo de material é chamado de filme difusor ou opaco. Geralmente, esses tipos de filmes plásticos têm transmitância 5% menor do que os filmes transparentes. Essa redução é compensada por uma porcentagem maior de luz difusa, que tem um efeito positivo no desenvolvimento da cultura, especialmente naquelas que crescem eretas.

Vários trabalhos têm mostrado que o saldo de radiação no interior de casas de vegetação é menor que no ambiente externo, mas em contrapartida ocorre uma maior relação entre o saldo de radiação ( $R_n$ ) e a radiação solar global ( $Q_g$ ) no ambiente interno (CUNHA et al., 2002; FRISINA; ESCOBEDO, 1999; GALVANI et al., 2001). Isso é explicado pelo efeito da contra-radiação da cobertura, especialmente de onda longa, que reduz a perda de energia ao longo do dia, sendo mais pronunciado durante a noite.

Cunha (2003), avaliando elementos meteorológicos em ambiente protegido com cobertura de PEBD de 120  $\mu\text{m}$  de espessura, cultivado com pimentão, obteve as seguintes relações entre  $R_n$  e  $Q_g$ : 66,37% e 60,53%, respectivamente, para o ambiente protegido e para a condição externa, enquanto que Galvani (2001), trabalhando com a cultura do pepino, verificaram que  $R_n$  no interior do ambiente protegido e a campo corresponderam a 60,35% e 49,62% da  $Q_g$ , respectivamente. A diferença entre os valores encontrados da relação  $R_n/Q_g$  ocorrem em função do tipo de cultura utilizada, desgaste do filme plástico, da latitude e da época do ano, resultando em condições diferentes de reflexão e emissão da energia pela superfície.

A intensidade da radiação, concomitantemente à elevação da temperatura do ar, promove um acréscimo da carga térmica no interior do ambiente protegido, a ponto de alterar os metabolismos normais da cultura, ocasionando prejuízo na produção e na indução floral. Dessa forma, uma das medidas adotadas para se minimizar o efeito do excesso da radiação no caso de algumas culturas, é o uso de malhas de sombreamento.

Kittas et al. (1999) perceberam que as malhas de sombreamento, usadas em ambientes protegidos, geralmente são consideradas como neutras em relação à partição da radiação solar, porém, foi constatado que elas podem afetar significativamente alguns comprimentos de onda, principalmente na faixa do azul. Em experimento realizado em ambientes protegidos cultivados com gérbera, em Piracicaba,

SP, avaliando diferentes tipos de coberturas, Guiselini et al. (2004b) verificaram que as malhas termo-refletora e preta, quando associadas ao plástico leitoso apresentaram transmitâncias médias da radiação solar da ordem de 11 e 7%. Já Leite e Fagnani (2005) estudaram o efeito da malha de sombreamento de cor vermelha (40%) com alta transmissão e difusão de luz vermelha (650-680 nm) e vermelho-distante (720-750 nm) no microclima e no crescimento da cultura do lírio, comparando-a a malha preta convencional, ambas usadas como sub-teto em ambiente protegido coberto com PEBD. Os autores observaram uma maior transmissão da PAR para a malha vermelha, o que conferiu à cultura maior massa fresca e seca, hastes mais longas e mais espessas, bem como florescimento precoce, em cerca de 20 dias.

Oren Shamir et al. (2001), analisando a transmissão de luz na mesma malha estudada por Leite e Fagnani (2005), com 50% de transmitância, constataram que em relação à malha negra de mesma transmitância, houve uma significativa quantidade de PAR principalmente na faixa do vermelho e vermelho-distante. Segundo Kasperbauer (1994), isso pode provocar mudanças fisio-morfológicas, tais como alongação de internódios e florescimento precoce, como também foi observado por Leite e Fagnani (2005) na cultura do lírio de corte.

### **2.3.2 Temperatura do ar**

Em cultivos protegidos, as altas temperaturas causam geralmente danos maiores do que as baixas temperaturas. Isto é facilmente entendido, uma vez que nas regiões tropicais, durante o ano, têm-se muito mais dias quentes do que frios. Quanto aos valores de umidade relativa do ar no interior dos ambientes protegidos, estes são muito variáveis e estão intimamente relacionados aos valores de temperatura do ar. Mesmo sendo o balanço de energia no interior da estufa menor do que no ambiente externo, a cobertura plástica atua como uma barreira física, retendo energia no ambiente protegido e promovendo o acúmulo de ar quente e de vapor d'água. Como a temperatura do ar no interior de ambientes protegidos está intimamente ligada ao seu balanço de energia, ela depende, portanto, dos processos de incidência da radiação solar, reflexão e re-irradiação através dos objetos no interior da estufa, convecção e

condução através da cobertura e paredes, renovação do ar, evapotranspiração e troca de calor com o solo (MARTINEZ GARCIA, 1978; PRADOS, 1986).

A renovação de ar por meio de ventilação natural através da abertura de janelas e cortinas possibilita reduções significativas na temperatura do ar no interior de estufas de polietileno (FURLAN, 2001). Além disso, segundo Seemann (1979), a temperatura do ar no interior do ambiente protegido é variável também de acordo com o seu tamanho e/ou volume, com o tipo de cobertura, com o ângulo de incidência dos raios solares e com a cobertura do solo. Entretanto, as temperaturas mínimas e médias são pouco afetadas por esses fatores, os quais tem maior efeito sobre as temperaturas máximas. Mills et al. (1990), avaliando o microclima no interior de túneis altos cobertos com plástico, na África do Sul, atribuíram à radiação a principal causa das altas temperaturas observadas no ambiente protegido durante o dia. No entanto, as temperaturas mínimas, quando comparadas com as do ambiente externo, não apresentaram muita discrepância. Conclusão semelhante também foi obtida por Semedo (1988).

A distribuição horizontal da temperatura do ar no interior dos ambientes protegidos não é homogênea. Devido à baixa ventilação há formação de ilhas de calor no centro do ambiente, problema que nem sempre consegue ser solucionado, mesmo com a abertura das cortinas laterais e das janelas zenitais (FURLAN, 2001).

De acordo com Alpi e Tognoni (1991), as variações de temperatura verificadas no interior de estufas, notadamente no sentido vertical, são consequência direta dos fenômenos de transmissão de calor por irradiação, condução e, principalmente, convecção. Sendo assim, ocorre um gradiente de temperatura, no interior da estufa, variando de um mínimo, próximo ao solo, até um máximo, contíguo ao teto, o que foi observado por Buriol et al. (1997) e por Furlan (2001) em condições brasileiras.

Furlan (2001), estudando ambientes protegidos com diferentes manejos de ventilação natural e nebulização, em Piracicaba, SP, avaliou também o saldo de radiação. Os dados obtidos no mês de novembro (primavera) permitiram concluir que, entre o nascer e o pôr do sol, o saldo de radiação é maior no ambiente externo. 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, o que, no entanto, não chegou a provocar diferenças na temperatura noturna entre os dois ambientes.

Faria Jr. et al. (1997), avaliando cultivares de alface em ambiente protegido, bem como o microclima formado por modelos distintos de estufas plásticas (Arco e Capela), em Ilha Solteira, SP, verificaram que os valores de temperatura máxima foram mais elevados nas estufas que na testemunha sem proteção plástica (entre 3 e 5 °C). Em relação às temperaturas mínimas, as diferenças foram muito pequenas (0,3 °C).

Guiselini e Sentelhas (2004) verificaram que as malhas instaladas internamente, horizontalmente na altura do pé direito, associadas ao filme plástico promoveram uma barreira parcial ao movimento convectivo, observando-se temperaturas superiores logo abaixo das malhas, causando assim, valores de temperatura do ar, próximo aos sensores, maiores do que no ambiente sem malha de sombreamento. Além disso, algumas malhas termo-refletores têm capacidade de conservar energia no ambiente (HANAN, 1998). Porém, o principal objetivo delas durante o dia é evitar o incremento de temperatura, por meio do sombreamento (NIJSKENS et al. 1985). Silva et al. (1991) realizaram estudo visando avaliar a temperatura em ambiente protegido com e sem a utilização de malhas termo refletores e concluíram que o uso desse material aumenta significativamente a quantidade de luz difusa e atenua a temperatura do ar.

### **2.3.3 Umidade relativa do ar**

De acordo com Seemann (1979), Tanaka e Genta (1982) e Farias et al. (1993), os valores da umidade relativa do ar são inversamente proporcionais à temperatura do ar e muito variáveis no interior do ambiente protegido. Desta forma, com o aumento da temperatura, durante o período diurno, a umidade relativa diminui no interior da estufa, tornando-se igual ou inferior à umidade observada externamente, sendo que, durante a noite, a umidade relativa aumenta bastante, freqüentemente atingindo 100%, devido à queda acentuada na temperatura verificada neste período, e à maior concentração de vapor d'água no ambiente protegido, ocasionada pela inibição dos movimentos convectivos promovida pela cobertura plástica (SENTELHAS; SANTOS, 1995; BURIOL, 2000; FURLAN, 2001).

A umidade em ambientes protegidos existe sob duas formas: vapor d'água e água líquida. Além de estar presente no solo, a água livre também pode ocorrer na superfície das plantas, muitas vezes, pela condensação do vapor d'água, resultante do resfriamento, até se atingir o ponto de orvalho. A formação de orvalho na superfície das folhas e na face interna do filme plástico é bastante comum em estufas e propicia condições favoráveis à infecção por patógenos. Além disso, a umidade absoluta do ar, originada da evapotranspiração, costuma ser maior do que no ambiente externo. Esses dois tipos de umidade constituem o principal fator ambiental para doenças foliares (ARAÚJO; CASTELLANI, 1991). Uma das principais desvantagens da cobertura plástica em estufas é a condensação da água na face interna da cobertura (BAYTORUN, 1994), que precipita, aumentando o molhamento foliar.

Vida et al. (2004), estudando o efeito da água de gutação sobre o míldio do pepino em cultivo protegido, concluíram que dependendo das condições da temperatura e da umidade do ar, grande quantidade de água líquida pode se acumular na forma de gotas na borda foliar através da gutação. Estas gotas podem coalescer e escorrer para novas superfícies foliares. Também esse tipo de água pode permanecer na superfície foliar até por volta das 10:30 h da manhã.

O aparecimento e o desenvolvimento de doenças são resultantes da interação entre uma planta suscetível, um agente patogênico e fatores ambientais favoráveis. O ambiente, portanto, é um componente relevante nesta interação, podendo, inclusive, impedir a ocorrência da doença mesmo quando há fonte de inóculo.

Um grande diferencial na variação da umidade relativa em ambientes protegidos com cobertura plástica é a abertura ou não de cortinas e janelas. A utilização de cortinas abertas possibilita que os ventos, que circulam no interior da cobertura plástica, transportem com mais facilidade o calor sensível e o vapor d'água para o exterior, controlando a umidade e a temperatura no interior do ambiente protegido (REIS, 1997). De acordo com Furlan (2001), com a abertura das cortinas laterais e da janela zenital, a umidade relativa do ar diminui acentuadamente quando comparada com o ambiente fechado, devido à redução da temperatura do ar. O mesmo autor verificou que o sistema de nebulização, apesar de promover a redução da temperatura do ar, eleva a umidade.



Oliveira (1995), listando as principais desvantagens do emprego de ambientes protegidos no Brasil, citou que nos meses mais quentes (dezembro, janeiro e fevereiro), o manejo da umidade relativa do ar e do sistema de resfriamento do ambiente, por não serem eficientes, permite a ocorrência de condições micrometeorológicas que provocam desordens fisiológicas como deformações e necrose de tecidos foliares. O autor enfatiza, ainda, que o controle da umidade relativa do ar, ventilação e o sistema de irrigação precisam ser mais bem estudados e elaborados de acordo com o clima de cada região.

Guiselini e Sentelhas (2004), em experimento com ambientes protegidos cobertos com PEBD branco combinado com malhas de sombreamento preta e termorefletora, além da testemunha (somente o PEBD), observaram que os três tipos de cobertura não afetaram a umidade relativa média diária e noturna, porém influenciaram a umidade relativa mínima do ar durante o período diurno. Isso se deu porque durante o dia a pressão de saturação de vapor nos ambientes protegidos atinge valores superiores aos do ambiente externo, o que resulta em uma menor UR, mesmo havendo aumento da pressão atual de vapor, devido à retenção de vapor d'água pelo plástico (BURIOL et al., 2000; FURLAN, 2001; VIANA, 2000).

#### **2.3.4 Evapotranspiração**

A evapotranspiração no interior de ambientes protegidos é normalmente menor do que a que ocorre no ambiente externo, o que se deve à atenuação causada pela cobertura na radiação solar incidente, o que acaba resultando em redução no saldo de radiação interno (BERNARDO, 1989; FURLAN, 2001; GUISELINI, 2002; MONTERO et al., 1985; PEREIRA et al., 2002). Essa redução é variável em função do tipo e manejo de cobertura (AL-RIAH et al., 1989; GUISELINI, 2002; SENTELHAS et al., 1997), tempo de uso (REIS; CARRIJO, 1999), coloração (SENTELHAS et al., 1999) e ângulo de incidência dos raios solares (BAYTORUN, 1994). Pereira et al. (2002) salientam que a evapotranspiração no interior do 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.

Como no ambiente protegido não há reposição natural de água pelas chuvas, a irrigação assume papel fundamental nesse sistema de cultivo. O déficit hídrico acarreta queda de rendimento e qualidade; enquanto que o excesso de água aliado à ocorrência de altas temperaturas podem favorecer a proliferação de patógenos, o que exige especial atenção no manejo de água. Sendo assim, a estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc) torna-se indispensável no manejo racional da irrigação, devendo-se ressaltar que as alterações inerentes ao sistema exigem estudos para que se possam avaliar as melhores metodologias para o manejo adequado da água para as culturas sob tais condições (FACCIOLI, 1998; FARIAS, 1993).

Uma das maneiras mais utilizadas para a determinação da ETc e para o manejo de irrigação é por meio da evaporação do tanque Classe "A", que atualmente também vem sendo utilizado no interior de estufas. Entretanto, devido ao seu custo e ao reduzido espaço no interior das estufas, tem-se adotado tanques de evaporação de dimensões reduzidas, denominados mini-tanques, como alternativas para a estimativa da evapotranspiração (MEDEIROS et al., 1997). Outra opção é o uso de métodos de estimativa baseados nas variáveis meteorológicas, sendo o de Penman-Monteith o mais usado por não requerer ajustes, quando se utilizam dados meteorológicos obtidos no interior do ambiente protegido (FACCIOLI, 1998; FOLEGATTI, 1997).

De acordo com Farias et al. (1994), a evapotranspiração dentro da estufa varia de 45 a 77% da observada externamente. Guiselini et al. (2004a), em ensaio preliminar comparando a evaporação de tanque classe A em ambiente externo com mini-tanque em ambiente protegido observaram que os valores médios de evaporação de mini-tanque foram em torno de  $2,5 \text{ mm.d}^{-1}$ , enquanto que a evaporação média diária do tanque Classe A foi,  $4,8 \text{ mm.d}^{-1}$ .

Caballero et al. (1996), medindo a evapotranspiração de roseiras em ambiente protegido, obtiveram valores da ordem de  $2,5$  a  $3,6 \text{ mm.d}^{-1}$  no verão e de  $1,0$  e  $2,5 \text{ mm.d}^{-1}$  no inverno. Guiselini (2002), trabalhando com gérbera em três ambientes protegidos diferentes, observou que a evapotranspiração média foi de  $1,4 \text{ mm.d}^{-1}$  para a cobertura com plástico leitoso, de  $1,2 \text{ mm.d}^{-1}$  sob a cobertura composta por plástico leitoso e malha termo-refletores e de  $1,3 \text{ mm.d}^{-1}$  sob o plástico leitoso associado à malha preta, não havendo, portanto, grandes diferenças proporcionadas pelas diferentes

coberturas, apesar das distintas condições micrometeorológicas observadas nos três ambientes.

Na literatura verifica-se que a elaboração de um modelo empírico generalizado de estimativa da evapotranspiração em ambiente protegido é muito delicado, pois as correlações, entre a evapotranspiração no interior de ambientes protegidos e os elementos meteorológicos variam em função, principalmente, do clima da região. Por outro lado a evapotranspiração apresenta boas correlações com os parâmetros biométricos das plantas cultivadas no interior do ambiente protegido (DALMAGO et al., 2003; DE VILLELE, 1972; STANGHELLINI, 1987).

Valandro (1999), observou, na região Sul do Brasil, que a umidade relativa do ar foi a variável que melhor se ajustou aos dados de evapotranspiração em ambiente protegido. Já Righi et al. (2002), para mesma região, concluíram que a melhor correlação da evapotranspiração foi com o déficit de saturação. Notadamente, nas condições áridas da região Mediterrânea, Boulard e Wang (2000) constataram que 40% da evapotranspiração das plantas cultivadas em estufa foi devido à componente advectiva da equação de Penman-Monteith. Por outro lado, Okuya e Okuya (1988), no Japão e Folegatti et al. (1997), no município de Arthur Nogueira, SP, encontraram bons ajustes com a radiação solar.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área experimental

Os experimentos de campo foram conduzidos na área experimental do Departamento de Engenharia Rural, da ESALQ/USP, no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: latitude de 22°42'40" S, longitude de 47°37'30" W e altitude de 546 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cwa, denominado tropical úmido com seca no inverno (Pereira et al., 2002).

As Figura 3 e Figura 4 apresentam as características climáticas da região onde os experimentos foram conduzidos, com a radiação solar global oscilando entre 11 e 19 MJ.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>, a insolação entre 6,5 e 8,5 h; a temperatura máxima entre 25,0 e 30,3 °C, a temperatura mínima entre 9,6 e 19,0 °C e a temperatura média entre 17,4 e 24,6 °C.

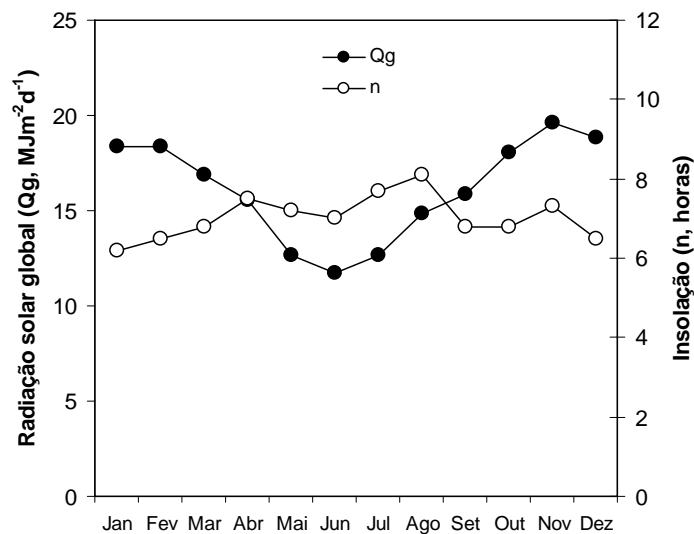


Figura 3 - Dados médios de radiação solar global, no período de 1978 a 2005, e insolação, de 1921 a 2005, para o município de Piracicaba, SP. Fonte: DCE/ESALQ/USP

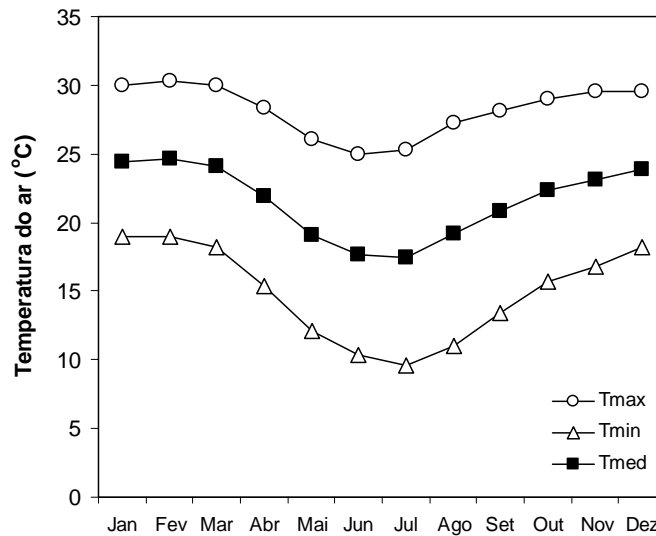


Figura 4 - Dados médios de temperatura média, máxima e mínima do ar para o município de Piracicaba, SP, no período de 1917 a 2005. Fonte: DCE/ESALQ/USP

Na Figura 5 são apresentadas as condições meteorológicas vigentes durante os períodos experimentais. Observa-se que no 1º ciclo a precipitação foi superior à que ocorreu no 2º ciclo. Além disso, no 1º ciclo os valores médios de temperatura do ar se mostraram superiores no início do ciclo, enquanto que no 2º ciclo os maiores valores foram registrados no meio do ciclo.

Os experimentos foram instalados em um ambiente protegido tipo arco, subdividido em duas partes, que foram isoladas uma da outra com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD). Cada subdivisão tinha 8,5 m de comprimento. O vão livre da estrutura era de 6,4 m, pé-direito de 3,0 m e altura máxima de 4,2 m. Os ambientes foram cobertos com plástico transparente (PEBD) (Figura 6).

