

## Temperatura e umidade do ar em ambientes protegidos cobertos com plástico transparente associado à malha termo-refletora, instalada externa e internamente

Cristiane Guiselini<sup>1</sup>, Paulo Cesar Sentelhas<sup>2</sup>, Héilton Pandorfi<sup>3</sup>, Ester Holcman<sup>4</sup>

**Resumo:** A floricultura é a atividade que mais tem investido em tecnologia de produção em ambiente protegido no país. No entanto, ainda faltam informações sobre a dinâmica do microclima dos ambientes protegidos, principalmente no que se referem à regulação da temperatura e da umidade relativa do ar, elementos essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas. 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 (PEBD), cultivado com gerbera, na temperatura (Tar) e na umidade relativa do ar (UR). 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. Sensores para medida das variáveis ambientais foram instalados no centro dos dois ambientes. 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. A Tar no ambiente, com a malha instalada externamente, em média, foi superior em 2 % (1º ciclo) e 2,5% (2º ciclo), em relação ao ambiente externo, enquanto que no ambiente com malha interna essa diferença foi de 8% e 9%. Verificou-se que durante os dois ciclos, os valores da UR média, máxima e mínima do ar no interior dos ambientes protegidos foram similares, porém ligeiramente superiores aos observados no ambiente externo. O ambiente com a malha interna registrou os maiores valores de Tar, devido ao gradiente vertical da temperatura ter sido alterado pela disposição da malha de sombreamento na altura do pé-direto, por conseguinte apresentou plantas com menores valores de áreas foliares por vaso.

**Palavras chaves:** malha de sombreamento termo-refletora, *Gerbera jamesonii*, temperatura do ar, plasticultura.

### Air temperature and humidity in greenhouse covered with plastic and shading screen installed inside and outside

**Abstract:** Floriculture is the agricultural activity that is investing more in technology of production in protected environment in the country. However, there is a information about the dynamics microclimate inside greenhouses, mainly for air temperature and relative humidity, essential elements to plants growth and development. 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 variable: temperature (Tar) and relative humidity of the air (UR). 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, Brazil. Tar and UR sensors were installed in the centers of each greenhouse. The same set of data were also measured by an automatic weather station installed outside. The results from the two crop cycles showed that the microclimate was changed by the different combination of the greenhouse covers. Temperatures inside greenhouses were higher than outside: 2-2,5% in the greenhouse with shading screen installed outside and 8-9% in the greenhouse with shading screen installed inside. It was verified that during the two crop cycles, the values of average, maximum and minimum UR inside the greenhouses were very similar to UR measured outside. Which is a consequence of the greatest temperatures were registered inside the greenhouse with the shading screen installed inside, the vertical gradient of the temperature caused by the disposal of the shading screen being one covered, therefore it presented plants with lesser values of leaf area per plant.

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

### Introdução

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, continuando em expansão. 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).

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutora em Física do Ambiente Agrícola ESALQ/USP, Departamento de Ciências Exatas. Caixa Postal 9. Piracicaba, SP. 13418-900. <cguiseli@hotmail.com>.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor Associado, Departamento de Ciências Exatas ESALQ/USP. Caixa Postal 9. Piracicaba, SP. 13418-900.

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto UFRPE, Departamento de Tecnologia Rural. R. Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos. 52171-900. Recife, PE.

<sup>4</sup> Aluna de graduação engenharia agrônômica ESALQ/USP - bolsista FAPESP.

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.

As malhas metalizadas por alumínio em ambas as faces (termo-refletores), 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 radiação solar incidente, aumentando assim a eficiência de captura da luz pelas plantas e, conseqüentemente, a eficiência da fotossíntese (LEITE; FAGNANI, 2005).

Em função disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da disposição de malhas de sombreamento (termo-refletores) instaladas externa e internamente em ambiente protegido, coberto com polietileno de baixa densidade, cultivado com gérbera, nas variáveis temperatura e umidade relativa do ar.

## Material e Métodos

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).