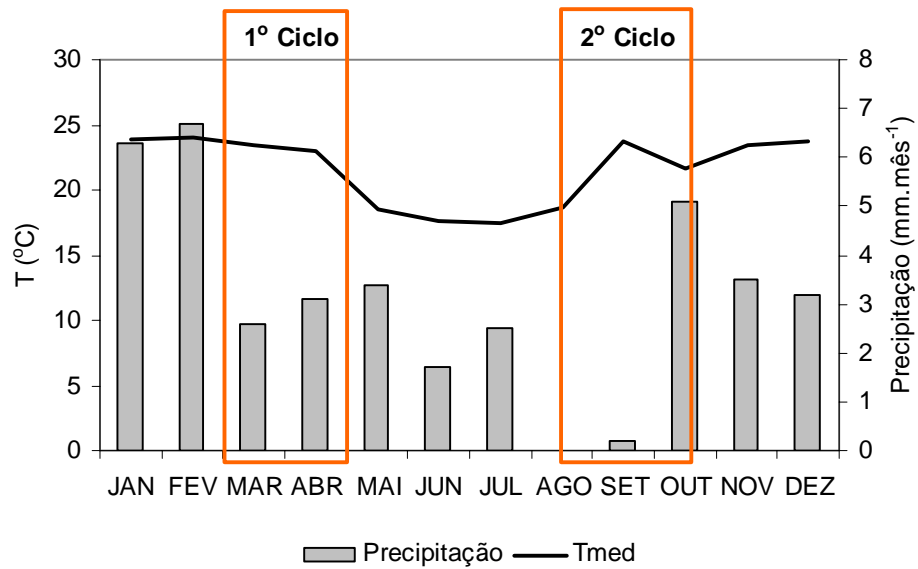


Figura 5 - Dados médios mensais de precipitação, temperatura média e umidade relativa do ar, em Piracicaba, SP, no ano de 2004, com destaque para os meses dos 1º e 2º ciclos experimentais

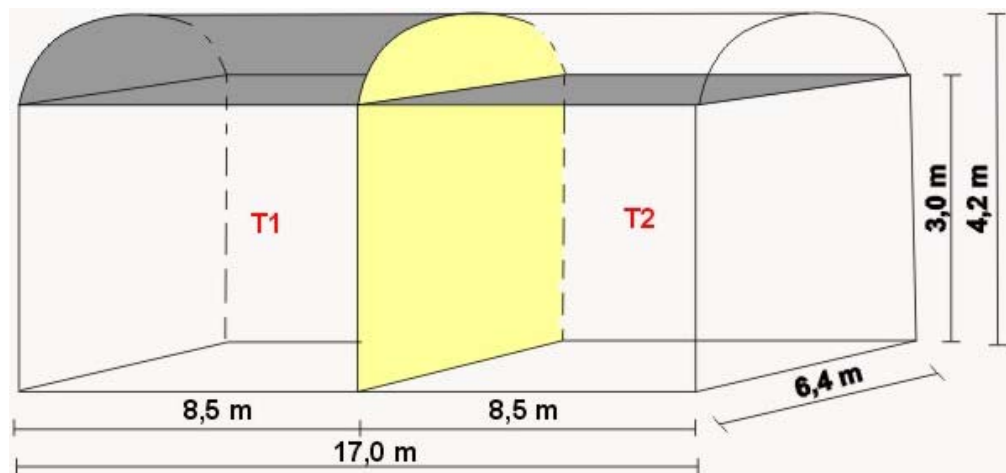


Figura 6 - Representação esquemática dos ambientes protegidos, suas dimensões e os tratamentos adotados: T1 - termo-refletora externa; T2 - termo-refletora interna.

Os tratamentos utilizados foram: a) Tratamento 1 (Ambiente 1) - utilização de malha de sombreamento termo-refletora (50%) recobrendo a superfície externa do PEBD, e b) Tratamento 2 (Ambiente 2) - utilização da malha de sombreamento termo-refletora (50%) instalada internamente à altura do pé direito. As Figura 7 e Figura 8 ilustram os dois tratamentos adotados.



Figura 7 - Vista interna dos tratamentos adotados no presente estudo: Ambiente 1 (T1) - termo-refletores externa; Ambiente 2 (T2) - termo-refletores interna (dentro do ambiente protegido). Piracicaba, SP, 2004



Figura 8 - Vista externa dos tratamentos adotados no presente estudo: Ambiente 1 (T1) - termo-refletores externa; Ambiente 2 (T2) - termo-refletores interna (dentro do ambiente protegido). Piracicaba, SP, 2004

### 3.2 Cultivo e tratamentos culturais da gérbera

A gérbera (*Gerbera jamesonii*) foi cultivada em dois ciclos, visando à obtenção da colheita em duas datas de grande importância comercial: dia das mães (segundo domingo de maio) e finados (início de novembro). Os plantios foram realizados nos dias 16/02 e 13/08/2004, para os 1º e 2º ciclos respectivamente e ambos foram finalizados após 11 semanas, uma antes dos prazos previstos.

Foram utilizadas mudas de padrão comercial (Gérbera Jaguar Fórmula Mix), adquiridas diretamente de produtor especializado (Syngenta Seeds LTDA). As mudas

foram transplantadas para vasos número 14 (14 cm de diâmetro e 11,5 cm de altura), padrão para o cultivo comercial de gérbetas, os quais foram preenchidos com substrato comercial (Multisoil). O referido substrato tinha a seguinte composição: casca de pinus, turfa, carvão, fosmag, FTE e calcário, fabricado pela Terra do Paraíso®.

No interior de cada um dos ambientes (tratamentos) foram colocados 240 vasos, divididos em 6 bancadas com 40 vasos cada, dispostos em 4 linhas de 10 vasos (Figura 9).

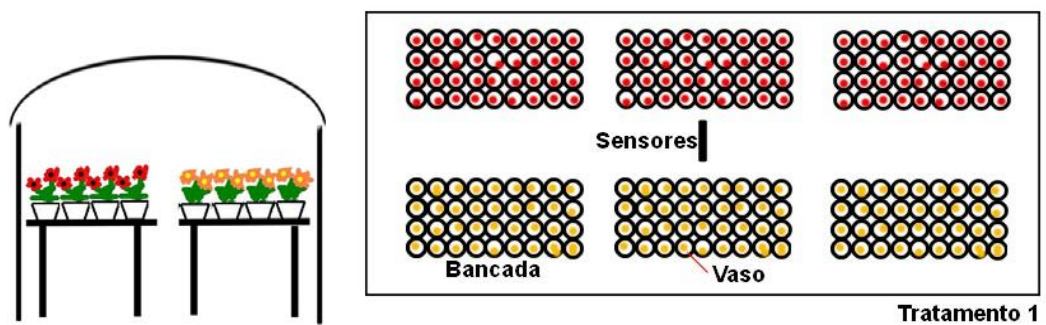


Figura 9 - Esquema da disposição das bancadas e vasos no interior do ambiente protegido para cada tratamento

Para garantir o pleno desenvolvimento da cultura, adotaram-se os seguintes tratamentos culturais: limpeza de folhas danificadas por injúrias, tratamentos fitossanitários e retirada de eventuais plantas daninhas.

A fertirrigação das plantas foi feita manual e individualmente para cada vaso, uma vez ao dia, pela manhã, com aplicações alternadas de duas soluções nutritivas, caixa A e caixa B, cujas características são apresentadas na Tabela 2. As soluções foram aplicadas com o auxílio de um jarro graduado de 2 L, que possuía na sua parte inferior um registro para a dosagem da irrigação, que foi aplicada de acordo com a demanda hídrica das plantas, calculada com base nos dados de evapotranspiração da gérbeta obtidos por Guiselini (2002).



Tabela 2 - Composição das soluções nutritivas utilizadas na fertirrigação da gérbera (*Gerbera jamesonii*), divididas em caixa A e caixa B

Caixa A	Caixa B
Nitrato de cálcio.....800g/1000l	Nitrato de potássio.....700g/1000l
Nitrato de amônia.....400g/1000l	Sulfato de magnésio.....600g/1000l
Tenso Ferro .....10g/1000l	MAP.....150g/1000l
Bórax.....1g/1000l	Tenso cocktail.....10g/1000l

Fonte: Steinberg (2002)<sup>1</sup>

### 3.3 Variáveis meteorológicas

A fim de se avaliar e caracterizar as condições micrometeorológicas dos tratamentos adotados, registros contínuos de dados meteorológicos foram obtidos utilizando-se sistemas automáticos de coleta de dados, instalados nos dois tratamentos. Simultaneamente, as mesmas variáveis foram obtidas numa estação meteorológica automática, localizada no posto agrometeorológico pertencente ao Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP, situado a cerca de 2 km de distância, em linha reta, da área experimental.

Os dados de temperatura do ar (Tar) e umidade relativa do ar (UR%) foram obtidos por meio de psicrômetros de termopar aspirado, como descrito em Marin et al. (2001). Nesse sensor, a aspiração é feita por ventiladores utilizados em micro-computadores (“coolers”) e as temperaturas são determinadas por dois termopares do tipo T (cobre-constantan), sendo um para a medida da temperatura do bulbo seco (Tbs) e outro para a temperatura do bulbo úmido (Tbu). Os psicrômetros foram conectados a sistemas de aquisição de dados, modelos CR10 da Campbell Sci. Os dados foram obtidos ao longo da condução do ciclo da cultura. Os sensores foram instalados no centro geométrico de cada ambiente estudado, a 1,5 m de altura do solo, conforme recomendação de Furlan (2001).

Além dos psicrômetros, em cada ambiente protegido foram conectados aos sistemas de aquisição de dados sensores para medida da radiação solar global (Qg),

<sup>1</sup> STEINBERG, E., (Syngenta Seeds LTDA) Comunicação pessoal, 2002.

modelo CM3 (Kipp & Zonen) e da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), modelo LI190SB (Li-Cor). Todos os sensores de radiação foram instalados no centro do ambiente, juntamente com os psicrômetros (Figura 10).

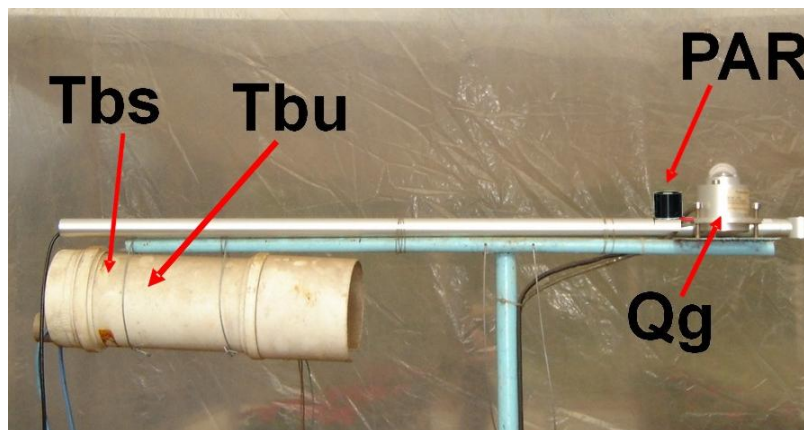


Figura 10 - Instrumentos meteorológicos instalados em cada tratamento: radiação solar global ( $Q_g$ ), radiação fotossinteticamente ativa (PAR), temperatura de bulbo seco (Tbs) e temperatura de bulbo úmido (Tbu) (psicrômetro ventilado). Piracicaba, SP, 2004

### 3.4 Variáveis da cultura

A avaliação do crescimento, do desenvolvimento e da qualidade das plantas de gérbera foi feita levando-se em consideração diversas variáveis das plantas, como área foliar (Af), diâmetro (DP) e altura (AP) da planta, número de folhas (NF) e botões florais (NB), altura da haste (AH) e evapotranspiração da cultura (ETc), ao longo dos dois ciclos de cultivo, com frequência semanal, a partir de quinze dias após o plantio.

#### 3.4.1 Área foliar

Para a estimação da área foliar, empregou-se método não destrutivo, em razão do número limitado de plantas por tratamento. A fim de se preservar a integridade das plantas, quinzenalmente, as folhas foram desenhadas em folhas de papel, as quais posteriormente foram recortadas, gerando um modelo da folha. Para tais determinações, foram avaliadas 4 amostras (vasos) por repetição de cada ambiente protegido (tratamento), sendo 2 tratamentos com 24 repetições cada, totalizando 96 vasos avaliados no experimento.

A área real das folhas amostradas ( $Af_{real}$ ) foi determinada pelo método da pesagem, em que se pesou uma amostra de  $1 \text{ cm}^2$  de dimensão do papel utilizado para a obtenção dos modelos foliares, que posteriormente foram pesados e a partir da relação peso-área calculou-se a área foliar real ( $Af_{real}$ )

Para a estimativa da área das folhas de todos os vasos ( $Af_{estimada}$ ), estabeleceu-se a relação entre  $Af_{real}$  e o produto das dimensões comprimento (C) e largura (L). As medidas de C e L foram baseadas na metodologia usada por Monteiro et al. (2005), sendo C igual à distância entre o ponto de inserção do pecíolo no limbo foliar e a extremidade oposta da folha, e L a maior dimensão da largura da folha, perpendicular à nervura central da folha. Assim, a área estimada das folhas ( $Af_{estimada}$ ) foi então calculada como sendo o produto entre as duas dimensões – comprimento (C) e largura (L) e um fator de forma ( $f$ ), como segue na eq. (1):

$$Af_{estimada} = f * C * L \quad (1)$$

O fator de forma para a correção da área foliar foi igual 0,75. Sendo assim, a área foliar por vaso ( $Afv$ ) foi calculada pela seguinte relação (eq. 2):

$$Afv = Af_{estimada} * NF \quad (2)$$

em que NF = número de folhas por vaso.

### 3.4.2 Biometria

Seguindo-se a mesma metodologia adotada por Guiselini et al. (2005), as seguintes variáveis biométricas foram avaliadas de modo a se caracterizar o crescimento e o desenvolvimento das plantas, assim como a adequação às exigências mercadológicas (qualidade e época de venda):

- Número de folhas por vaso;
- Diâmetro e altura da planta, considerando-se os pontos extremos da planta;
- Número de botões florais por vaso;
- Altura da haste, a partir da base até a inserção do capítulo;
- Diâmetro do capítulo.

Ao final de cada ciclo foi realizado um levantamento em todo o lote de plantas de gérbera de cada tratamento quanto à qualidade, excluindo-se os vasos que não atingiram o número de botões necessários para se atender às exigências mercadológicas, os quais foram classificados como vasos sem mercado (SM). O restante foi classificado com base numa escala visual baseada na observação da planta de melhor qualidade (Boa), passado pela de mediana (Média) até a de qualidade inferior (Ruim), ressaltando que os vasos que não atenderam as exigências mercadológicas foram classificados como vasos de qualidade ruim. Com isso ao final de cada ciclo, cada ambiente estudado apresentou um perfil de produção quanto à qualidade.

### **3.4.3 Evapotranspiração da cultura (ETc)**

A ETc foi determinada pelo método gravimétrico, utilizando-se sempre as mesmas amostras (vasos), após escolha aleatória. Cada linha de cada bancada foi tomada como uma repetição, sendo 6 bancadas com 4 linhas cada bancada, tendo-se assim 24 repetições por tratamento, sendo que foi amostrado 1 vaso por repetição, totalizando 24 amostras por tratamento. Cada amostra foi pesada em balança digital com precisão 0,1 g.

A evapotranspiração da cultura nos diferentes tratamentos avaliados foi obtida pela diferença de peso nos intervalos de pesagem. A evapotranspiração em  $\text{mm.dia}^{-1}$  foi contabilizada levando-se em conta a área do vaso. As medidas foram realizadas semanalmente da seguinte forma:

a) 1º ciclo - durante 3 dias consecutivos às 7 h da manhã, sendo que no 1º dia foi realizada a irrigação e a pesagem das amostras, no 2º dia foi realizada a pesagem, depois a irrigação e em seguida nova pesagem, e no 3º dia o procedimento do 2º dia foi repetida, tendo-se desse modo 2 dias de dados registrados por semana, no decorrer do desenvolvimento da cultura.

b) 2º ciclo - mesmo procedimento e horário adotado no 1º ciclo, porém repetindo-o por 5 dias consecutivos, resultando em 4 dias de dados registrados por semana.

### 3.5 Análise dos dados

Os dados obtidos nos experimentos, relativos às variáveis micrometeorológicas, à evapotranspiração da gérbera e ao crescimento, desenvolvimento e qualidade das plantas, foram analisados de modo a se identificar os efeitos causados pelos diferentes tratamentos.

A partir dos dados de radiação solar global ( $Q_g$ ) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA), obtidos nos dois ambientes e externamente, determinou-se as transmitâncias de cada tipo de combinação de cobertura utilizada nos ambientes estudados (Ambiente 1 - T1 = plástico + malha termo-refletora externa e Ambiente 2 - T2 = plástico + malha termo-refletora interna). Além disso, as variações diárias, ao longo de todo o período, e de 15 minutos, para dias com diferentes características de nebulosidade (céu limpo e nublado), foram avaliadas. A partição percentual da radiação solar global em fotossinteticamente ativa (RFA) e ultravioleta mais infravermelho próximo (UV+IVP) foi determinada, estabelecendo-se as relações entre elas e a  $Q_g$  por meio de regressões lineares simples, tanto para os dois tratamentos estudados como para o ambiente externo.

O efeito das coberturas utilizadas também foi avaliado com relação à temperatura e umidade relativa do ar, comparando-se os dados coletados nos ambientes protegidos com aqueles medidos externamente. Levou-se em consideração os valores médios, máximos e mínimos registrados nos ambientes protegidos e no ambiente externo. Neste caso, as diferenças médias dos valores registrados entre os dois ambientes e a condição externa foram determinadas, assim como a relação entre elas, estabelecida pela análise de regressão, para o período todo, na escala de 15 minutos esses dados de temperatura média do ar também foram analisados separando-se os períodos em diurno e noturno, na mesma escala anterior.

A evapotranspiração da gérbera (ETc), na escala diária, no decorrer dos dois ciclos experimentais, obtida pelo método gravimétrico, foi correlacionada com os elementos meteorológicos: temperatura média diária, déficit de saturação e radiação solar global, e com as variáveis biométricas da cultura: área foliar por vaso, diâmetro de planta, e número de folhas por vaso, para cada um dos tratamentos.

A análise estatística das variáveis biométricas da cultura foi feita utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), adotando-se dois tratamentos com 24 repetições, sendo 16 amostras para número de botões e altura da haste e 4 amostras para evapotranspiração da gérbera, e o teste de Tukey para comparação entre as médias. Para as variáveis diâmetro e altura de planta e número de folhas foram feitas análises quinzenais, em cada ciclo, ao passo que as variáveis número de botões florais e altura de haste foram analisadas na última semana de cada ciclo. A Figura 11 apresenta a disposição das repetições nas bancadas de um dos tratamentos, indicando as plantas amostradas para as avaliações. Para a análise estatística foi utilizado o programa estatístico "Statistical Analysis System" (SAS, 1992).

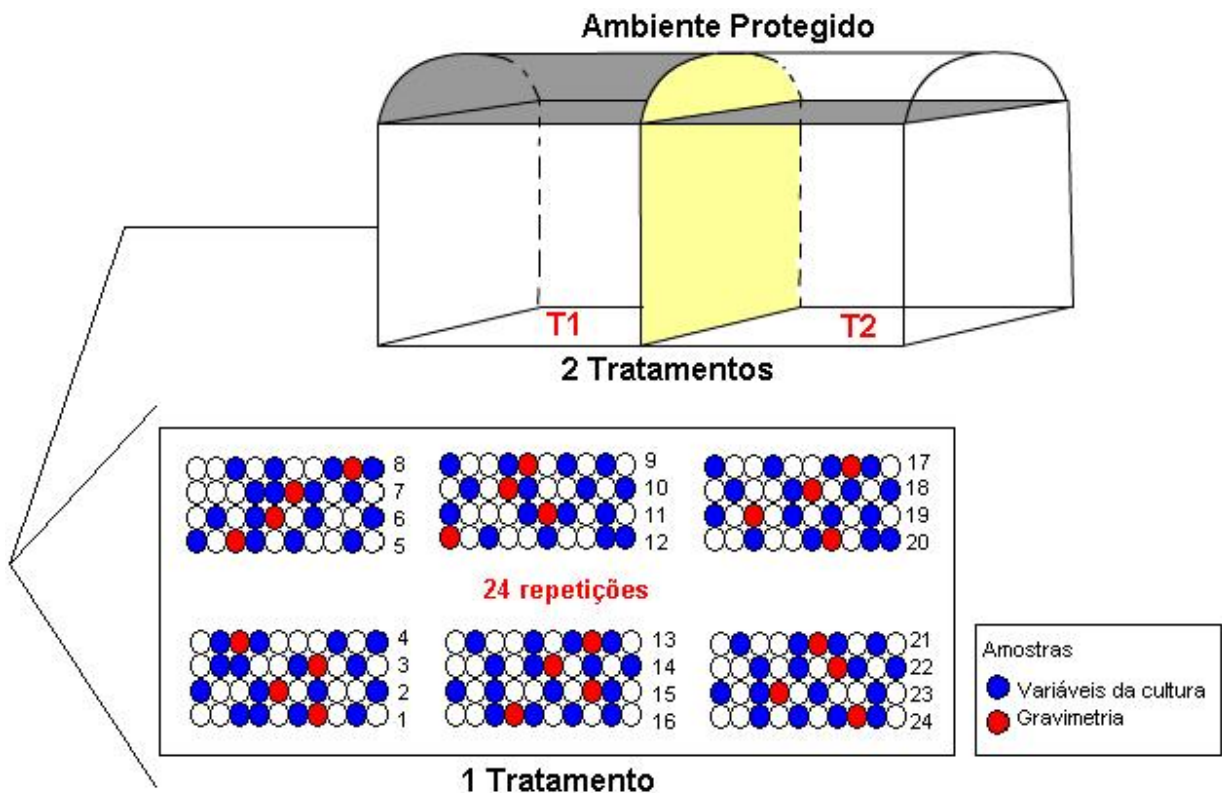


Figura 11 - Representação esquemática do delineamento experimental utilizado, os círculos representam os vasos, sendo os círculos cheios os vasos amostrados para a avaliação da cultura ou para a determinação da evapotranspiração da gérbera

Para a ETC, o conjunto total de dados obtidos durante os 1º e 2º ciclos experimentais foram separados em dois conjuntos. O 1º conjunto de dados foi utilizado para gerar os coeficientes das equações de regressão linear múltipla em função das

condições meteorológicas e da planta, obtendo-se três grupos de equações múltiplas e seus respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), sempre tendo a ETc como a variável dependente e alternando-se as outras variáveis independentes. Relacionou-se ETc com os elementos meteorológicos ( $Q_g$ , T e  $\Delta e$ ) e com as variáveis da planta ( $A_{fv}$ , DP e NF). O terceiro grupo de equações relacionou a ETc com as variáveis da planta e do ambiente de maiores correlações.

Posteriormente, as equações foram testadas por meio de substituição simples das variáveis independentes do 1º pelas do 2º conjunto de dados, obtendo-se a evapotranspiração estimada, a qual foi comparada com a ETc medida pelo método gravimétrico, por meio da análise de regressão.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Radiação solar global

A Tabela 3 apresenta os valores médios de radiação solar global ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ) obtidos nos ambientes estudados, ao longo dos dois ciclos de cultivo. Observa-se que os valores são sensivelmente menores no interior do ambiente protegido em comparação ao ambiente externo. Isso se deve à reflexão e à absorção promovidas pela cobertura plástica, que diminuem a incidência de radiação solar no interior do ambiente protegido (KURATA, 1990; MARTIN, et al., 1982; SEEMANN, 1979; SENTELHAS et al., 1997; PEREIRA et al., 2002) e também pelo uso da malha termo-refletora.

Robledo e Martin (1981), estudando polietileno de baixa densidade (PEBD) sem associação com malha de sombreamento, verificaram que a transmitância foi da ordem de 70 a 80% da radiação solar global. No presente estudo, utilizando-se o polietileno de baixa densidade difusor associado à malha termo-refletora, obteve-se uma maior atenuação da radiação solar global, devido não só à atenuação pela cobertura plástica, mas também ao sombreamento provocado pela malha, corroborando a afirmação de Baille (2001) de que a redução da radiação solar no interior de ambientes protegidos é intensificada com o uso de malhas de sombreamento.

Tabela 3 - Valores de radiação solar global ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ), nos 1º e 2º ciclos experimentais, nos três ambientes estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e transmitâncias das coberturas em relação à estação meteorológica (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004

Ciclo	Qg ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ )			Transmitâncias (%)	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. externo	Amb. 1	Amb. 2
1º	5,1	3,3	15,2	33,6	21,7
2º	4,7	3,1	17,3	27,2	17,9

Nota-se que a transmitância no ambiente 1 (malha externa) foi maior do que no ambiente 2 (malha interna) nos dois ciclos estudados (Tabela 3 e Figura 12), revelando que a disposição externa da malha garante uma maior quantidade de energia no interior



do ambiente 1, em cerca de  $1,8 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  (34,5%) para o 1º ciclo e  $1,6 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  (34,1%) para o 2º ciclo de acréscimo em relação ao ambiente 2.

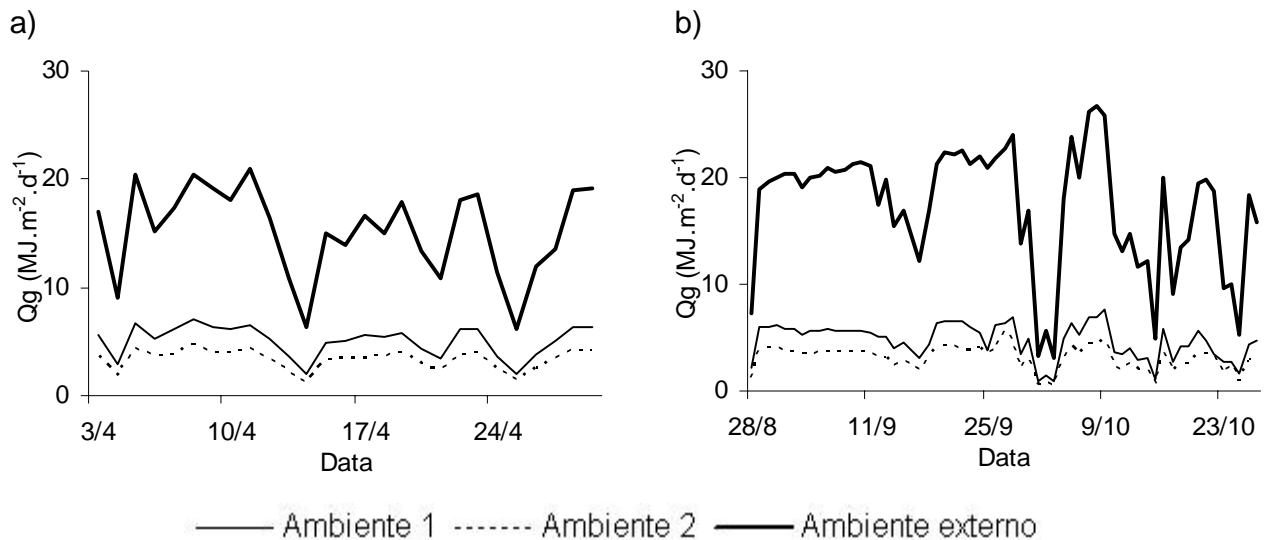


Figura 12 - Variação da radiação solar global ( $Q_g$ ), no decorrer dos dois ciclos experimentais: a) 1º ciclo e b) 2º ciclo, nos três ambientes protegidos estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

Vários autores afirmam que a redução da transmitância é variável em função de inúmeros fatores, incluindo, o tipo de cobertura (AL-RIAHI et al., 1989; CRITTEN; BAILEY, 2002; SENTELHAS et al., 1997) e sua idade (REIS; CARRIJO, 1999). Comparando-se as transmitâncias do 1º com do 2º ciclo, observa-se que houve redução pronunciada nos dois ambientes, porém o ambiente 1 (malha externa) apresentou maior redução, devido à deposição de poeira no decorrer do tempo, como sendo a principal responsável pela diminuição da transmitância, que passou de 33,6% para 27,2%, revelando uma redução de 6,4 pontos percentuais, enquanto no ambiente 2 essa redução foi de 4,0 pontos percentuais.

Analisando-se a variação a cada 15 minutos da radiação solar global (Figura 13), para um dia de céu limpo (11/04 e 08/09/2004), observa-se a mesma variação encontrada na Figura 12, ou seja, maior transmitância proporcionada pela disposição externa da malha termo-refletores em relação à interna, o que também ocorreu para um dia de céu nublado (25/04 e 17/09/2004). Mesmo nos dias nublados (Figura 13c e d), quando houve menor incidência de radiação solar global fora e dentro dos ambientes

protegidos, as transmitâncias das coberturas não sofreram alteração em relação ao dia de céu limpo, para ambos os ciclos da cultura.

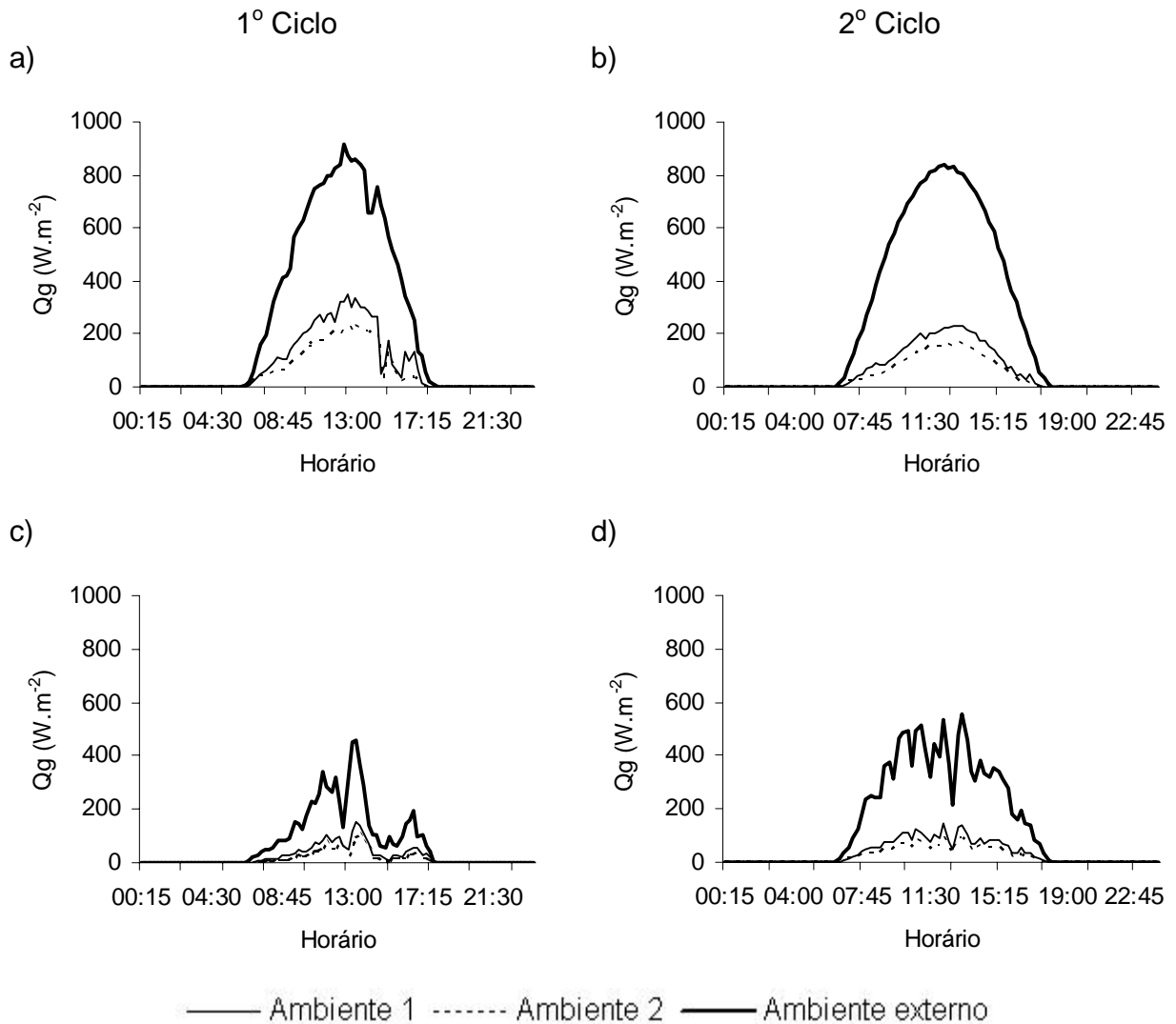


Figura 13 - Variação a cada 15 min. da radiação solar global ( $Q_g$ ), em cada ciclo, em dia de céu limpo: a) dia 11/04/2004; 1º ciclo;  $n = 10,2 \text{ h.d}^{-1}$  e b) dia 08/09/2004; 2º ciclo;  $n = 10,0 \text{ h.d}^{-1}$  e em dia de céu nublado: c) dia 14/04/2004; 1º ciclo;  $n = 0,0 \text{ h.d}^{-1}$  e d) dia 17/09/2004; 2º ciclo;  $n = 2,7 \text{ h.d}^{-1}$ , nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

Na Figura 14 são apresentadas as relações entre a radiação solar global em cada um dos ambientes e no ambiente externo, para os dois ciclos de cultivos. Nota-se que os coeficientes de determinação são elevados ( $R^2 > 0,89$ ), o que indica boa associação linear entre as variáveis estudadas. As transmitâncias encontradas pelas

regressões (valores dos coeficientes angulares) com dados de 15 minutos foram similares às encontradas pelos dados médios, confirmando os resultados apresentados na Tabela 3.

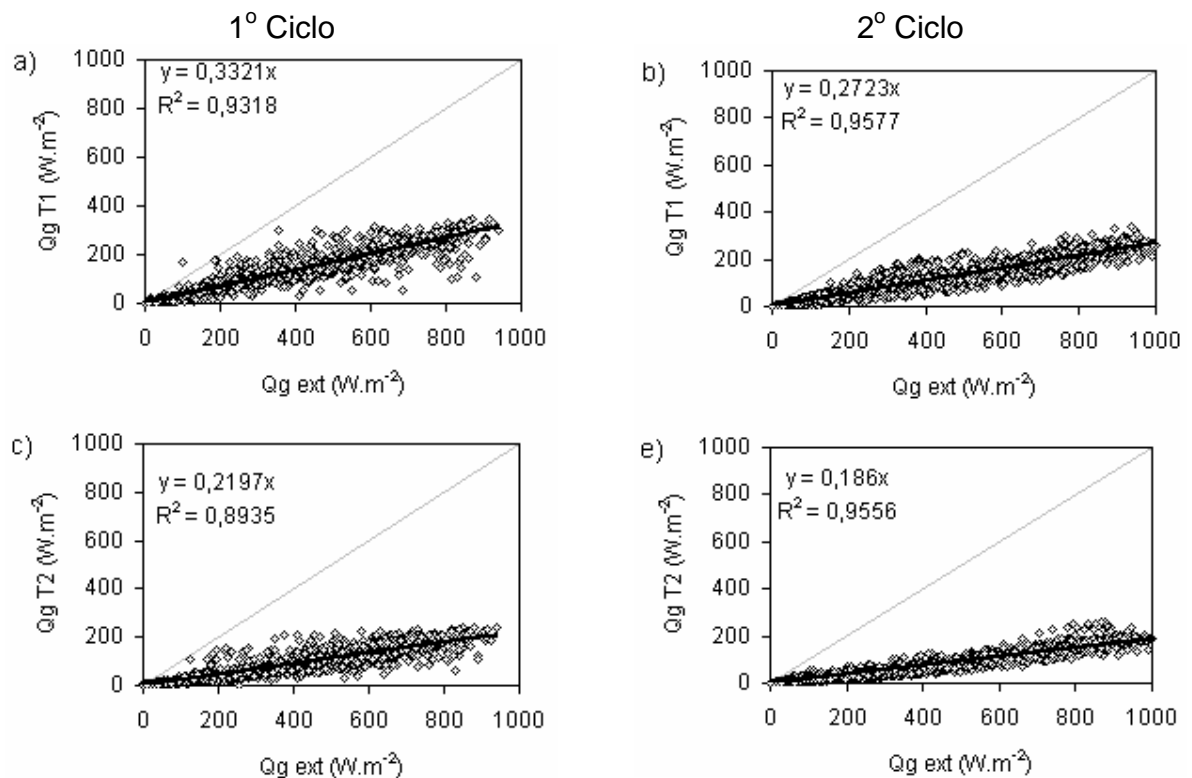


Figura 14 - Relação entre a radiação solar global nos ambientes estudados e o ambiente externo ( $Q_g \text{ ext}$ ): (a e b) ambiente com malha externa ( $Q_g \text{ T1}$ ), (c e d) ambiente com malha interna ( $Q_g \text{ T2}$ ), na escala de 15 min ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004

#### 4.2 Radiação solar fotossinteticamente ativa

A radiação fotossinteticamente ativa no interior de ambientes protegidos é significativamente menor do que as encontradas no ambiente externo, devido à atenuação provocada pela cobertura (SENTELHAS et al., 1997; PEREIRA et al., 2002), semelhantemente à variação da radiação solar global.

No presente estudo, verificou-se que, entre os ambientes estudados, a maior transmitância foi observada no ambiente 1 (malha externa), tanto para o 1º quanto para o 2º ciclo, apresentando valores médios da ordem de 25,1% e 19,2% para os ambientes 1 e 2, respectivamente. Neste caso, nota-se que os valores registrados de radiação fotossinteticamente ativa no ambiente 1 (malha externa) foi de  $1,9 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  (28,8%) e

de  $1,4 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  (20,6%) para o ambiente 2 no decorrer do 1º ciclo, o que mostra que a disposição externa da malha garante uma maior quantidade de energia no interior do ambiente, assim como sua partição em radiação fotossinteticamente ativa (Tabela 4).

De acordo com a Tabela 4, verifica-se que os valores encontrados de radiação fotossinteticamente ativa para o 2º ciclo, foram da ordem de  $1,6 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  (21,4%) para o ambiente 1 e  $1,4 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  (17,8%) para o ambiente 2, evidenciando maior redução, comparativamente ao 1º ciclo, assim como observado para a radiação solar global em decorrência da deposição de poeira na cobertura.

Tabela 4 - Valores de radiação fotossinteticamente ativa ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ), nos 1º e 2º ciclos experimentais, nos três ambientes estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e transmitâncias das coberturas em relação à estação meteorológica (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004

Ciclo	RFA ( $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ )			Transmitâncias (%)	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. Externo	Amb. 1	Amb. 2
1º	1,9	1,4	6,6	28,8	20,6
2º	1,6	1,4	7,6	21,4	17,8

Verifica-se na Figura 15a e b que a variação da RFA no ambiente 1 (malha externa) foi maior do que no ambiente 2 (malha interna) nos dois ciclos estudados, caracterizando a disposição externa da malha como aquela que permite a maior transmissão de energia, bem como sua partição em RFA no interior do ambiente, tanto para o 1º quanto 2º ciclo da cultura.

Analisando-se a variação a cada 15 minutos da radiação fotossinteticamente ativa (Figura 16), para um dia de céu limpo (11/04 e 08/09/2004), observa-se a mesma variação encontrada na Figura 15, ou seja, maior transmitância proporcionada pela disposição externa da malha termo-refletora em relação à interna, o que também ocorreu para um dia de céu nublado (25/04 e 17/09/2004), durante o decorrer de todo o dia.

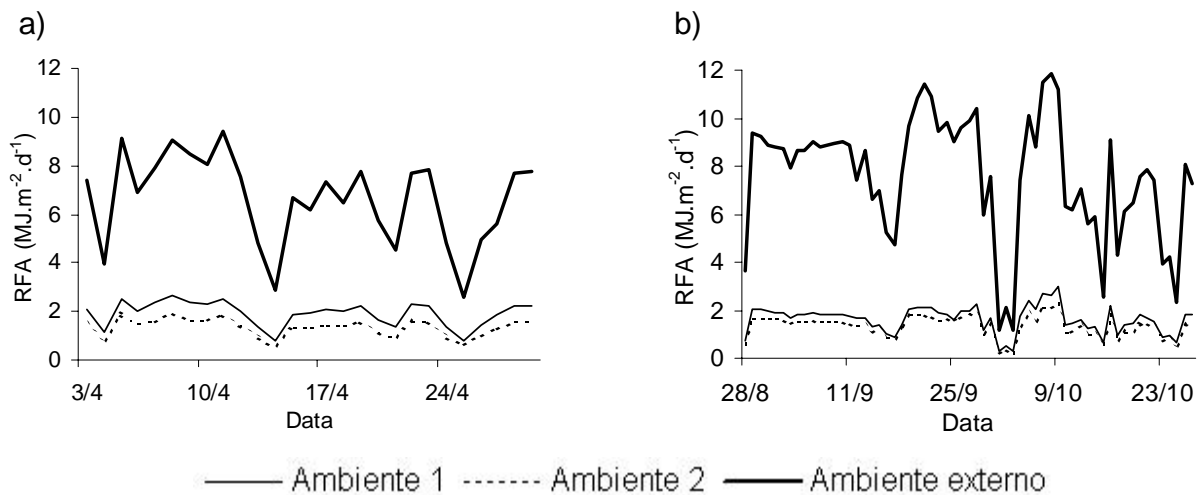


Figura 15 - Variação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA  $\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ ), no decorrer dos dois ciclos experimentais: a) 1º ciclo e b) 2º ciclo, nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

Comparando-se as transmitâncias nos dois ambientes, em dias de céu limpo (Figura 16a e b) e de céu nublado (Figura 16c e d), verifica-se alterações nas quantidades de RFA, devido às condições atmosféricas, porém as transmitâncias praticamente não se alteram. Nos dias de céu limpo, as transmitâncias foram em média de 23% para o ambiente 1 (malha externa) e de 18% para o ambiente 2 (malha interna), em ambos os ciclos. Para dias de céu nublado, as transmitâncias foram em média de 27% e 18%, respectivamente nos ambientes 1 e 2, respectivamente, o que também foi observado na análise da variação de 15 min da radiação solar global (Figura 13).

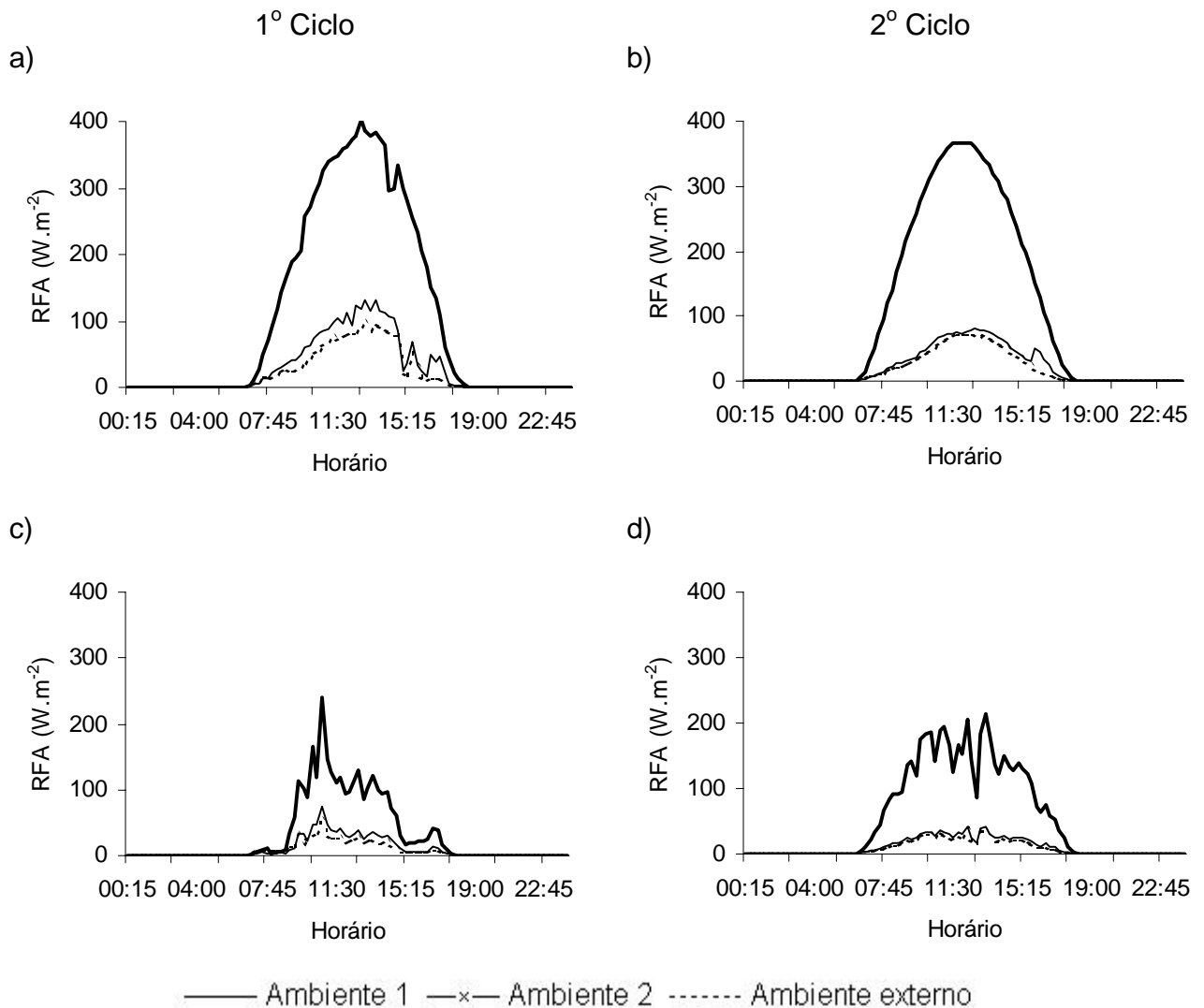


Figura 16 - Variação a cada 15 min. da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em cada ciclo, em dia de céu limpo: a) dia 11/04/2004; 1º ciclo;  $n = 10,2 \text{ h.d}^{-1}$  e b) dia 08/09/2004; 2º ciclo;  $n = 10,0 \text{ h.d}^{-1}$  e em dia de céu nublado: c) dia 25/04/2004; 1º ciclo;  $n = 0,0 \text{ h.d}^{-1}$  e d) dia 17/09/2004; 2º ciclo;  $n = 2,7 \text{ h.d}^{-1}$ , nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

Na Figura 17 são apresentadas as relações entre a radiação fotossinteticamente ativa em cada um dos ambientes e no ambiente externo, para os dois ciclos de cultivo. Nota-se que os coeficientes de determinação são elevados ( $R^2 > 0,94$ ), o que indica boa associação linear entre as variáveis estudadas. As transmitâncias encontradas pelas regressões (valores dos coeficientes angulares) com

dados de 15 minutos foram similares às encontradas pelos dados médios, confirmando os resultados apresentados na Tabela 4.