Foram instalados em um ambiente protegido do tipo arco, subdividido em duas partes, que foram isoladas uma da outra com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD), cultivados com gérbera (*Gerbera jamesonii*). 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 – 150  $\mu$ m). Sendo que os tratamentos (Trat) adotados foram: a) Trat 1 (Ambiente 1) - utilização de malha de sombreamento termo-refletores (50%) recobrimdo a superfície externa do PEBD, e b) Trat 2 (Ambiente 2) - utilização da malha de sombreamento termo-refletores (50%) instalada internamente à altura do pé direito.

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. No interior de cada um dos ambientes (tratamentos) foram colocados 240 vasos.

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.

O efeito das coberturas utilizadas foi avaliado com relação à temperatura e umidade relativa do ar comparando-se os dados coletados nos ambientes protegidos com aqueles medidos externamente. Levaram-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, estabelecidas pela análise de regressão, para todo período. Na escala de 15 minutos os dados de temperatura média do ar também foram analisados separando-se os períodos em diurno e noturno.

## Resultados e Discussão

No presente estudo, ao longo dos experimentos Tar média sempre foi superior, no interior dos dois ambientes protegidos do que 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); ROBLEDO e MARTIN (1981) e SOUSA et al. (2005).

As diferenças na Tar entre os ambientes protegidos e o ambiente externo ( $\Delta T_{ar}$ ) diferem em 1,2 °C (1º Ciclo) e 1,4 °C (2º Ciclo), o que se deve ao gradiente vertical da Tar (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, durante o dia, os menores valores de Tar são encontrados próximos ao solo e à medida que se aproxima do ponto mais alto da superfície interna da cobertura plástica, a Tar atinge seus valores máximos.

A Tar 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). Sendo assim, o Ambiente 1, tendo a malha disposta externamente, possui um maior volume de ar entre os sensores e o teto, enquanto que o Ambiente 2, com a malha disposta internamente, esta exercia 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.

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 pela Figura 1a, 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 associados ao gradiente vertical de temperatura e ao volume de ar no interior do ambiente foram responsáveis por uma variação diferenciada da temperatura do ar, durante o dia.

No caso das temperaturas mínimas no interior dos ambientes protegidos, quando comparadas às do ambiente externo, não houve diferenças significativas (Figura 1b). 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 1b) foi praticamente igual à encontrada no ambiente externo e a máxima (Figura 1c) foi superior, a amplitude térmica nos ambientes protegidos foi superior à registrada no ambiente externo, sendo o Ambiente 1 (malha externa) o que apresentou a menor diferença.