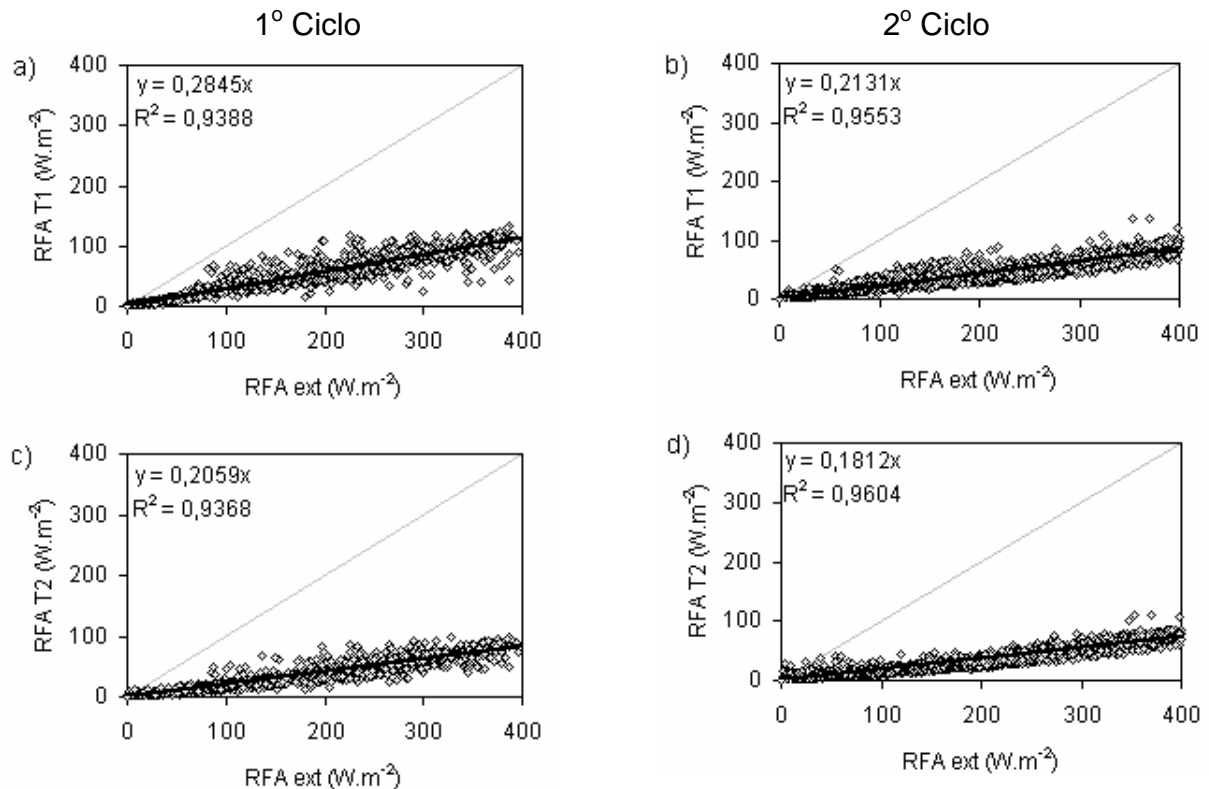


Figura 17 - Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa nos ambientes estudados e o ambiente externo: (a e b) ambiente associado com malha externa (RFA T1) e a no ambiente externo (RFA ext), (c e d) ambiente associado com malha interna (RFA T2) e a no ambiente externo (RFA ext), na escala de 15 min ao longo dos 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004

De acordo com Kittas et al. (1999) o uso de plásticos não altera a fração de RFA em relação à condição externa, porém o uso de malha termo-refletores tende a diminuir essa relação, no presente estudo, observou-se no 1<sup>o</sup> ciclo que ocorreu o efeito da malha termo-refletores sobre a relação RFA/Q<sub>g</sub>, mencionado por Kittas et al. (1999), ou seja, com redução da proporção de RFA no interior dos dois ambientes protegidos (Figura 18). No entanto, no 2<sup>o</sup> ciclo tal efeito não foi tão evidente, ocorrendo apenas no ambiente 1 (Figura 19).

Segundo Kittas et al. o enriquecimento da radiação fotossinteticamente ativa é função da seletividade do material de cobertura, quanto a faixa azul do espectro da radiação solar e a radiação na faixa do infravermelho próximo, no caso, a malha termo-refletores.

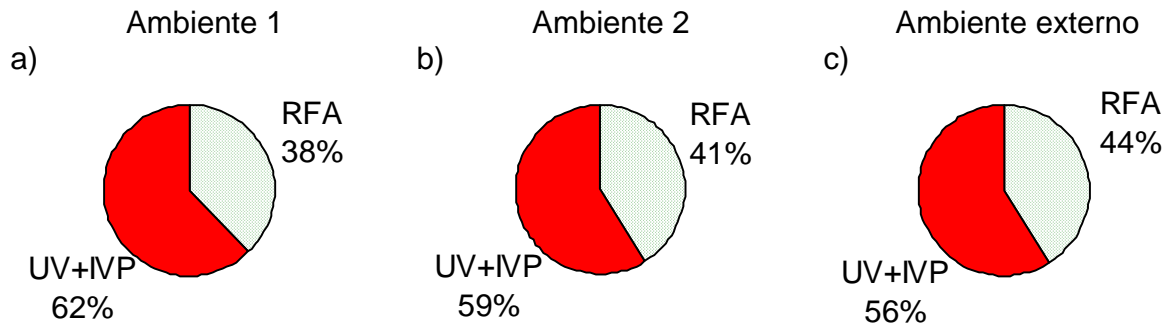


Figura 18 - Participação percentual da radiação solar global ( $Q_g$ ) em radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e radiação ultra-violeta e infravermelho próximo (UV+IVP) nos ambientes estudados: a) ambiente com malha externa (Ambiente 1), b) ambiente com malha interna (Ambiente 2) e a no ambiente externo, ao longo do 1º ciclo experimental. Piracicaba, SP, 2004

Importante notar que em os estudos abordando a fração de RFA, radiação de grande importância para as plantas, Cockshull et al. (1992) constataram que o aumento de 1% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) proporcionou aumento de aproximadamente 1% nos rendimentos do tomateiro. Porém, estudos dessa natureza ainda são poucos e contraditórios, o que enfatiza sua importância no meio acadêmico, (KITTA et al. 1999).

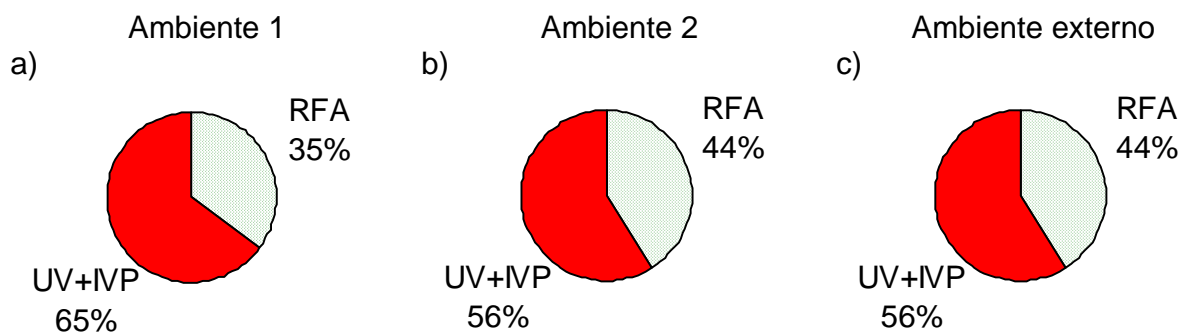


Figura 19 - Participação percentual da radiação solar global ( $Q_g$ ) em radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e radiação ultra-violeta e infravermelho próximo (UV+IVP) nos ambientes estudados: a) ambiente associado com malha externa (Ambiente 1), b) ambiente associado com malha interna (Ambiente 2) e a no ambiente externo, ao longo do 2º ciclo experimental. Piracicaba, SP, 2004



### 4.3 Temperatura do ar

Mesmo sendo o balanço de energia no interior da estufa menor do que no ambiente externo, a cobertura plástica atua como uma barreira física, retendo energia no ambiente protegido e promovendo o acúmulo de ar quente e de vapor d'água. No presente estudo, ao longo dos experimentos, no interior dos dois ambientes protegidos ocorreu valores de temperatura média do ar sempre superiores ao ambiente externo, concordando com resultados obtidos por Farias et al. (1993); Furlan (2001); Guiselini e Sentelhas (2004); Martinez Garcia (1978); Mills et al. (1990); Prados, (1986); Pezzopane (1997); Robledo e Martin (1981) e Sousa et al. (2005).

Na Tabela 5 e Tabela 6 são apresentados os valores da temperatura média do ar no decorrer dos 1º e 2º ciclos de cultivo. Nota-se que mesmo sendo o ambiente 1 detentor de uma cobertura de maior transmitância, que resulta em uma quantidade de energia maior em seu interior, foi o ambiente 2 que registrou as maiores temperaturas do ar.

Tabela 5 - Temperatura média, máxima e mínima do ar (°C) no 1º ciclo experimental, nos ambientes estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e as diferenças ( $\Delta T_{ar}$ ) em relação ao ambiente externo (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004

	$T_{ar}$ (° C)			$\Delta T_{ar}$ (° C)	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. Externo	Amb. 1	Amb. 2
Média	22,5	23,6	22,2	0,3	1,5
Max	28,5	31,2	28,1	0,5	3,1
Min	17,7	17,9	17,5	0,3	0,4

As diferenças da temperatura do ar em relação aos ambientes estudados e o ambiente externo ( $\Delta T_{ar}$ ) registrada no interior dos ambientes 1 e 2 diferem em 1,2 °C (1º Ciclo) e 1,4 °C (2º Ciclo), isto se deve ao gradiente vertical da temperatura do ar (ALPI; TOGNONI, 1991; BURIOL et al. 1997; FURLAN, 2001; GALVANI, 2001 E GUISELINI; SENTELHAS, 2004) e à disposição diferenciada da malha de sombreamento (GUISELINI; SENTELHAS, 2004). Segundo esses autores, os menores

valores de temperatura do ar são encontrados próximos ao solo e à medida que se aproxima do ponto mais alto da superfície interna da cobertura plástica, a temperatura do ar atinge seus valores máximos. A temperatura do ar no interior do ambiente protegido é variável também de acordo com o seu tamanho e/ou volume e com o tipo de cobertura (SEEMANN, 1979).

Tabela 6 - Temperatura média, máxima e mínima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) no 2<sup>o</sup> ciclo experimental, nos ambientes estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e diferenças ( $\Delta T_{\text{ar}}$ ) em relação ao ambiente externo (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004

	$T_{\text{ar}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )			$\Delta T_{\text{ar}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. externo	Amb. 1	Amb. 2
Média	22,6	24,0	22,0	0,6	2,0
Max	29,7	31,6	28,7	1,1	3,0
Min	16,0	17,0	15,6	0,4	1,3

Sendo assim, o ambiente 1, tendo a malha disposta externamente, possui um maior volume de ar entre os sensores e o teto, por outro lado, o ambiente 2, com a malha disposta internamente, promoveu uma barreira parcial, diminuindo assim o volume de ar entre a cobertura plástica e os sensores, observando-se então um gradiente diferenciado entre os ambientes estudados (Figura 20), onde, a escala do gradiente de temperatura máxima do ar no ambiente 1 encontra-se no ponto mais alto da cobertura, enquanto no ambiente 2 verifica-se maior temperatura no limite mais próximo da malha de sombreamento.

Braga (2000); Mills et al. (1990) e Semedo (1988) concluíram que para ambientes protegidos a temperatura média e mínima do ar são pouco afetadas por esses fatores, os quais tem maior efeito sobre as temperaturas máximas. Desta forma, pode-se verificar pelas Figura 21a e b, que na escala diária a temperatura média do ar no interior do ambiente 1 (malha externa) foi muito próxima da encontrada no ambiente externo, concordando com os autores citados acima. Porém, no ambiente 2 (malha interna) registrou-se os maiores valores, revelando que os fatores gradiente vertical de

temperatura e volume de ar no interior do ambiente foram responsáveis por uma variação diferenciada da temperatura média do ar.

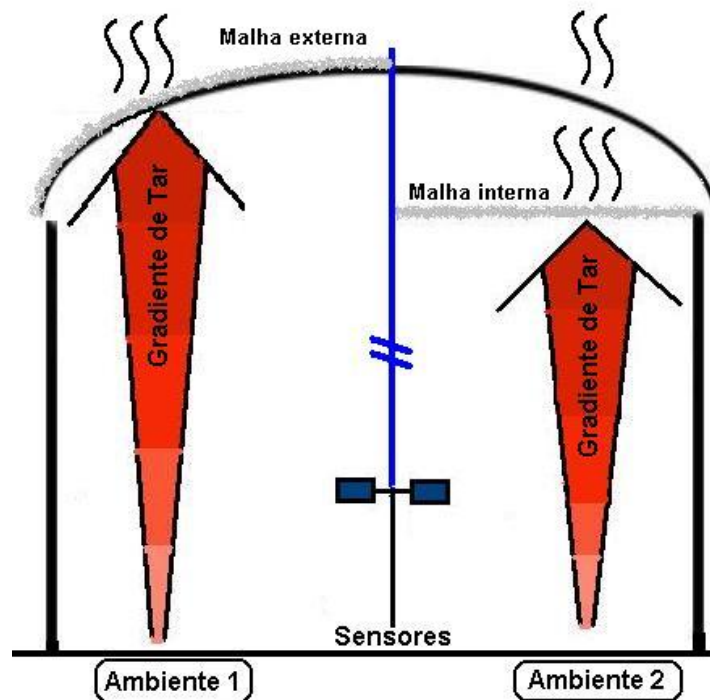


Figura 20 – Representação esquemática do gradiente vertical de temperatura do ar nos interiores dos ambientes 1 (malha externa) e 2 (malha interna)

No caso das temperaturas mínimas no interior dos ambientes protegidos, quando comparadas com as do ambiente externo, não houveram diferenças significativas (Figura 22a e b). Isso evidencia a incapacidade do filme plástico associado às malhas de sombreamento em proporcionar um armazenamento de calor durante à noite, devido às perdas de energia por emissão de ondas longas, o que também foi obtida por Sousa et al. (2005).

Como no interior dos ambientes protegidos a temperatura mínima (Figura 22a e b) foi praticamente igual a encontrada no ambiente externo e a máxima (Figura 23a e b) foi superior, a amplitude térmica nos ambientes protegidos foi superior a registrada no ambiente externo, sendo o ambiente 1 (malha externa) o que apresentou a menor diferença.

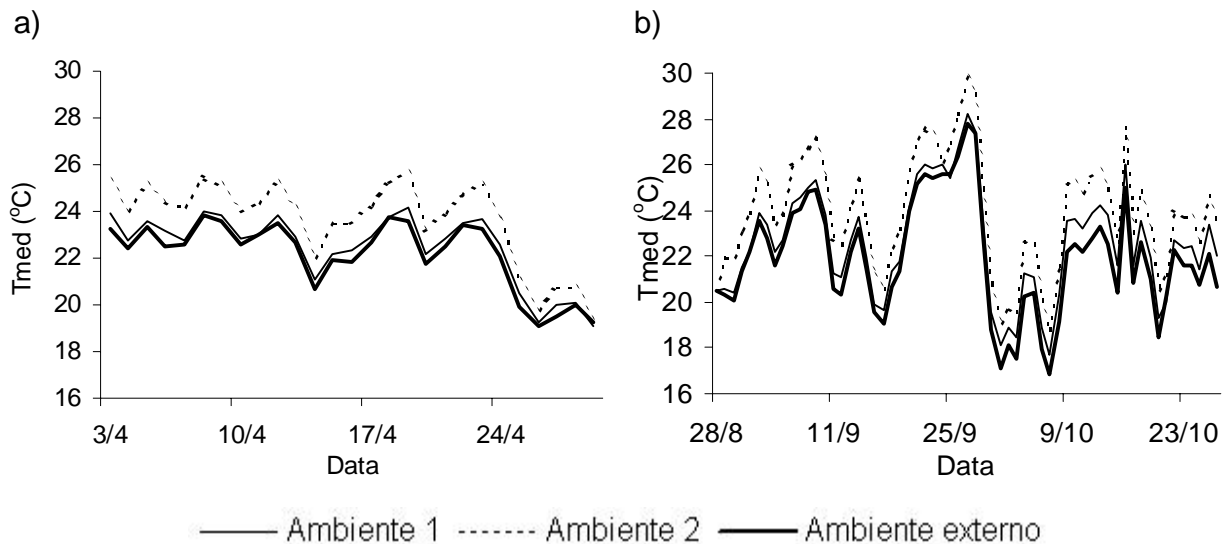


Figura 21 - Variação diária da temperatura média do ar ( $T_{med}$ ), no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclo), nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

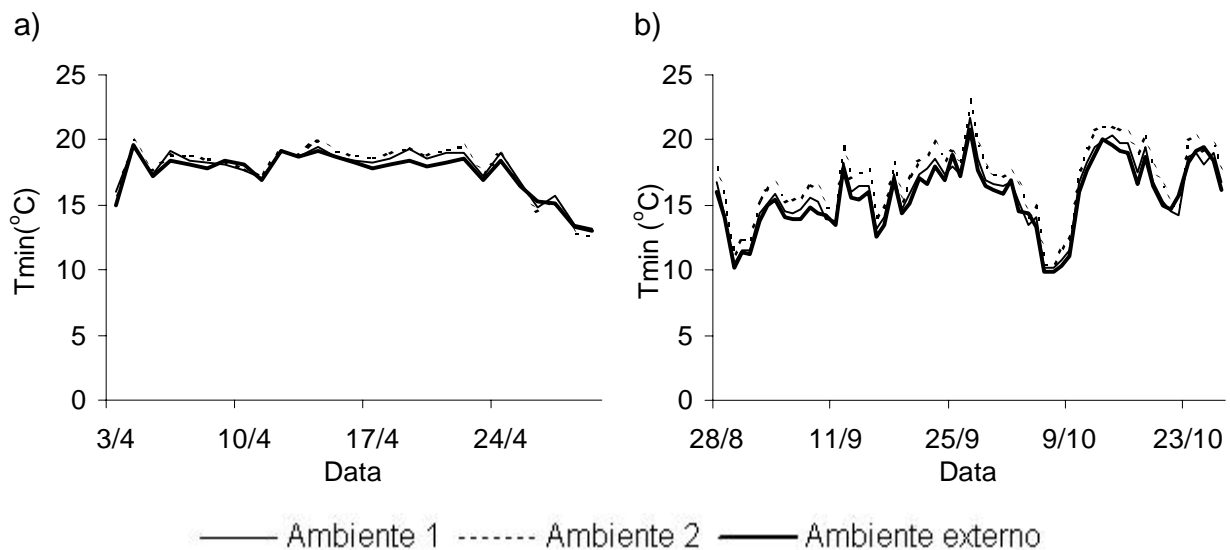


Figura 22 - Variação diária da temperatura mínima ( $T_{min}$ ), no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclo), nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

As Figura 23a e b confirmam os dados apresentados nas Tabela 5 e Tabela 6. Temperaturas máximas do ar são as que mais sofreram influência da cobertura no

ambiente protegido. A variação máxima de temperatura ( $\Delta T_{ar}$ ) no 1º ciclo no ambiente 1 (malha externa) foi igual a 0,5 °C e no ambiente 2 (malha interna) a 3,1 °C. No 2º ciclo  $\Delta T_{ar}$ , foi igual a 1,1 e 3,0 °C, respectivamente nos ambientes 1 e 2. Isso evidencia, mais uma vez, que a utilização da malha externa garante uma maior redução da temperatura do ar.

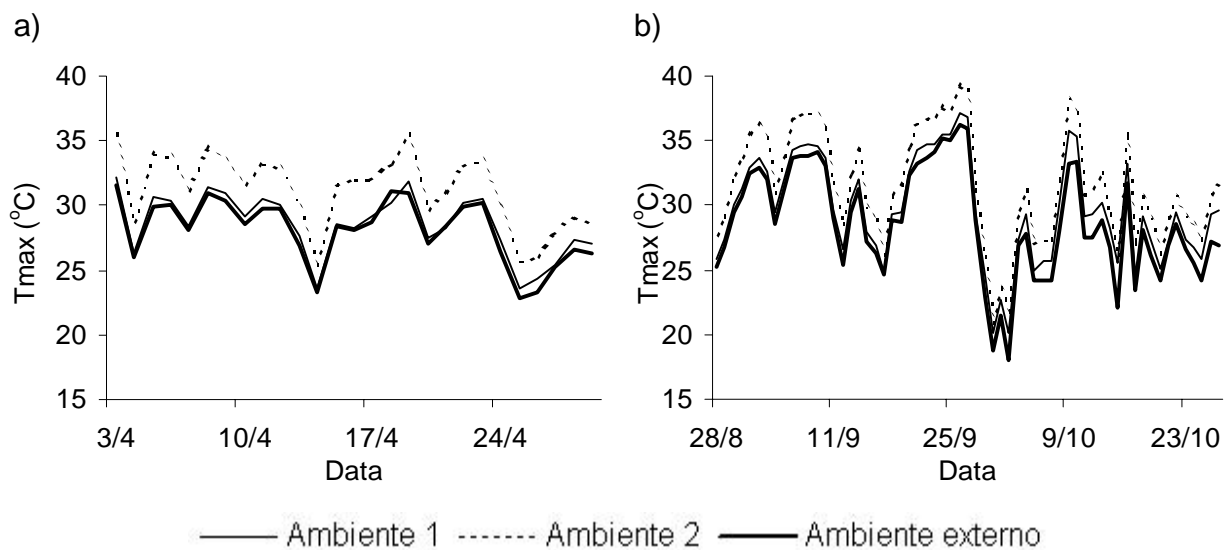


Figura 23 - Variação diária da temperatura máxima ( $T_{m\acute{a}x}$ ) no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclo), nos três ambientes protegidos estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

Analisando-se os dados a cada 15 min da temperatura do ar (Figura 24a e b) em dias de céu limpo (11/04 - 1º ciclo;  $n = 10,2 \text{ h.d}^{-1}$  e 08/09/2004 - 2º ciclo;  $n = 10,0 \text{ h.d}^{-1}$ ) foi possível se identificar que a variação da temperatura do ar apresenta padrão diferenciado ao longo do dia. Nos períodos mais frios (das 00:15 às 10:00 h e das 17:45 às 00:00 h), as temperaturas dos três ambientes não diferem entre si, porém nas horas mais quentes (das 10:00 às 17:45 h) nota-se uma pequena diferença entre os ambientes 1 e 2 em relação ao ambiente externo. Seemann (1979) explica que tal fenômeno é decorrente da influência direta da cobertura e dos raios solares, devido à inclinação e tipo de material, que interagem com a inclinação dos raios solares e, conseqüentemente, influenciam a temperatura do ar no ambiente protegido, no decorrer do dia.

Já nos dias nublados (Figura 24c e d), devido à baixa disponibilidade de energia solar, as temperatura tenderam, assim como no ambiente externo, a se manterem mais amenas, não apresentando diferenças ao longo do dia e permanecendo sempre próximas da temperatura exterior. Tal discrepância entre dias de céu limpo e nublado pode ser explicada pela alteração na variação da radiação solar global provocada pelas condições atmosféricas, a qual interfere diretamente no balanço de radiação e de energia sob as diferentes coberturas dos ambientes.

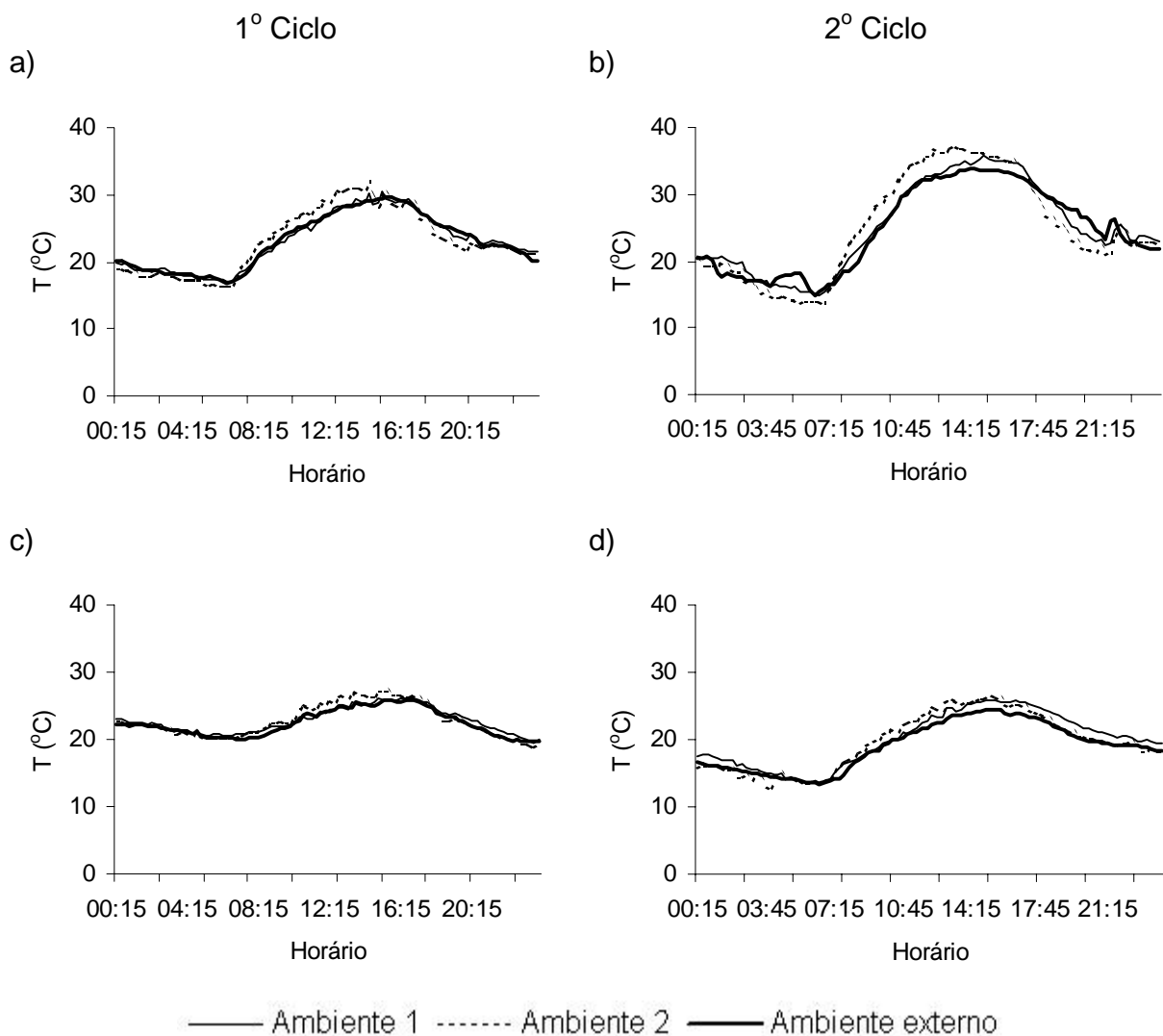


Figura 24 - Variação a cada 15 min. da temperatura do ar (T) em cada ciclo, em um dia de céu limpo: a) dia 11/04/2004; 1º ciclo;  $n = 10,2 \text{ h.d}^{-1}$  e b) dia 08/09/2004; 2º ciclo;  $n = 10,0 \text{ h.d}^{-1}$  e em dia de céu nublado: c) dia 25/04/2004; 1º ciclo;  $n = 0,0 \text{ h.d}^{-1}$  e d) dia 17/09/2004; 2º ciclo;  $n = 2,7 \text{ h.d}^{-1}$ , nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

A Figura 25 apresenta a relação entre a temperatura do ar dos ambientes protegidos e a temperatura externa. Observa-se, pelos coeficientes angulares das equações, que em média, os valores da temperatura do ar no ambiente 1 (malha externa) foi superior em 1% e 2%, para o 1º e 2º ciclo respectivamente, em relação ao ambiente externo (Figura 25a e b), enquanto que no ambiente 2 (malha interna) esse acréscimo na temperatura foi da ordem de 7% e 8% (Figura 25c e d).

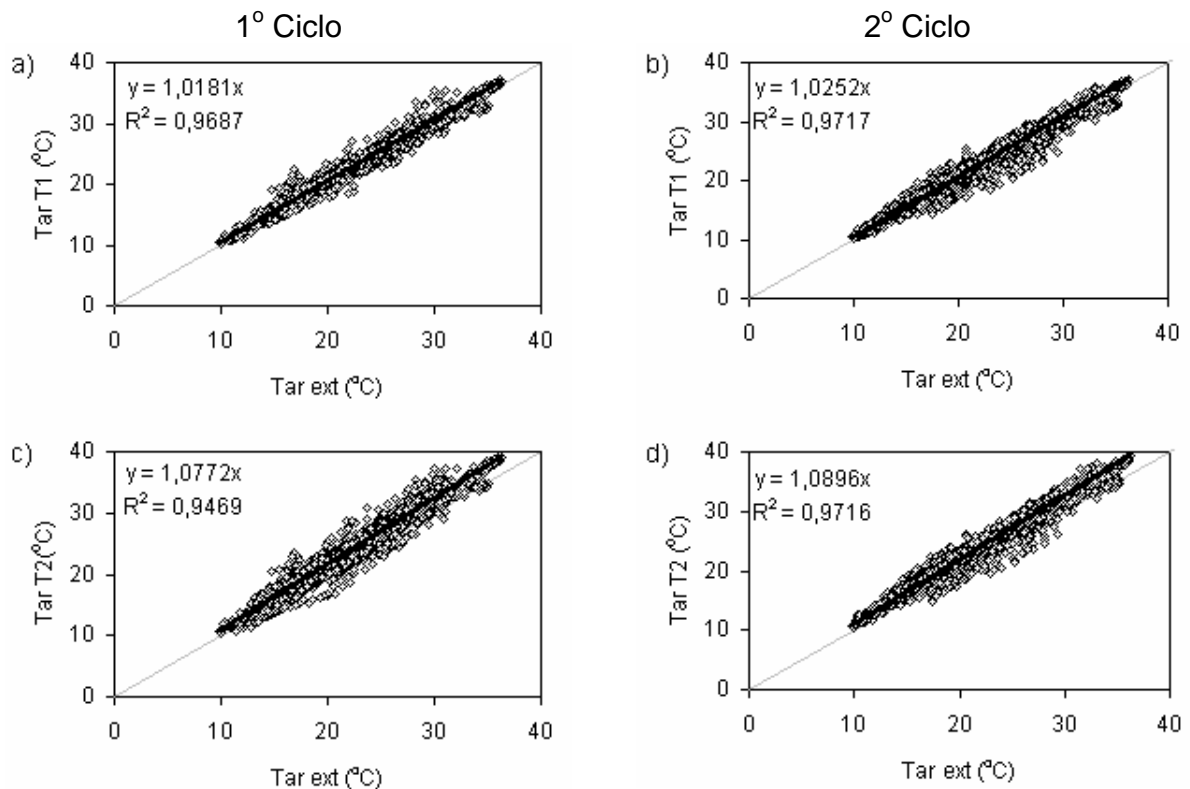


Figura 25 - Relação entre a temperatura do ar nos ambientes estudados e o ambiente externo (Tar ext): (a e b) ambiente com malha externa (Tar T1); (c e d) ambiente com malha interna (Tar T2), na escala de 15 min ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004

Analisando-se separadamente os períodos diurnos e noturnos, nota-se que tanto no período diurno quanto para o noturno as temperaturas do ar no interior do ambiente 1 foram superiores às registradas no ambiente 2.

Observa-se que no ambiente 1 (malha externa) os valores de temperatura do ar no período diurno foram, em média, 2% maiores do que os encontrados no ambiente externo, para os dois ciclos, como mostra a Figura 26a e b. Já o ambiente 2 (malha

interna) apresentou as maiores porcentagens para ambos os ciclos, respectivamente 8% e 9% (Figura 26c e d).

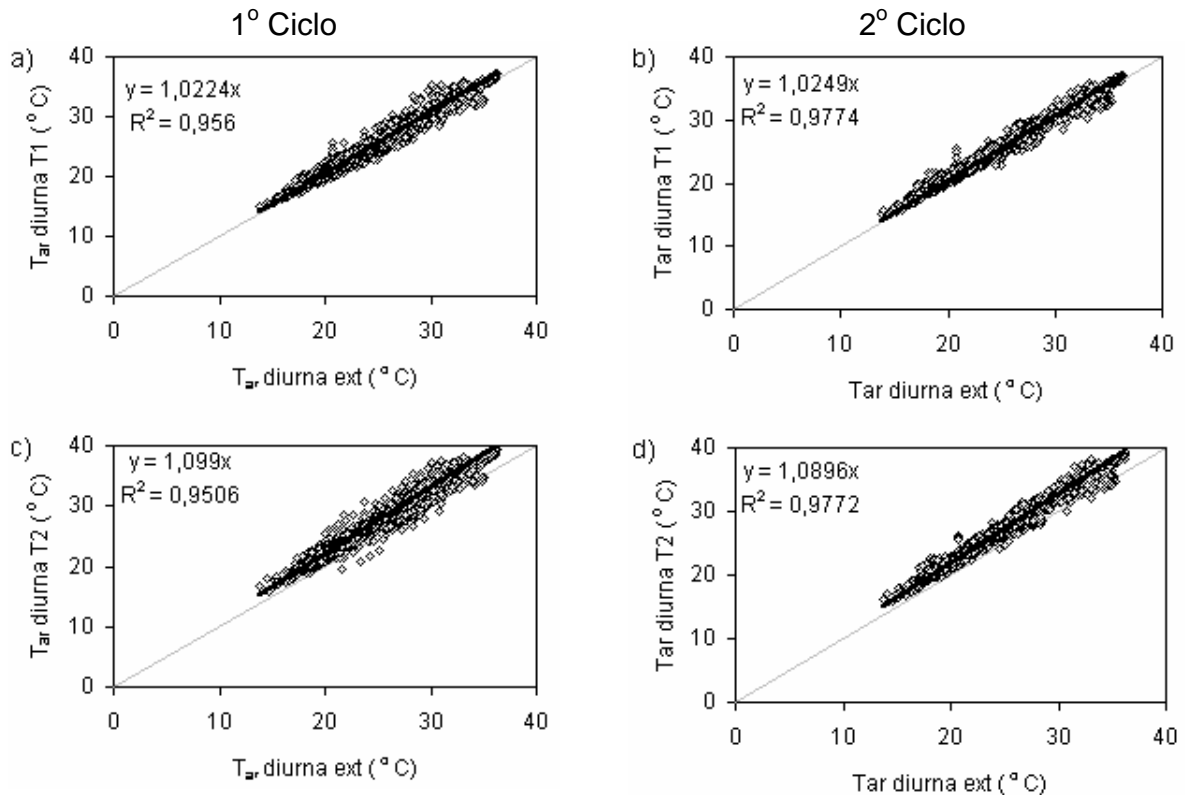


Figura 26 - Relação entre a temperatura do ar diurna nos ambientes estudados e o ambiente externo ( $T_{ar}$  diurna): (a e b) ambiente com malha externa ( $T_{ar}$  T1 diurna  $^{\circ}C$ ); (c e d) ambiente com malha interna ( $T_{ar}$  T2 diurna  $^{\circ}C$ ), na escala de 15 min ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004

No ambiente onde se utilizou a malha externamente (ambiente 1), a temperatura do ar para o período noturno foi, em média, 2,9% e 2,5% superiores ao ambiente externo, respectivamente, 1º e 2º ciclos (Figura 27a e b). O ambiente 2 (malha externa) manteve o padrão de apresentar valores de temperatura do ar mais elevados, em relação ao ambiente externo, atingindo na média 7% e 9%, respectivamente para os 1º e 2º ciclos (Figura 27a e b).



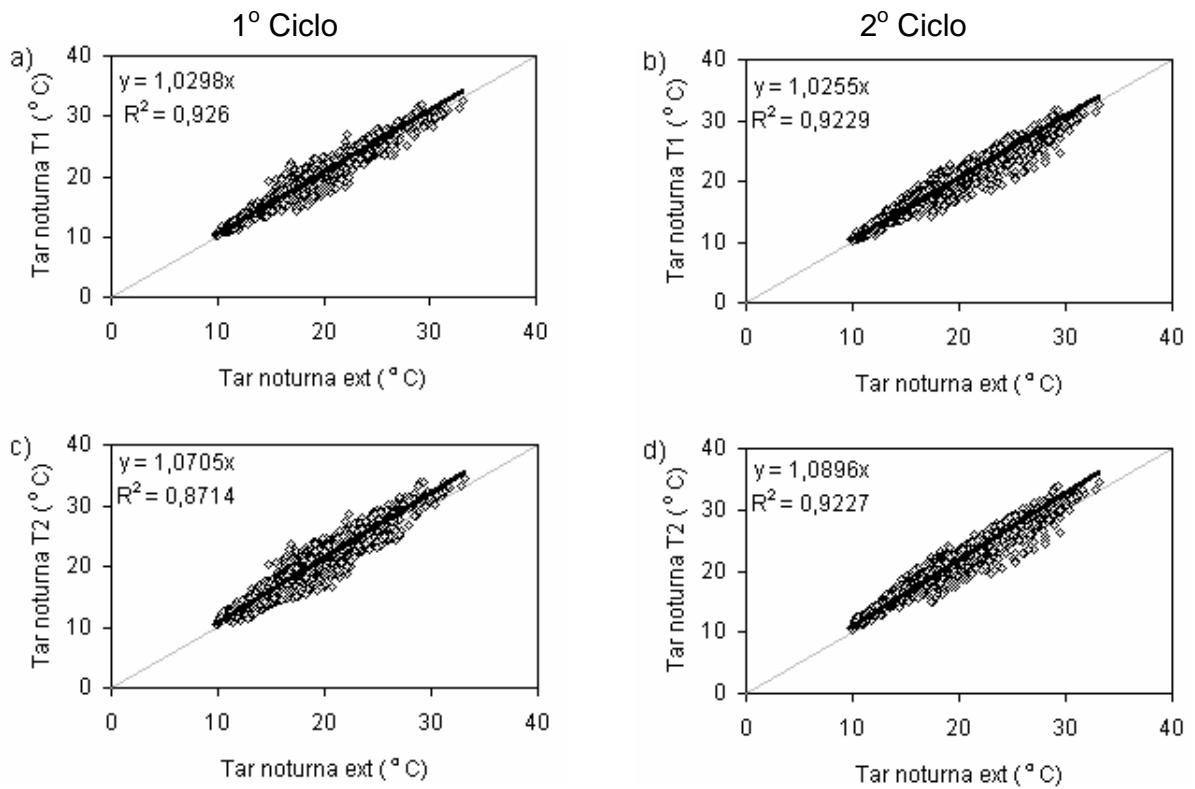


Figura 27 - Relação entre a temperatura do ar noturna nos ambientes estudados e o ambiente externo: (a e b) ambiente associado com malha externa ( $T_{ar}$  T1 noturna °C) e a no ambiente externo ( $T_{ar}$  ext noturna °C); (c e d) ambiente associado com malha interna ( $T_{ar}$  T2 noturna °C) e a no ambiente externo ( $T_{ar}$  ext noturna °C), na escala de 15 min ao longo do 1º e 2º ciclo experimentais. Piracicaba, SP, 2004

#### 4.4 Umidade relativa do ar

Os valores médios, máximos e mínimos da umidade relativa do ar para os dois ciclos da cultura, são apresentados nas Tabela 7 e Tabela 8, para os ambientes protegidos estudados e o ambiente externo e suas respectivas diferenças em relação ao ambiente externo ( $\Delta UR$ ).

Verifica-se que durante os dois ciclos, os valores da umidade relativa média, máxima e mínima do ar no interior dos ambientes protegidos foram similares, porém ligeiramente superiores aos observados no ambiente externo. A UR mínima foi a que apresentou maior diferença, no 1º ciclo.  $\Delta UR$  no ambiente 1 (malha externa) foi igual a 8,1% e no ambiente 2 (malha interna) igual a 5,6%. Para o 2º ciclo observou-se valores de  $\Delta UR$  para UR mínima da ordem de 6,8% e 7,7%, respectivamente para os ambientes 1 e 2. A UR máxima foi a que apresentou valores mais próximos aos registrados no ambiente externo. Já os valores da UR média registrados revelaram um  $\Delta UR$  da ordem de 3,1 a 3,4% para o 1º ciclo e de 2,5 a 3,6% para o 2º ciclo.

Tabela 7 - Valores de umidade relativa média, máxima e mínima (%), no 1º ciclo experimental, nos três ambientes protegidos estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e diferenças ( $\Delta UR$ ) em relação ao ambiente externo (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004

	UR (%)			$\Delta UR$ (%)	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. externo	Amb. 1	Amb. 2
Média	85,4	85,7	82,3	3,1	3,4
Max	99,6	99,8	99,4	0,2	0,4
Min	64,9	62,4	56,7	8,1	5,6

Tabela 8 - Valores de umidade relativa média, máxima e mínima (%), no 2º ciclo experimental, nos três ambientes protegidos estudados: malha externa (Amb. 1), malha interna (Amb. 2) e na estação meteorológica (Amb. externo) e as diferenças ( $\Delta UR$ ) em relação ao ambiente externo (Amb. externo). Piracicaba, SP, 2004

	UR (%)			$\Delta UR$ (%)	
	Amb. 1	Amb. 2	Amb. externo	Amb. 1	Amb. 2
Média	75,5	76,6	73,0	2,5	3,6
Max	97,7	97,8	97,4	0,4	0,5
Min	52,5	53,4	45,7	6,8	7,7

Nota-se pelas Figura 28, Figura 29 e Figura 30 que a umidade relativa média, máxima e mínima do ar apresentaram variações inversas à temperatura média, máxima e mínima do ar (Figura 21, Figura 22 e Figura 23). Isso se deve ao fato dos valores de UR ser dependentes e inversamente proporcionais aos da temperatura do ar (SEEMANN, 1979, TANAKA; GENTA, 1982; FARIAS et al., 1993).