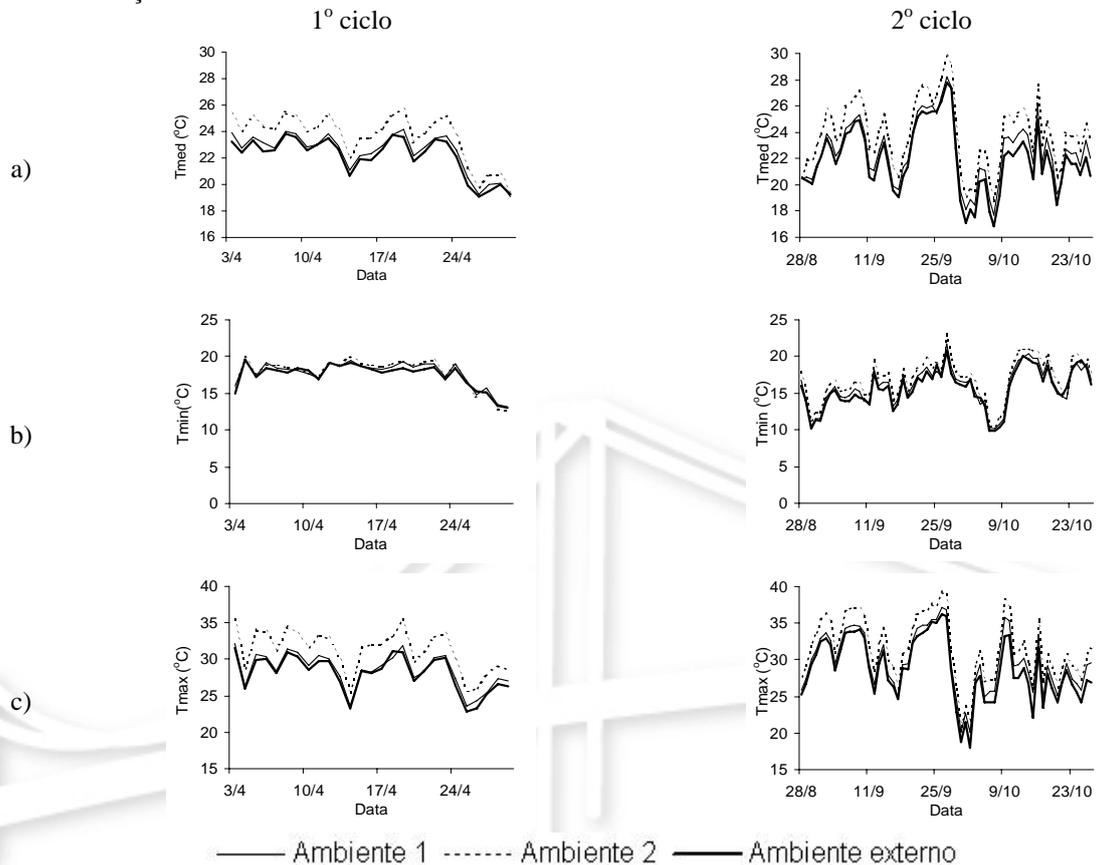


Figura 1 - Variação diária da Tar: a) temperatura média do ar ( $T_{med}$ ), b) temperatura mínima do ar ( $T_{min}$ ) e c) temperatura máxima do ar ( $T_{max}$ ), no decorrer dos dois ciclos experimentais (1º e 2º Ciclo), nos três ambientes estudados: malha externa (Ambiente 1), malha interna (Ambiente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

A Figura 2 apresenta a relação entre a Tar dos ambientes protegidos e a temperatura externa. Observa-se, pelos coeficientes angulares das equações, que em média, os valores da Tar no Ambiente 1 (malha externa) foi superior em 2% e 2,5%, para o 1º e 2º ciclo respectivamente, em relação ao ambiente externo (Figura 2a e b), enquanto que no Ambiente 2 (malha interna), esse acréscimo na temperatura foi da ordem de 8% e 9% (Figura 2c e d).

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.

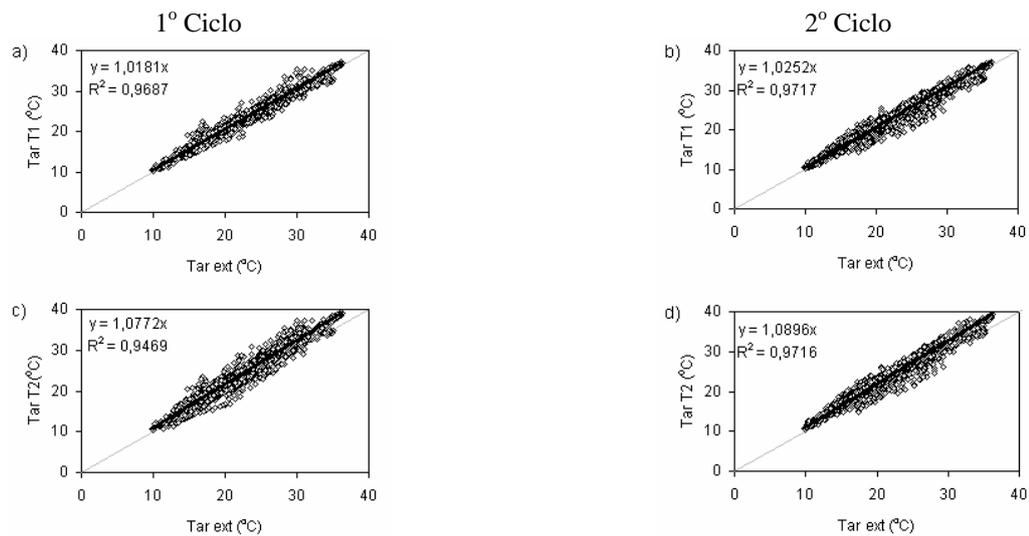


Figura 2 - Relação entre a temperatura do ar nos ambientes estudados e o ambiente externo (Tar ext): (a e b) ambiente com malha externa (Tar T1); (c e d) ambiente com malha interna (Tar T2), na escala de 15 min ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais. Piracicaba, SP, 2004