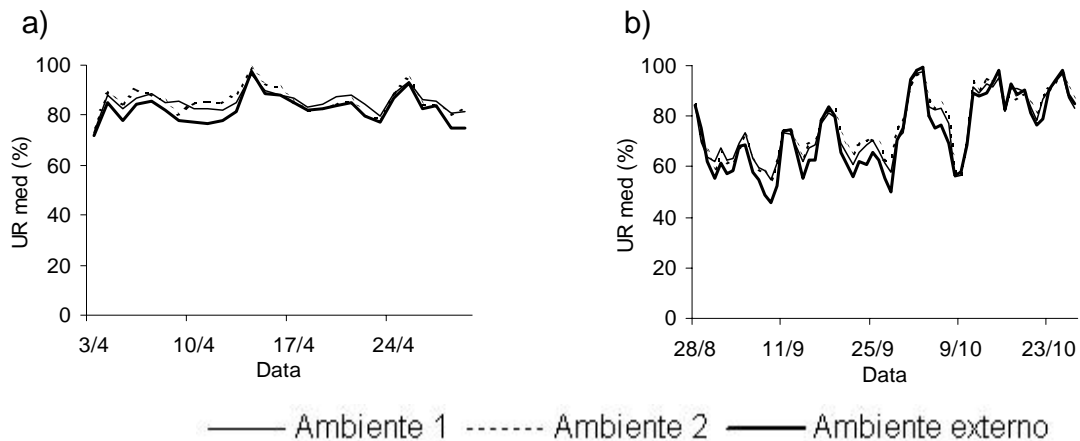


Figura 28 - Variação diária da umidade relativa média do ar (UR med) no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclos), nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

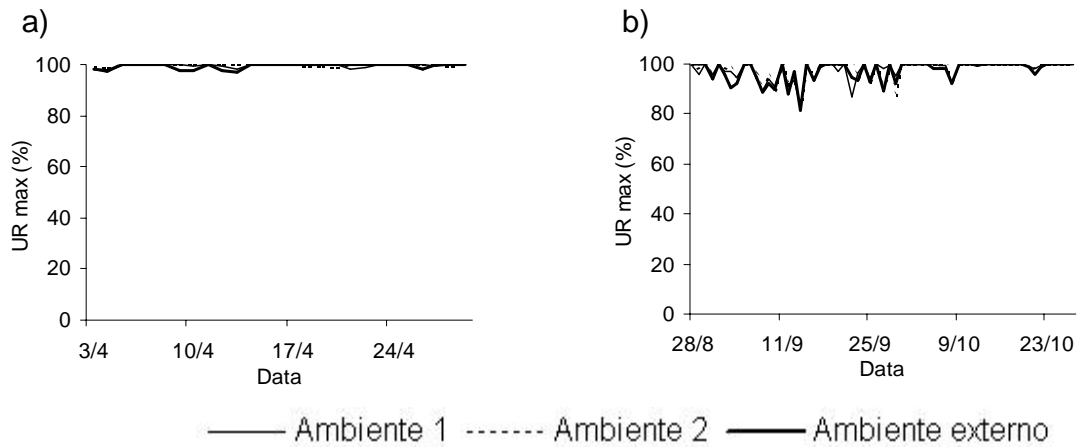


Figura 29 - Variação diária da umidade relativa máxima do ar (UR máx) no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclos), nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

Como visto anteriormente, os valores da temperatura média e mínima não apresentaram diferenças entre os ambientes estudados, o que também ocorreu com os valores de umidade relativa média e máxima. Por outro lado, a umidade relativa mínima foi a que apresentou as maiores diferenças entre os ambientes protegidos e o ambiente externo (Figura 30a e b), o que se devem à alteração provocada pelos ambientes na temperatura máxima, efeito este, também observado por Sousa (2005).

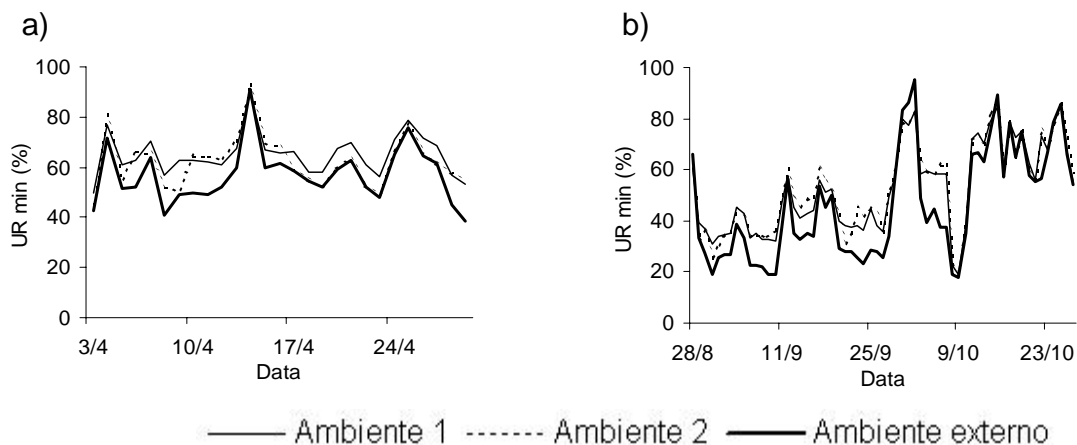


Figura 30 - Variação diária da umidade relativa mínima do ar (UR mín) no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclos), nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

Analisando-se os dados a cada 15 min para umidade relativa do ar (Figura 31a e b), nos dias de céu limpo (11/04 - 1º ciclo;  $n = 10,2 \text{ h.d}^{-1}$  e 08/09/2004 - 2º ciclo;  $n = 10,0 \text{ h.d}^{-1}$ ) foi possível se observar que as variações da umidade relativa do ar, nos ambientes estudados foram similares, ao longo do dia. Porém, para o dia de céu limpo no 2º ciclo, os valores de temperatura e umidade relativa ar no interior dos ambientes protegidos foram superiores ao ambiente externo, pois durante o período do 2º ciclo houve uma baixa frequência de precipitações pluviométricas e elevados valores de temperatura do ar (Figura 5), o que resultou em um decréscimo na umidade relativa no ambiente externo, que por sua vez não influenciou a umidade relativa nos ambientes protegidos, devido à baixa incidência de ventos no período, não proporcionando a remoção do volume de ar úmido do interior dos ambientes protegidos.

Na Figura 31c e d, referente aos dias nublados (25/04; 1º ciclo;  $n = 0,0 \text{ h.d}^{-1}$  e 17/09/2004; 2º ciclo;  $n = 2,7 \text{ h.d}^{-1}$ ), observa-se que devido à baixa disponibilidade de energia solar e valores semelhantes de temperatura nos ambientes estudados a umidade relativa do ar não apresentou diferenças significativas ao longo do dia nos ambientes protegidos, permanecendo sempre próxima do ambiente externo.

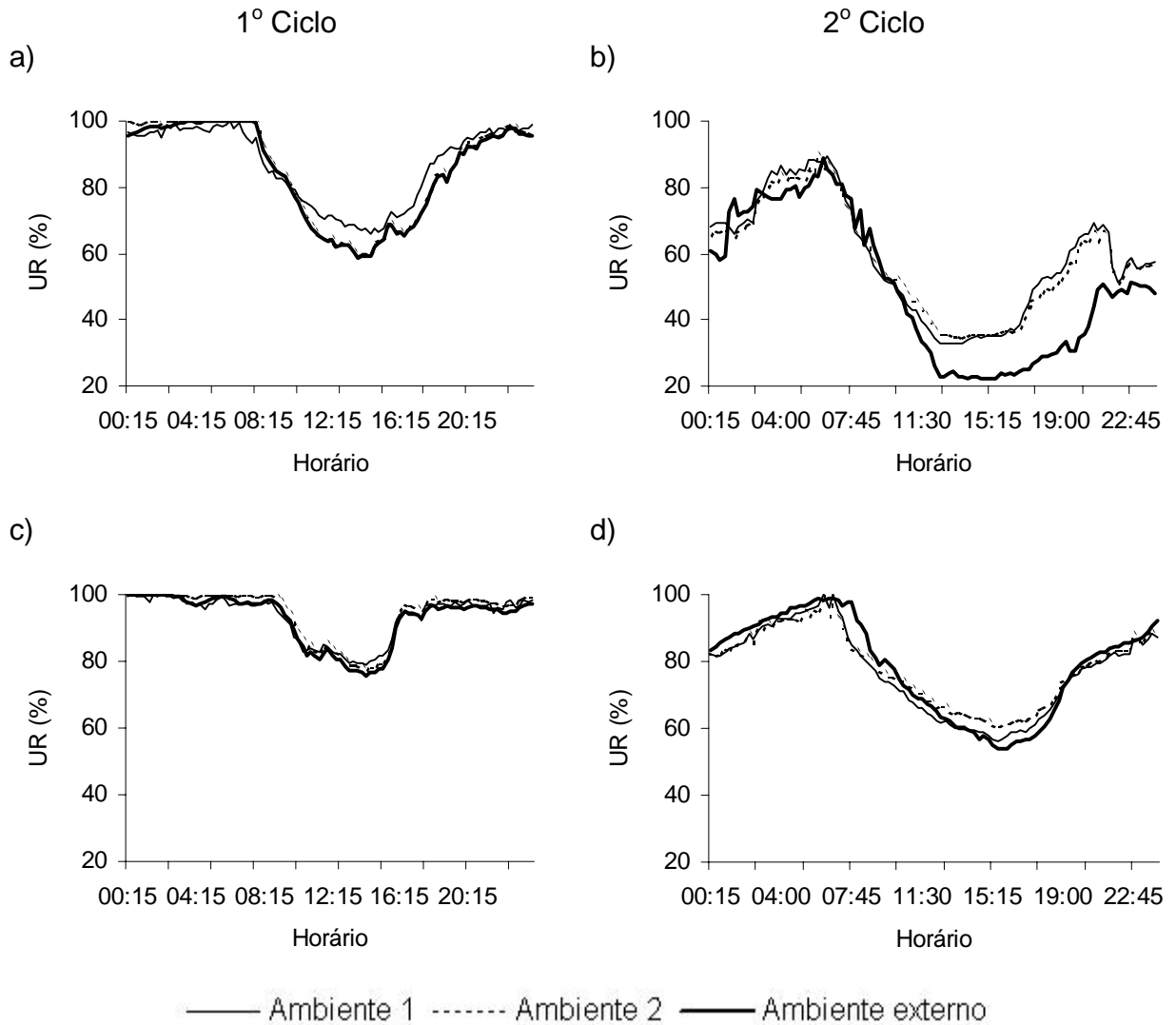


Figura 31 - Variação a cada 15 min. da umidade relativa do ar (UR) em cada ciclo, em dias de céu limpo: a) dia 11/04/2004; 1º ciclo;  $n = 10,2 \text{ h.d}^{-1}$  e b) dia 08/09/2004; 2º ciclo;  $n = 10,0 \text{ h.d}^{-1}$  e em dias de céu nublado: c) dia 25/04/2004; 1º ciclo;  $n = 0,0 \text{ h.d}^{-1}$  e d) dia 17/09/2004; 2º ciclo;  $n = 2,7 \text{ h.d}^{-1}$ , nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

#### 4.5 Biometria

Os valores médios do diâmetro, altura e número de folhas da gérbera, cultivada nos diferentes ambientes protegidos são apresentados nas Figuras 32a, c e e. Nota-se que no 1º ciclo os valores médios do diâmetro da planta são similares, no decorrer de todo período experimental, no entanto, para os valores médios da altura da planta e número de folhas, a partir da 8ª semana (09/04/2004), período de emissão dos primeiros botões florais, houve uma diferenciação entre os valores médios, sendo que o ambiente 1 (malha externa) apresentou maior quantidade de folhas e o ambiente 2 (malha interna) plantas mais altas.

Verifica-se que para o 2º ciclo da cultura houve uma diferença entre os valores encontrados no ambiente 1 (malha externa) e no ambiente 2 (malha interna), para os valores médios de números de folhas (Figura 32f), também a partir da emissão dos botões florais (05/10/2004). Porém, os valores médios das dimensões da gérbera (diâmetro e altura) dos ambientes estudados foram diferentes a partir do dia 15/09/2009, sendo que o ambiente 1 apresentou maiores valores médios de números de folhas e o ambiente 2 proporcionou plantas de maiores dimensões.

Os valores médios dos parâmetros biométricos avaliados no decorrer do 1º ciclo, do ambiente 1 (malha externa) e do ambiente 2 (malha interna) foram analisados pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ) e apresentados na Tabela 9. Nota-se que os valores médios do diâmetro da planta diferiram significativamente para uma única avaliação (09/04), sendo que o valor médio do diâmetro da planta no ambiente 1 foi igual à 17,9 cm e no ambiente 2 a 18,8 cm.

Já para os valores médios da altura da planta, a análise estatística apontou diferenças significativas entre os valores dos ambientes estudados, nas avaliações dos dias 09/04 e 16/04 e para os de número de folhas nas três últimas avaliações (09/04, 16/04 e 30/04). Nota-se que, na última avaliação, os valores médios de número de folhas por vaso nos ambientes 1 e 2 foram iguais à 24,0 e 20,3, respectivamente, corroborando com os resultados apresentados na Figura 32.

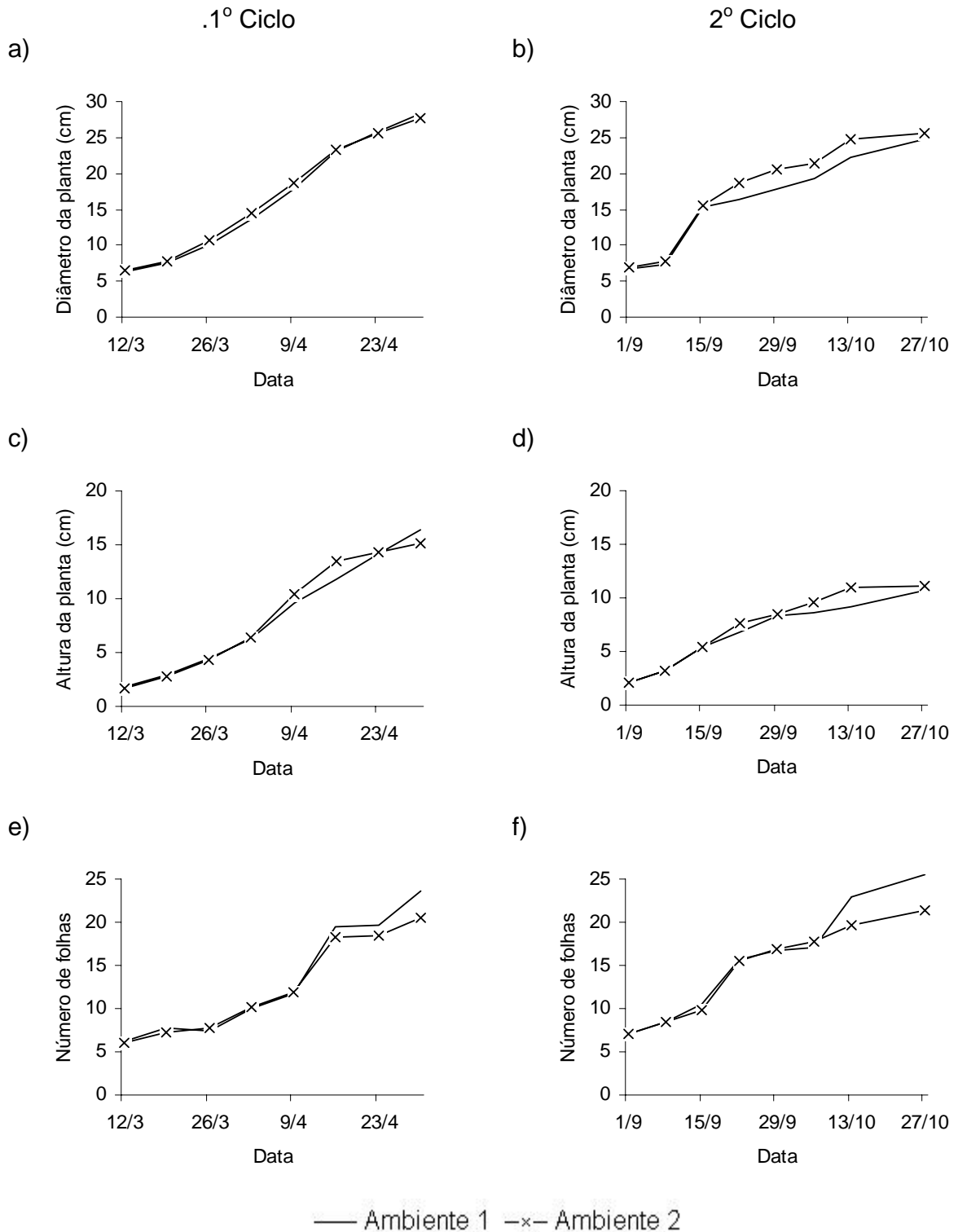


Figura 32 - Diâmetro médio da planta (a e b), altura média da planta (c e d) e número de folhas por vaso (e e f) nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004



Tabela 9 – Valores médios do diâmetro, da altura da planta e do número de folhas nos ambientes estudados (Ambiente 1 e 2), no decorrer do 1º ciclo experimental. Piracicaba, SP, 2004

Data	Diâmetro		Altura da Planta		Número de folhas	
	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 1	Ambiente 2
12/mar	6,4 a	6,4 a	1,8 a	1,7 a	6,3 a	6,1 a
19/mar	7,6 a	7,9 a	2,9 a	2,8 a	7,8 a	7,3 b
26/mar	10,1 a	10,6 a	4,4 a	4,4 a	7,5 b	7,8 a
02/abr	13,7 a	14,5 a	6,3 a	6,5 a	10,0 a	10,2 a
09/abr	17,9 b	18,8 a	9,6 b	10,4 a	11,8 a	12,0 a
16/abr	23,1 a	23,3 a	11,9 b	13,5 a	20,1 a	18,0 b
23/abr	26,1 a	26,3 a	13,9 a	14,2 a	19,5 a	18,3 b
30/abr	28,4 a	27,8 a	16,4 a	15,2 b	24,0 a	20,3 b

Valores nas linhas, seguidos das mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si ( $P>0,05$ ), de acordo com o teste de Tukey.

A Tabela 10 apresenta os valores médios do diâmetro, da altura da planta e do número de folhas nos ambientes estudados, no decorrer do 2º ciclo. A partir do dia 13/10/2004, o ambiente 1 (malha externa) proporcionou valores médios de números de folhas superiores e diferentes estatisticamente, do ambiente 2 (malha interna). Observa-se que na última avaliação os vasos, os vasos do ambiente 1 possuíam em média, 25,4 folhas enquanto do ambiente 2 contavam com uma média de 21,4 folhas.

A referida análise estatística também revelou que no ambiente 2 (malha interna) as plantas apresentaram maiores dimensões (diâmetro e altura), diferindo ( $P>0,05$ ) do ambiente 1 (malha externa). Na avaliação do dia 13/10/2004 as plantas do ambiente 1 tinham dimensões de 22,2 x 9,3 cm e as do ambiente 2 apresentavam cerca de 24,6 x 10,6 cm. Notadamente, os valores médios analisados estatisticamente concordam com os resultados descritos na Figura 32b, d e f, ocorridos no decorrer do 2º ciclo.

Tabela 10 – Valores médios do diâmetro, da altura da planta e do número de folhas nos ambientes estudados (Ambiente 1 e 2), no decorrer do 2º ciclo experimental. Piracicaba, SP, 2004

Data	Diâmetro		Altura da Planta		Número de folhas	
	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 1	Ambiente 2
01/set	6,9 a	7,2 a	1,9 a	1,5 a	6,7 a	6,6 a
08/set	7,4 a	8,2 a	2,9 a	2,6 a	7,7 a	7,6 a
15/set	14,9 a	15,7 a	4,9 b	5,6 a	9,7 a	9,6 a
22/set	16,4 b	18,7 a	6,9 b	7,6 a	15,7 a	15,6 a
29/set	17,8 b	20,5 a	8,4 a	8,5 a	16,7 a	16,9 a
06/out	19,2 b	21,5 a	8,6 b	9,6 a	17,1 a	17,8 a
13/out	22,2 b	24,6 a	9,3 b	10,6 a	23,3 a	20,0 b
27/out	24,8 b	26,6 a	11,5 a	11,1 a	25,4 a	21,4 b

Valores nas linhas, seguidos das mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si ( $P>0,05$ ), de acordo com o teste de Tukey.

Nota-se que as plantas do ambiente 1 (malha externa) foram as que apresentaram maiores valores de números de folhas ao final dos dois ciclos. Isso se deve a maior disponibilidade de energia no interior do ambiente 1 (malha externa), uma vez que a transmissão da malha disposta externamente aumentou os valores registrados de radiação solar global e fotossinteticamente ativa (Tabela 3 e Tabela 4). Da mesma forma, a área foliar por vaso também foi influenciada (Figura 33a e b). Com valores da área foliar por vaso maiores no ambiente 1 (malha externa).

Observa-se, ainda, na Figura 33a e b, que no ambiente 1 (malha externa), durante o 2º ciclo, houve um decréscimo na área foliar por vaso da ordem de 16%, em relação ao 1º ciclo. No ambiente 2 (malha interna), tal decréscimo na área foliar por vaso foi, consideravelmente, menor, cerca de 3,6%. Isso é decorrente do fato de que a transmitância da radiação solar global pela cobertura do ambiente 1 (malha externa), sofreu uma sensível redução no decorrer dos ciclos experimentais, devido à deposição de poeira.

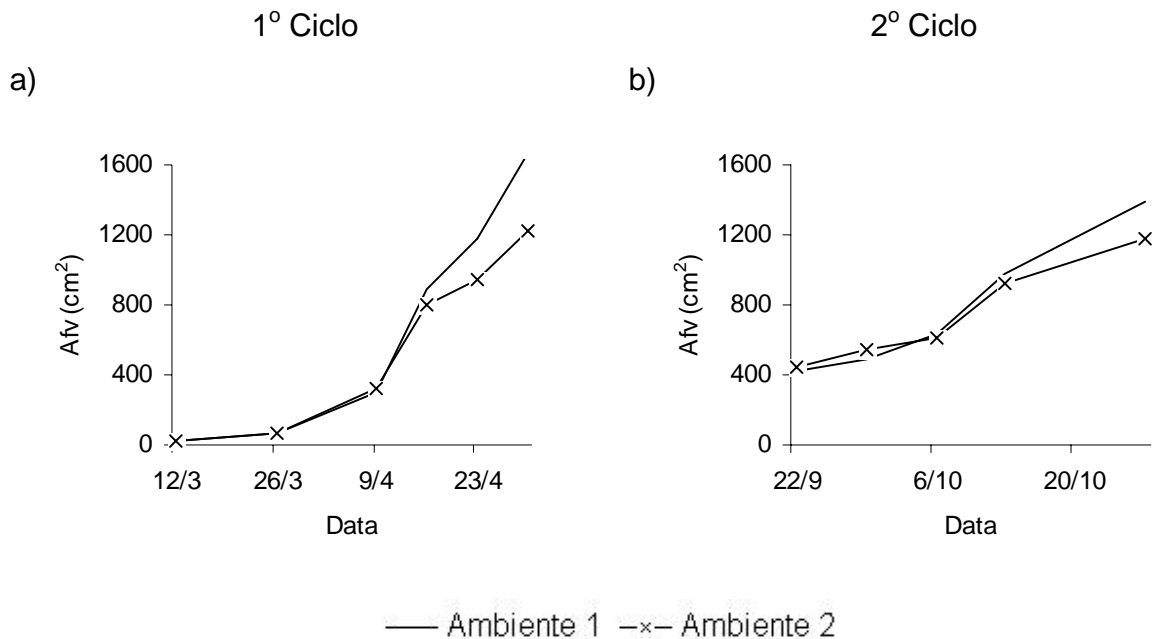


Figura 33 – Área foliar média por vaso nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais (a e b, respectivamente). Piracicaba, SP, 2004

Durante os 1º e 2º ciclos da cultura, as plantas cultivadas no ambiente 1 (malha externa) apresentaram valores médios de altura da haste e de número botões florais superiores aos do ambiente 2 (Figura 34), o que também foi decorrente da maior disponibilidade de energia solar nesse ambiente.

Na Tabela 11 são apresentados os valores médios de altura da haste e o número médio de botões dos ambientes estudados. Verifica-se que para os valores médios de altura da haste floral da gérbera não houve diferença significativa entre os dois ambientes. No 1º ciclo, a altura da haste foi igual a 10,85 e 10,19 cm, para os ambientes 1 e 2, respectivamente. Contudo, no 2º ciclo as avaliações mostraram uma redução na altura da haste das gérberas nos dois ambientes, com valores médios atingindo 8,42 e 8,31 cm, respectivamente para os ambientes 1 e 2.

Kessler, 1999 salienta que os altos valores de umidade relativa do ar podem interferir no comprimento da haste floral da gérbera, confirmando tal afirmação, no presente estudo verifica-se valores de umidade relativa maiores no 1º ciclo, conseqüentemente as hastes no 1º ciclo apresentaram comprimentos superiores aos verificados no 2º ciclo.

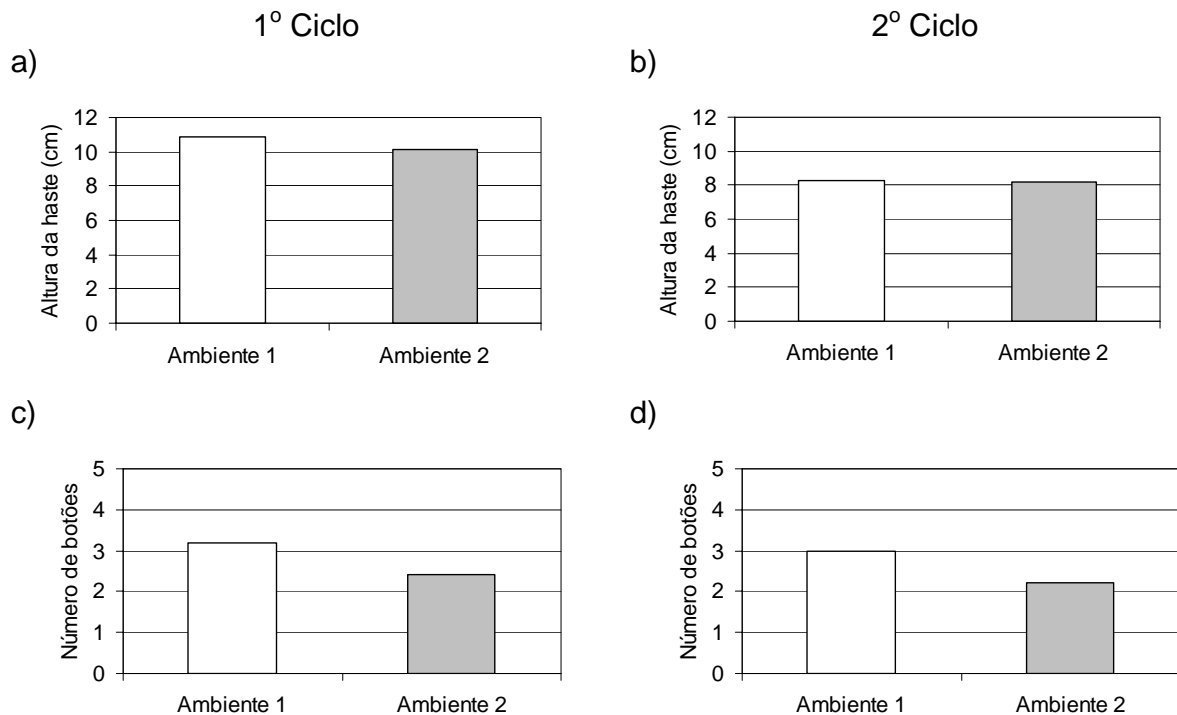


Figura 34 - Altura média da haste (a e b) e número médio de botões (c e d), nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004

Por outro lado, a análise das médias do número de botões florais revelou diferenças estatísticas significativa entre os ambientes nos dois ciclos da cultura. No ambiente 1, as plantas apresentaram, em média, 3,21 e 3,02 botões florais, respectivamente nos 1º e 2º ciclos da cultura. No ambiente 2, esses valores caíram para 2,37 e 2,26 botões florais por vaso, sendo a diferença em relação ao ambiente 1 significativa.

Tabela 11 – Valores médios da altura da haste e do número de botões por planta nos ambientes estudados (Ambiente 1 e 2), no decorrer dos 1º e 2º ciclo experimentais. Piracicaba, SP, 2004

	Altura da haste		Número de botões	
	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 1	Ambiente 2
1º ciclo	10,85 a	10,19 a	3,21 a	2,37 b
2º ciclo	8,42 a	8,32 a	3,02 a	2,26 b

Valores nas linhas, seguidos das mesmas letras, não diferem estatisticamente entre si ( $P > 0,05$ ), de acordo com o teste de Tukey.

Levando-se em conta que a temperatura média do ar foi ligeiramente menor e a radiação solar global maior no ambiente 1 (malha externa), no decorrer dos dois ciclos experimentais, isto possibilitou às plantas melhores condições microclimáticas, que acabaram se refletindo em maior quantidade de botões florais.

Partindo-se do princípio de que a exigência para comercialização da gérbera é de que cada vaso tenha pelo menos 2 botões florais abertos e um fechado (Steinberg, 2002)<sup>2</sup>, observou-se, em média, que no ambiente 1 (malha externa) tal exigência mercadológica foi atendida. Sendo assim, os vasos que não atenderam tais exigências foram classificados como sem mercado (S.M.).

A Figura 35a e b apresenta a porcentagem de vasos S.M. em cada ambiente. Nota-se que o ambiente 1 (malha externa) foi o que apresentou plantas com menor proporção de vasos S.M. para ambos os ciclos. Isso se deve à influência da radiação solar global e fotossinteticamente ativa que incidiram no ambiente 1 (malha externa) com maior intensidade do que no ambiente 2 (malha interna), o que resultou em melhor produtividade das gérberas no ambiente 1 (malha externa).

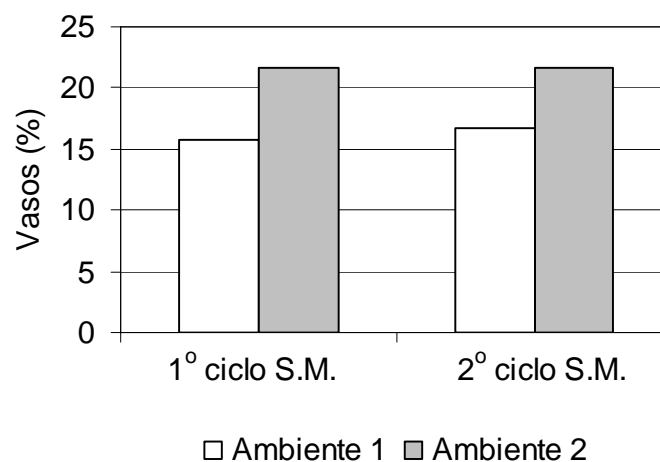


Figura 35 – Proporção do número de vasos da gérbera sem mercado (S.M.) observados nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao final dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004

<sup>2</sup> STEINBERG, E., (Syngenta Seeds LTDA) Comunicação pessoal, 2002.

Avaliando as gérberas quanto a sua qualidade, verificou-se que o ambiente 1 (malha externa), para ambos os ciclos, foi o que mais favoreceu o desenvolvimento de plantas classificadas como padrão médio e bom (Figura 36). Comparando-se os dois ciclos, verifica-se que as diferenças entre os dois ambientes, quanto aos vasos classificados pelos padrões estipulados, foram menores no 2º ciclo. Pode-se afirmar que a diminuição da disponibilidade de energia, devido à deposição de poeira na malha externa no ambiente 1 contribuiu para que os padrões de qualidade desse ambiente se aproximassem dos padrões apresentados no ambiente 2 (malha interna), ao longo do 2º ciclo.

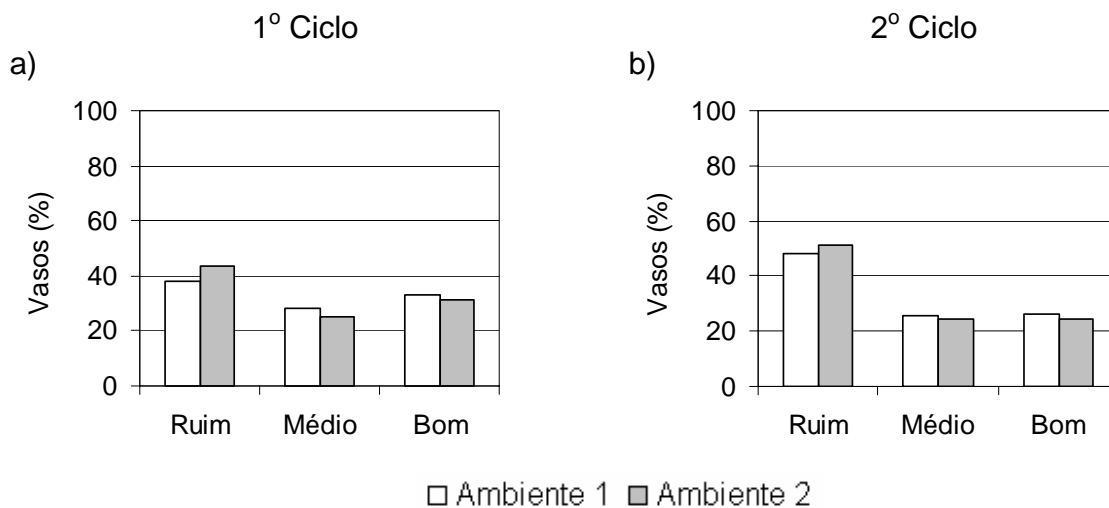


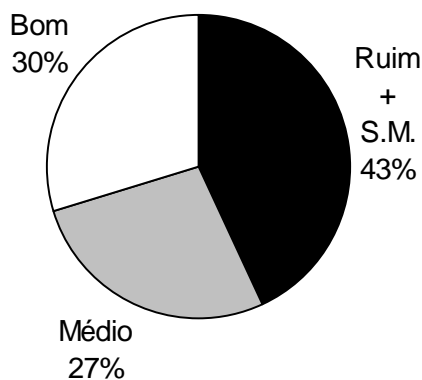
Figura 36 – Proporção dos padrões de qualidade visual da gérbera: ruim, médio e bom, observados nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao final dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004

Nota-se na Figura 37, que ao se analisar a qualidade da gérbera pela média dos dois ciclos de cultivo, as porcentagens dos padrões verificados no ambiente 1 ficaram muito próximas às ocorridas no ambiente 2. Observa-se que 30%, 27% e 43% das plantas do ambiente 1 foram classificadas como boa, média e ruim, respectivamente. Já no ambiente 2, esses valores médios percentuais foram 28%, 25% e 47%.

Levando-se em conta que com o passar do tempo as malhas de sombreamento sofreram alterações na sua transmitância à radiação solar, é fácil de se entender que a qualidade da gérbera no 2º ciclo foi condicionada em função do desgaste das malhas

de sombreamento. Notadamente no ambiente 1 (malha externa), essa disposição foi a que mais apresentou indícios de dano na malha de sombreamento, pois esta estava disposta externamente, ficando mais susceptível às intempéries do tempo, que degradaram seus componentes. Além disso, o acúmulo de poeira também contribuiu para a alteração da transmissão, reflexão e absorção do material de cobertura.

a)



b)

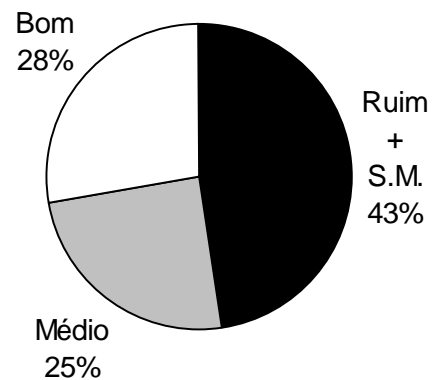


Figura 37 - Porcentagem média dos padrões de qualidade visual gérbera (ruim+S.M. médio e bom) observados: a) ambiente 1 (malha externa) e b) ambiente 2 (malha interna). Piracicaba, SP, 2004

As diferenças entre as gérberas cultivadas nos dois ciclos experimentais e nos dois ambientes protegidos podem ser observadas na Figura 38. A produtividade potencial de uma cultura é dependente da energia disponível no ambiente, associada a outras variáveis climáticas como a temperatura do ar e o fotoperíodo (PEREIRA et al., 2002). Conseqüentemente, no presente estudo pode-se afirmar que o ambiente 1, por disponibilizar maior quantidade de energia e apresentar valores de temperatura média do ar mais adequadas às exigências da gérbera, foi o que proporcionou condições para uma maior taxa de fotossíntese bruta das plantas, resultando em uma maior taxa de fotossíntese líquida.

a) 1º ciclo

Ambiente 1



Ambiente 2



b) 2º ciclo

Ambiente 1



Ambiente 2



Figura 38- Ilustração das bancadas cultivadas com gérberras, no final de cada ciclo: 1º ciclo (a) e 2º ciclo (b), nos dois ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna). Piracicaba, SP, 2004



#### 4.6 Evapotranspiração da gérbera

De acordo com os resultados apresentados na literatura, a evapotranspiração (ET) no interior de ambientes protegidos é inferior àquela que ocorre em condições externas. No entanto, as diferenças da ET entre ambiente protegido e condição externa irá depender de diversos fatores, especialmente daqueles relacionados ao tipo de cobertura utilizada no ambiente protegido (BERNARDO, 1989; FURLAN, 2001; GUISELINI, 2002; MONTERO et al., 1985; PEREIRA et al., 2002). Isso pode ser observado na Tabela 12, onde são apresentados os dados de evapotranspiração média da gérbera (ETc) e os respectivos desvios padrões nos ambientes estudados. Observa-se que no ambiente 1 a ETc média foi da ordem de 2,64 mm.d<sup>-1</sup> e 2,26 mm.d<sup>-1</sup>, respectivamente nos 1º e 2º ciclos. Enquanto no ambiente 2 a ETc média foi ligeiramente inferior, 2,59 mm.d<sup>-1</sup> e 2,10 mm.d<sup>-1</sup>, respectivamente.

Tabela 12 - Evapotranspiração média da gérbera (ETc) nos dois ambientes protegidos estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2), nos dois ciclos de cultivo. Valores entre parêntes representam o desvio padrão. Piracicaba, SP, 2004

Ciclo	ETc (mm.d <sup>-1</sup> )			
	Ambiente 1		Ambiente 2	
1º	2,62	(±0,64)	2,59	(±0,64)
2º	2,26	(±0,68)	2,10	(±0,66)

Na Figura 39 são apresentadas as variações da evapotranspiração média da gérbera, no decorrer dos dois ciclos da cultura. No ambiente 1 (malha externa) a ETc foi, na maioria das vezes, maior do que no ambiente 2 (malha interna), durante o 1º ciclo. Já no decorrer do 2º ciclo foi possível se observar que as variações da ETc, nos dois ambientes estudados, foram similares. Tal mudança pode ser justificada em função do tipo e manejo de cobertura (AL-RIAH et al., 1989; GUISELINI, 2002; SENTELHAS et al., 1997), tempo de uso (REIS; CARRIJO, 1999), coloração (SENTELHAS et al., 1999) e ângulo de incidência dos raios solares (BAYTORUN, 1994).

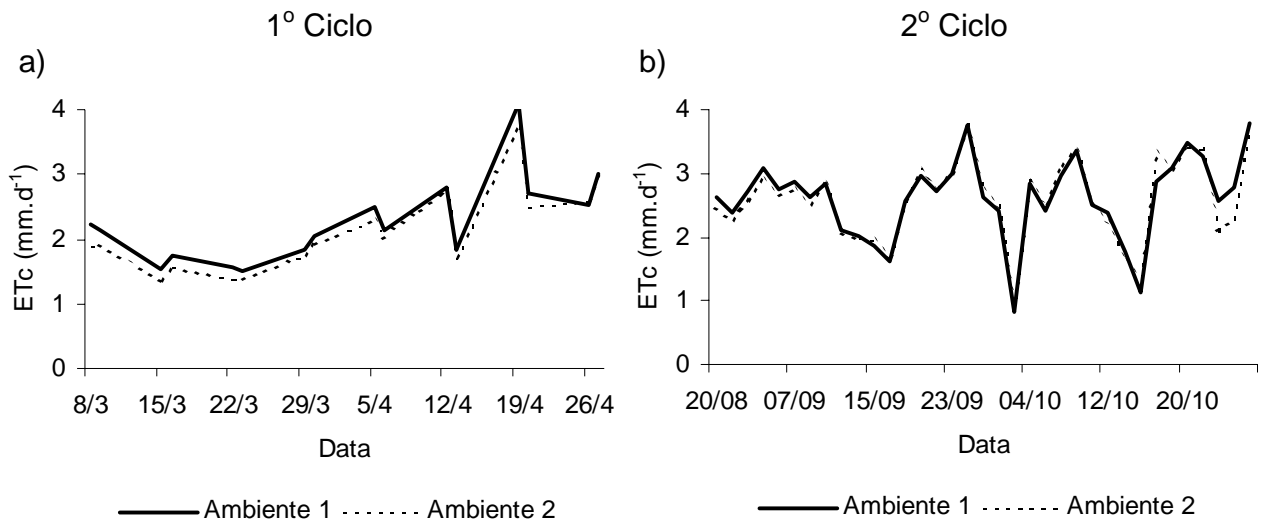


Figura 39 - Variação diária da evapotranspiração média da cultura da gérbera (ETc), nos dois ambientes protegidos estudados: malha externa (Ambiente 1) e malha interna (Ambiente 2). Nos 1º (a) e 2º (b) ciclos de cultivo. Piracicaba, SP, 2004

Avaliando-se a relação entre a ETc e os elementos meteorológicos observados em cada ambiente (Tabela 13), verificou-se que a maior correlação foi obtida com a radiação solar global, resultado este também observado por Fynn et al. (1993); Folegatti et al. (1997); Okuya e Okuya (1988). As correlações com a temperatura do ar e como déficit de saturação do ar foram muito baixas, discordando dos resultados obtidos Boulard e Wang (2000); Righi et al. (2002) e Valandro (1999). Em todos os casos, a ETc esteve diretamente correlacionada com a energia disponível no ambiente, sendo esta energia a principal fonte para o processo de evapotranspiração (FURLAN, 2001; PERREIRA et al. 2002). A atenuação da radiação solar global provocada pela disposição externa e interna da malha de sombreamento termo-refletores foi a principal causa das diferenças observadas na ETc entre os dois ambientes.

Para as variáveis da planta, as correlações com a ETc foram praticamente iguais para os parâmetros analisados, o que era de se esperar já que há uma grande inter-dependência entre o diâmetro da planta, o número de folhas e a área foliar da planta.

Tabela 13 – Análise de correlação ( $r$ ) entre a evapotranspiração diária da gérbera (ETc) nos dois ambientes protegidos estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2); e os elementos meteorológicos: radiação solar global (Qg), déficit de saturação ( $\Delta e$ ) e temperatura média diária (Tmed); e as variáveis da planta: diâmetro da planta (DP), número de folhas (NF) e área foliar por vaso (Afv), considerando-se os dois ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004

	Variáveis	Ambiente 1	Ambiente 2
Ambiente	Qg	0,70	0,73
	$\Delta e$	0,36	0,22
	Tmed	0,28	0,34
Planta	DP	0,69	0,77
	NF	0,65	0,79
	Afv	0,67	0,76

Visando a se estimar a ETc a partir de variáveis da planta e do ambiente, equações de regressão linear múltipla foram obtidas, considerando-se parte dos dados disponíveis (Tabela 14). Quando somente variáveis ambientais foram empregadas, os valores de  $R^2$  não passaram de 0,32. Por outro lado, quando somente variáveis da planta foram utilizadas nas equações, os valores de  $R^2$  atingiram 0,80 e 0,85, respectivamente para os ambientes 1 e 2. No entanto, considerando-se que a ETc é uma variável que depende tanto de fatores da planta como do ambiente, foram obtidas também equações mistas, combinando-se Qg e Afv, as quais apresentaram  $R^2$  de 0,82 e 0,75 para os ambientes 1 e 2, respectivamente.

A justificativa para não se incluir  $\Delta e$  nas equações de estimativa de ETc, se deve ao fato de que essa variável ambiental não teve variação entre os diferentes ambientes, ao longo dos dois ciclos de cultivo (Tabela 15), o que acabou resultando na baixa correlação com a ETc observada na Tabela 13. Sendo assim pode-se afirmar que a área foliar juntamente com a radiação solar foram as principais responsáveis pela ETc da gérbera. Por conseguinte, empregou-se o terceiro grupo de equações de estimativa da ETc, baseado na radiação solar global e na área foliar, para determinação da ETc no período não empregado na obtenção dos coeficientes das equações, o que denominou-se de teste desses modelos.