Os valores médios, máximos e mínimos da umidade relativa do ar para os dois ciclos da cultura são apresentados nas tabelas 1 e 2 para os ambientes protegidos estudados e o ambiente externo e suas respectivas diferenças em relação ao ambiente externo ( $\Delta UR$ ).

Verificou-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 1 - 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. 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 2 - 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 Tabelas 1 e 2 que a umidade relativa média, máxima e mínima do ar apresentaram variações inversas à temperatura média, máxima e mínima do ar (Figura 2). 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).

Nota-se pela Figura 3 que as plantas do Ambiente 1 (malha externa) foram as que apresentaram maiores valores de área foliar por vaso (Afv) ao final dos dois ciclos. Isso se deve a maior adequação dos elementos meteorológicos ao desenvolvimento da planta no interior do ambiente 1 (malha externa), uma vez que

a disposição da malha externamente garantiu menores valores de temperatura do ar em relação às registradas no ambiente 2 (malha interna).

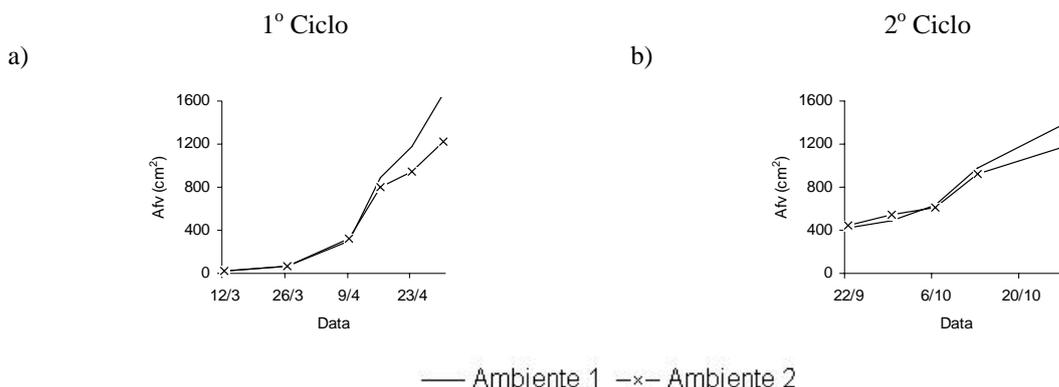


Figura 3 – Área foliar média por vaso nos ambientes estudados: Ambiente 1 (malha externa) e Ambiente 2 (malha interna), ao longo dos 1º e 2º ciclos experimentais (a e b, respectivamente). Piracicaba, SP, 2004

### Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo permitiram se concluir que: ambos os ambientes protegidos registraram valores superiores de temperatura em relação ao ambiente externo, sendo que Ambiente 2 (malha interna) registrou os maiores valores de Tar em relação ao Ambiente 1 (malha externa), devido ao gradiente vertical da temperatura ter sido alterado pela disposição da malha de sombreamento na altura do pé-direto, consequentemente apresentou plantas com menores valores de áreas foliares por vaso e a umidade relativa média, máxima e mínima do ar não apresentaram alterações significativas entre os ambientes estudados.

### Referências Bibliográficas

- 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.
- ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultivo em invernadero**. 3.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1991. 347 p.
- 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 Agrônomicas, 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Botucatu, 2001.
- 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.

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.

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.

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.

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

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.

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 delos cultivos enarenados em Almeria: necesidades hidricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno**. 1986. 195 p. Tesis (Doutorado) - Caja Rural Provincial, Almería, 1986.

ROBLEDO, F.P.; MARTIN, L.V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madrid: Mundi-Prensa, 1981. 552 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: Europan, 1988. 192 p.

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.