Tabela 14 – Regressões lineares múltiplas entre a ETc e os elementos meteorológicos ( $Q_g = X_1$ ;  $T_{med} = X_2$  e  $\Delta e = X_3$ ) e as variáveis da planta ( $A_{fv} = X_4$ ,  $NF = X_5$  e  $DP = X_6$ ), no decorrer dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004

Ambiente	Equações	R <sup>2</sup>
Elementos meteorológicas		
1	$Y = 0,646428 + 0,289459 \cdot X_1 + 0,033767 \cdot X_2 - 0,245725 \cdot X_3$	0,32
2	$Y = 1,354 + 0,457079 \cdot X_1 - 0,005350 \cdot X_2 - 0,099698 \cdot X_3$	0,32
Variáveis da planta ( $A_{fv}$ , $NF$ e $DP$ )		
1	$Y = 2,571 + 0,001577 \cdot X_4 - 0,089199 \cdot X_5 + 0,021465 \cdot X_6$	0,80
2	$Y = 1,952 + 0,001057 \cdot X_4 - 0,047005 \cdot X_5 + 0,030186 \cdot X_6$	0,85
Mista ( $Q_g$ e $A_{fv}$ )		
1	$Y = -0,301249 + 0,442828 \cdot X_1 + 0,001040 \cdot X_6$	0,82
2	$Y = -0,166379 + 0,639801 \cdot X_1 + 0,001083 \cdot X_6$	0,75

$Q_g$  = radiação solar global,  $T_{med}$  = temperatura média do ar,  $\Delta e$  = déficit de saturação do ar,  $A_{fv}$  = área foliar do vaso,  $NF$  = número de folhas por vaso,  $DP$  = diâmetro da planta.

Tabela 15 - Valores do déficit de saturação (kPa), nos 1º e 2º ciclos experimentais, nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente 2) e na estação meteorológica (Ambiente externo). Piracicaba, SP, 2004

Ciclo	$\Delta e$ (kPa)		
	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente externo
1º	0,9	0,9	0,9
2º	0,4	0,5	0,6

Na Figura 40 são apresentadas as relações entre a ETc medida pelo método gravimétrico e a ETc estimada pelas equações de regressão linear múltipla, para os dois ciclos de cultivos. Nota-se que os coeficientes de determinação são elevados ( $R^2 > 0,70$ ), mesmo forçando-se a reta a passar pela origem, o que indica boa associação linear entre as variáveis estudadas. Observa-se, pelos coeficientes angulares das equações, que em média os valores da ETc no ambiente 1 foram subestimados em cerca de 2%. Por outro lado, os da ETc no ambiente 2 foram superestimados em 2%, concordando com resultados obtidos por Folegatti et al. (1997), que também obteve ETc com 2% de superestimativa.

Isso indica que a ETc da gérbera cultivada em ambiente protegido pode ser estimada em função da radiação solar global e da área foliar. No entanto, essas equações de estimativa da ETc por serem empíricas, têm aplicação restrita para as mesmas condições de clima e ambiente protegido (cobertura com malha termo-refletores e malha preta nas paredes laterais) nos quais elas foram geradas. Apesar disso, essas equações evidenciam a importância de se conhecer as variáveis do ambiente e da planta na determinação da ETc e, portanto, no manejo da irrigação em ambientes protegidos.

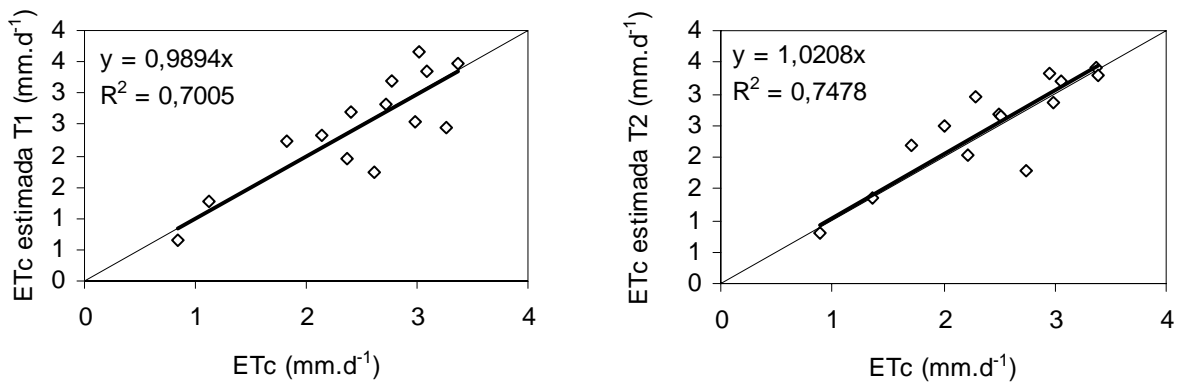


Figura 40 - Relação entre a evapotranspiração de cultura (ETc) estimada a partir das equações mistas apresentadas na Tabela 14 e a medida pelo método gravimétrico nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna) ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais, (a e b, respectivamente). Piracicaba, SP, 2004

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitiram se concluir que:

- a) A maior transmitância para as radiações solar global e fotossinteticamente ativa foi a promovida pela cobertura do ambiente 1 (malha externa), que, no entanto, promoveu um decréscimo na fração de RFA em relação à  $Q_g$ , comparativamente ao ambiente 2 (malha interna) e ao ambiente externo.
- b) O ambiente 2 (malha interna) registrou os maiores valores de temperatura do ar, devido ao gradiente vertical da temperatura ter sido alterado pela disposição da malha de sombreamento na altura do pé-direto.
- c) Os valores da umidade relativa média, máxima e mínima do ar não apresentaram alterações significativas entre os ambientes estudados, o que também foi observado para a evapotranspiração da cultura.
- d) Analisando-se separadamente os dois ciclos da cultura, o ambiente 1 (malha externa) foi o que mais favoreceu a qualidade das plantas de gérbera, porém, contabilizando-se os dois ciclos os resultados mostraram que, ao longo do tempo, o desgaste da malha disposta externamente comprometeu a transmissão da radiação solar de tal modo que não houve diferenças na qualidade das plantas nos dois ambientes.
- e) Somente as gérberas presentes no ambiente 1 (malha externa) atenderam às exigências mercadológicas, quanto aos números de botões florais e à altura da haste.
- f) A ETc da gérbera cultivada em ambiente protegido foi estimada satisfatoriamente em função da radiação solar global e da área foliar da planta, por meio de regressão linear múltipla. Porém, essas equações têm aplicação restrita para as mesmas condições de clima e ambiente protegido do presente estudo.
- g) Apesar dos resultados obtidos neste estudo indicarem que a tela instalada internamente, na altura do pé direito, é mais viável, especialmente a longo prazo, recomenda-se a realização de novos estudos futuros com a instalação da malha de sombreamento termo-refletora juntamente com o plástico de cobertura, porém na face interna, a fim de se anular o efeito

negativo da deposição de poeira, visando a um melhor condicionamento do microclima e garantindo maior durabilidade à malha de sombreamento na produção comercial de gérberras.

## REFERÊNCIAS

- AKI, A. Sobre o novo comportamento para os diversos agentes da cadeia de flores em um mercado de oferta. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 8-12, 1997.
- AKI, A. **Retrospectiva 1999**. Campinas: IBRAFLOR, 1999. 5 p.
- ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultivo en invernadero**. 3.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1991. 347 p.
- AL-RIahi, M.; AL-KARAGHOUL, I.; HASSON, A.W. Relations between radiation fluxes of a greenhouse in semi-arid conditions. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 44, p. 329-338, 1989.
- AGÊNCIA DE NOTÍCIAS BRASIL-ÁRABE. Notícias - **Exportações brasileiras de flores renderam US\$ 25,75 milhões em 2005**. Disponível em: <[www.anba.com.br/noticia.php?id=9913](http://www.anba.com.br/noticia.php?id=9913)>. Acesso em: 27 mar. 2006.
- ARAÚJO, J.A.C.; CASTELLANE, P.D. Recentes avanços da pesquisa agrônômica na plasticultura brasileira. In: ARAÚJO, J.A.C.; CASTELLANE, P.D. (Ed.). **Dez anos de plasticultura na F.C.A.V.** Jaboticabal: FUNEP, 1996. p. 67-68.
- ASSIS, S. de. Efeito da orientação da estufa de polietileno na radiação solar, em estações distintas do ano. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 219-226, 2004.
- BAYTORUN, N.; ABAK, K.; TOKGÖZ, H.; ALTUNTAS, Ö. Effect of different greenhouse covering materials on inside climate and on the development of tomato plants. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 366, p. 125-132, 1994.
- BECKMANN, M.Z.; DUARTE, G.; BURCK, R.; PAULA, V.A. Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 86-92. jan./fev. 2006.
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4.ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1989. 488 p.
- BOULARD, T.; WANG, S. Greenhouse crop transpiration simulation from external climate condition. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 100, n. 1, p. 25-34, 2000.
- BRAGA, M.B. **Manejo da irrigação e orientação geográfica de estufas na produção do pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 2000. 89 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, “Julio Mesquita Filho”, Botucatu, 2000.



- BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; STRECK, N.A.; SCHNEIDER, F.M.; ESTEFANEL, V.; DALMAGO, G.A. Gradiente vertical de temperatura do ar no interior de estufas plásticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 471-472.
- BURIOL, G.A.; RIGHI, E.Z.; SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N.A.; HELDWEIN, A.B.; ESTEFANEL, V. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 11-18, 2000.
- CABALLERO, M.; MANSITO, P.; ZIESLIN, N. Water use and crop productivity of roses growing on volcanic lapilli(picon) in canary islands. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 424, p. 41-44, 1996.
- CAMACHO, M.J.; ASSIS, F.N. de; MARTINS, S.R.; MENDEZ, M.E.G. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 19-24, 1995.
- CASTRO, C.E.F. Cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 4, n. 1/2, p. 1-46, 1998.
- CERMEÑO, Z.S. **Cultivo de plantas hortícolas em estufa**. Litexa: Ed. Lisboa, 1993. 366 p.
- CODD, L.E. The story of the Barberton daisy, *Gerbera jamesonii*. **Veld & Flora**, Johannesburg, v. 65, n. 4, p. 114-115, Dez. 1979.
- COKSHULL, K.E.; GRAVES, C.J.; CAVE, R.J. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. **Journal of Horticultural Science**, Bangor, v. 67, p. 11-24, 1992.
- CRITTEN, D.L.; BAILEY, B.J. A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 112, p. 1-22, 2002.
- CUNHA, A.R. da; ESCOBEDO, J.F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 15-26, 2003.
- CUNHA, A.R. da; ESCOBEDO, J.F.; KLOSOWSKI, E.S. Estimativa do fluxo de calor latente pelo balanço de energia em cultivo protegido de pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 735-743, 2002.
- DALMAGO, G.A.; HELDWEIN, A.B.; BURIOL, G.A.; LUZZA, J.; TAZZO, I.F.; TRENTIN, G. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura do pimentão em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 33-41, 2003.

DE VILLELE, O. Besoins en eau des cultures sous serre: essai de conduite des arrosages en fonction de l'ensoleillement. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 35, p. 123-129, 1972.

FACCIOLI, G.G. **Determinação da evapotranspiração de referência e da cultura da alface em condições de casa de vegetação**. 1998. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

FARIA JUNIOR, M.J.A. **Avaliação de diferentes arquiteturas de estufas, coberturas do solo com filme plástico, em híbridos de Pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 1997. 102p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Julio Mesquita Filho", Jaboticabal, 1997.

FARIAS, J. R.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evapotranspiração no interior de estufas plásticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 17-22, 1994.

FARIAS, J.R.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, M.A.B.; OLIVEIRA, A. C. B. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.

FERNANDES, A.L.T. **Uso da estação agrometeorológica automática para o controle da irrigação de uma cultura de crisântemo em estufa**. 1996. 91 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

FOLEGATTI, M.V.; SCATOLINI, M.E.; PAZ, V.P.S.; PEREIRA, A.R.; FRIZZONE, J.A. Efeitos da cobertura plástica sobre os elementos meteorológicos e evapotranspiração da cultura de crisântemo em estufa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 155-163, 1997.

FRISINA, V.A.; ESCOBEDO, J.F. Balanço de radiação e energia da cultura de alface em estufa de polietileno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p.1775-1786, out. 1999.

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

FYNN, R.P.A.; L-SHOOSHAN, A.; SHORT, T.H. MCMAHON, R. W. Evapotranspiration measurement and modeling for a potted chrysanthemum crop. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v. 36, n. 6, p. 1907-1913, 1993.

- GALVANI, E. **Avaliação agrometeorológica do cultivo de pepino (*cucumis sativus* L.) em ambiente protegido e a campo, em ciclos de outono-inverno e primavera-verão**. 2001. 124 p. Tese. (Doutorado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.
- GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F.; PEREIRA, A.B. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 139-147, 2001.
- GATES, D.M. **Energy exchange and transpiration**. Berlin: Springer-Verlag, 1976. p. 137-147.
- GERSTENBERGER, K.; SIGMUND, I. **European Horticultural Statistics – Non – Edible Products**, Hannover: Association Internationale des Producteurs de L’ Horticulture, Institut fur Gartenbauökonomie University, 1980. 173 p. (Institut fur Gartenbauökonomie University, 28).
- GUISELINI, C.; SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R.; OLIVEIRA, R. C. de; HOLCMAN, E.; PEREIRA, G. L.; BULL, R. de C. Relação entre a evaporação do tanque Classe A e mini-tanque em ambiente protegido, sob diferentes tipos de cobertura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2004a. 1 CD-ROM.
- GUISELINI, C. **Microclima na produção de gérbera em ambiente protegido com diferentes tipos de cobertura**. 2002. 53 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- GUISELINI, C.; SENTELHAS, P.C. Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido I: efeito na temperatura e na umidade do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 9-17, 2004.
- GUISELINI, C.; SENTELHAS, P.C.; OLIVEIRA, R.C. de. Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido II: efeito na radiação solar global e fotossinteticamente ativa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 19-26, 2004b.
- GUISELINI, C.; SENTELHAS, P.C.; OLIVEIRA, R.C. de; PRELA, A. Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido III: efeito sobre o crescimento e a produção comercial da *gerbera jamesonii*. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 27-34, 2004c.
- HANAN, J. **Greenhouse: advanced technology for protected horticulture**. Boca Raton: CRC Press, 1998. 242 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Caracterização do setor produtivo de flores e plantas ornamentais no Brasil 1995-1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 78 p.

INFOAGRO. **El cultivo de la gerbera**. Disponível em: <<http://www.infoagro.com>>. Acesso em: 15 mar. 2002.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. **Análise conjuntural das exportações de flores e plantas ornamentais do Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com.br/>>. Acesso em: 10 abr. 2005.

KASPERBAUER, M.J. Light and plant development. In: WILKINSON, R.E. (Ed.). **Plant environment interactions**. New York: Marcel Dekker, 1994. chap. 4, p. 83-123.

KESSLER JUNIOR, J.R. **Greenhouse production of gerbera daisies. Alabama cooperative extension system: ANR-1144**. Alburn: Alburn University, 1999. Disponível em: <<http://www.aces.edu/pubs/doc/A/ANR-1144.ANR-1144.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2005.

KITTAS, C.; BAILLE, A.; GIAGLARAS, P. Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouse. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Ohio, v. 73, p. 341-351, 1999.

KIYUNA, I.; COELHO, P.C.; ÂNGELO, J.A.; ASSUMPÇÃO, R. de. Parceiros comerciais internacionais, 1989 a 2002. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 34, n. 5, p. 7-34, mai., 2004.

KURATA, K. Role of reflection in light transmissivity of greenhouses. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 52, p. 319-331, 1990.

LEFFRING, L. Effects of daylength and temperature on shoot and flower production of Gerbera. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 51, p. 263-265, 1975.

LEFFRING, L. Influence of temperature on the morphology and flower production of gerbera cultivars. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 148, p. 575-580, 1984.

LEITE, C.A.; FAGNANI, M.A. Resposta de *Lilium longiflorum*. var. São José à mudança de espectro de luz propiciado por malha de transmissão diferenciada. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2005. 1 CD-ROOM.

LEPORI, G.; FRACESCHETTI, U.; NASSI, M.O.; The effects of solar radiation on some genotypes of gerbera. In: QUAGLIOTTI, L.; BALDI, A. (Ed.). **Eucarpia meeting on genetics and breeding of carnation and gerbera**. Turin: Institute of Plant Breeding and Seed Production, 1979. p. 245-254.

MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; COELHO FILHO, M.A.; VILLA NOVA, N.A. Construção e avaliação de psicrômetro aspirado de termopar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 839-844, 2001.

MARTIN, E.C.; NOVOA, A.C.; GOMES, S.J. Estudio comparativo de las propiedades de diversos materiales como cubierta en cultivos protegidos. **Revista de Plásticos Modernos**, Madrid, n. 308, p. 185-189, 1982.

MARTINEZ GARCIA, P.F. **Características climáticas do los invernaderos de plástico**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1978. 48 p. (Hojas Técnicas, 19)

MASCARINI, L. El cultivo de la gerbera en sustrato. **Revista Horticultura & Internacional**, Tarragona, n. 19, p. 86-88, 1998.

McCREE, K.J. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. **Agricultural Meteorology**, Davis, v. 9, p. 191-216, 1972.

MEDEIROS, J.F.; PEREIRA, F.A.C.; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A. Comparação entre evaporação de tanque classe A padrão e em mini-tanque, instalados em estufa e estação meteorológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997, p. 228-230.

MILLS, P.J.W.; SMITH, I.E.; MARAIS, G. A greenhouse design for a cool subtropical climate with mild winters based on microclimatic measurements of protected environments. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 281, p. 83-94, 1990.

MONTEIRO, J.E.B.A.; SENTELHAS, P.C.; CHIAVEGATO, E.J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A.V.; PRELA, A. Estimación da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n.1, p. 15-24, 2005.

MONTERO, J.I.; CASTILHA, N.; GUTIERREZ DE RAUÉ, E.; BRESTONES, F. Climate under plastic in the Almeira area. **Acta Horticulture**, Wageningen, n. 170, p. 277-234, 1985.

NIJSKENS, J.; DELTOUR, J.; COUTISSE, S.; NISEN, A. Radiation transfer through covering materials, solar and thermal screens of greenhouses. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 35, p. 229-242, 1985

NOWAK, J.; RUDNICKI, R.M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens, and potted plants**. Portland: Timber, 1990. 210 p.

OKUYA, A.; OKUYA, T. The transpiration of greenhouse tomato plants in rockwool culture and its relationship to climatic factors. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 230, p. 307-311, 1988.

- OLIVEIRA, M.R.V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1049-1060, 1995.
- OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E.E.; SHPIEGEL, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K.; OVADIA, R.; GILLER, Y.U.E.; SHAHAK, Y. Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pithecolobium variegatum*. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Coventry, v. 76, p. 353-361, 2001.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- PRADOS, N.C. **Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almería: necesidades hídricas y extracción de nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno**. 1986. 195 p. Tesis (Doutorado) - Caja Rural Provincial, Almería, 1986.
- REIS, N.V.B. Diferencial entre os parâmetros de temperaturas interna e externa de uma estufa modelo teto em arco - efeito guarda chuva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997, p. 465-467.
- REIS, N.V.B.; CARRIJO, O.A. Estufa, material de cobertura e cortinamento – durabilidade e transparência à radiação solar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. 1 CD-ROM.
- RIGHI, E.Z.; ANGELOCCI, L.R.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B. Transpiração do tomateiro cultivado em estufa plástica e suas relações com a radiação solar e déficit de saturação do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 9-18, 2002.
- ROBLEDO, F.P.; MARTIN, L.V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Mundi-Prensa, 1981. 552 p.
- SAS INSTITUTE. **Statistical analysis system: reelease 6.08 (software)**. Cary, 1992. 620 p.
- SEEMANN, J. Greenhouse climate. In: SEEMANN, J. **Agrometeorology**. New York: Springer-Verlag, 1979, p. 165-178.
- SEMEDO, C.M.B. **A intensificação da produção hortícola**. 3.ed. Mem Martins: European, 1988. 192 p.
- SENTELHAS, P.C.; SANTOS, A.O. Cultivo protegido: aspectos microclimáticos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 108-115, 1995.

- SENTELHAS, P.C.; BORSATTO, R.S.; MINAMI, K. Transmissividade da radiação solar em estufas cobertas com filmes de PVC azul e transparente. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 157-162, 1999.
- SENTELHAS, P.C.; VILLA NOVA, N.A.; ANGELOCCI, R.L. Efeito de diferentes tipos de cobertura, em mini estufas, na atenuação da radiação solar e da luminosidade In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 480-484.
- SGANZERLA, E. **Nova agricultura**: a fascinante arte de cultivar com os plásticos. 6.ed. Porto Alegre: Petroquímica Triunfo, 1995. 341 p.
- SILVA, A.M.; MIGUEL, A. Thermal radiation inside a single span greenhouse with a thermal screen. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Edinburgh, v. 49, n. 4, p. 289-298, 1991.
- SOUSA, J.W. de; MARTINS, D.; CUNHA, A.R. da; ESCOBEDO, J.F.; GALVANI, E. Alterações do saldo de radiação, temperatura e umidade relativa do ar em ambiente protegido com cobertura de polietileno difusor de luz. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2005.
- SOUZA, J.L. de; ESCOBEDO, J.F. Balanço de energia em cultivos de feijão-vagem com e sem cobertura de polietileno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 1-15, jan.1997.
- STANGHELLINI, C. **Transpiration of greenhouse crops, an aid to climate management**. 1987. 150 p. Thesis (Ph.D.) - Agricultural University, Wageningen, 1987.
- TIVELLI, S.W. Manejo do ambiente em cultivo protegido. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, p. 266-274, 1998.
- VALANDRO, J.; ANDRIOLO, J.L.; BURIOL, G.A. Dispositivo lisimétrico simples para determinar a transpiração das hortaliças cultivadas fora do solo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 189-193, 1999.
- VERLODT, I.; WAAIJENBERG, D.A Greenhouse film primer. **Floraculture International**, Batavia, v. 3, n.1, p.32-33, May. 2000.
- VIANA, T.V.A. **Evapotranspiração obtida com o sistema razão de bowen e um lisímetro de pesagem em ambiente protegido**. 2000. 137 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- VIDA, J.B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D.J.; BRANDÃO FILHO, J. U. T.; VERZIGNASSI, J. R.; CAIXETA, M. P. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 355-372, jul./ago. 2004.

YASUTAKE, L.; TAMADA, E. A gérbera pede cuidados. **Globo Rural**. Disponível em: <[http://globorural.globo.com/barra.asp?d=/edic/178/gr\\_responde1.htm](http://globorural.globo.com/barra.asp?d=/edic/178/gr_responde1.htm)>. Acesso em: 29 mar. 2006.