

ISSN 0104-1347

Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido I: Efeito na temperatura e na umidade do ar¹

Shading screens used in greenhouse I: Effect on the temperature
and relative humidity

Cristiane Guiselini² e Paulo Cesar Sentelhas^{2,3}

Resumo - Neste trabalho o objetivo foi avaliar-se a influência de ambientes cobertos com filme de polietileno branco leitoso e diferentes malhas de sombreamento (termo-refletora e preta – 50%) nas variáveis ambientais: temperatura e umidade relativa do ar. O experimento foi realizado entre 16-04 e 25-05-2002, na área experimental do Departamento de Ciências Exatas, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP. Foi instalado um ambiente protegido, subdividido em três partes iguais, por meio de paredes internas de polietileno, nas quais foi cultivada gérbera. Um dos ambientes era coberto apenas pelo plástico leitoso, enquanto os outros dois possuíam, ainda, malhas de sombreamento, que foram instaladas internamente, à altura do pé direito, sendo um com malha termo-refletora e outro com malha preta, ambas com 50% de sombreamento. Os sensores foram instalados no centro de cada ambiente protegido e em uma estação meteorológica automatizada, a 100 m do experimento. Os ambientes protegidos afetaram os elementos meteorológicos, pois diminuíram a umidade relativa do ar durante o período diurno e aumentaram a temperatura do ar. As temperaturas médias diárias do ar dentro dos ambientes protegidos foram em média 6°C maiores no ambiente coberto pelo plástico leitoso e 3°C maiores nos ambientes cobertos pelo plástico leitoso associado às malhas de sombreamento, quando comparadas às temperaturas externas.

Palavras-chave: Polietileno de baixa densidade branco leitoso, malha termo-refletora, malha preta, microclima.

Abstract - The objective of this study was to evaluate the influence of white polyethylene as a greenhouse cover and its association with different shading screens (thermal screen and black screen) on the following environmental elements: air temperature (T) and relative humidity (UR). The experiment was carried out from April 16 to May 25, 2002 at the experimental area of the Department of Exact Sciences, at the Agricultural College “Luiz de Queiroz”, University of São Paulo, in Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. A greenhouse was installed and sub-divided into three compartments, using internal polyethylene walls, where gerbera was cultivated. One of them was covered just with white polyethylene, while the others had, yet, shading screens, that were installed within the greenhouse, being one covered with a thermal screen and the other with a black screen, both with 50% of shading. The meteorological sensors were installed in the center of each sub-division of the greenhouse and an automatic weather station was located 100 m from the experimental area. The greenhouse affected the microclimate, decreasing UR during diurnal period and increasing T. The mean daily air temperatures inside the greenhouse were about 6°C higher in the white polyethylene and 3°C higher in the environments covered by white polyethylene associated with the shading screens than the outside conditions.

Key Words: White low density polyethylene, thermal screen, black screen, microclimate.

¹Extraído da dissertação de mestrado da primeira autora, apresentada ao PPG em Física do Ambiente Agrícola, ESALQ/USP.

²Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 13418-900. cguisel@esalq.usp.br e pccsentel@esalq.usp.br.

³Bolsista do CNPq.

Introdução

A área mundial total coberta por estufas é de, aproximadamente, 200 mil hectares (HANAFI & PAPASOLOMONTOS, 1999). No Brasil, a área cultivada sob plástico é de cerca de 2 mil hectares. Apenas no Estado de São Paulo, de acordo com levantamento realizado em 1995, pela Associação dos Engenheiros Agrônomos, havia 897 hectares de estufas, 59% dos quais destinavam-se à produção de hortaliças e 39% à produção de plantas ornamentais (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 1999).

De acordo com OLIVEIRA (1995), em levantamento realizado em todas as regiões brasileiras sobre o uso de ambientes protegidos, os maiores problemas enfrentados pelos agricultores, entre outros, eram: as altas temperaturas; a elevada umidade; a ocorrência freqüente de doenças e pragas e, principalmente, a falta de informações a respeito do manejo do microclima.

Em ambientes protegidos cobertos por plásticos, as alternativas mais simples e baratas utilizadas com o intuito de melhorar as condições do ambiente interno é a ventilação natural, o uso de telas de sombreamento (forro e lateral) e a utilização de plásticos opacos (branco leitoso).

A temperatura do ar no interior de ambientes protegidos está intimamente ligada ao seu balanço de energia. Dependendo, portanto, dos processos de incidência da radiação solar, reflexão e reirradiação por meio dos objetos no interior da estufa, convecção e condução por meio da cobertura e paredes, renovação do ar, evapotranspiração e troca de calor com o solo (CERMEÑO, 1993).

Segundo SEEMANN (1979), a temperatura do ar no interior do ambiente protegido é variável, principalmente, com o seu tamanho e volume, com o tipo de cobertura, com a abertura ou não de janelas e cortinas, com o ângulo de incidência dos raios solares e com a cobertura do solo. Entretanto, as temperaturas mínimas e médias são pouco afetadas, ocorrendo o maior efeito sobre as temperaturas máximas.

De acordo com ALPI & 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 míni-

mo, 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.

FARIAS et al. (1993), 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 entre 3 e 5 °C mais elevados nas estufas que na testemunha sem proteção plástica. Em relação às temperaturas mínimas, as diferenças foram muito pequenas, da ordem de 0,3 °C. Mais recentemente, têm sido colocadas a disposição dos produtores malhas termo-refletoras que apresentam um alto custo, sendo viável apenas para alguns poucos cultivos de elevado valor agregado (GOTO & TIVELLI, 1998).

De acordo com SEEMANN (1979), TANAKA & GENTA (1982) e FARIAS et al. (1993), os valores de 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, mas durante a noite, a umidade relativa aumenta significativamente, atingindo freqüentemente 100%, devido à queda acentuada de temperatura verificada neste período e à retenção de vapor d'água pela cobertura plástica (SENTELHAS & SANTOS, 1995; BURIOL et al., 2000; FURLAN, 2001).

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 o vento, que circula no interior da cobertura plástica, transporte 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).

Como o uso de telas nas laterais dos ambientes protegidos é muito comum na Região Sudeste, o maior efeito na temperatura e da umidade do ar provém do uso de diferentes tipos de cobertura. Sendo assim, neste trabalho teve-se como objetivo avaliar, em ambientes protegidos, o efeito da utilização do polietileno de baixa densidade leitoso e de diferentes malhas de sombreamento na temperatura e na umidade relativa do ar.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no período de 16-04-2002 à 25-05-2002, na área experimental do Departamento de Ciências Exatas, da E.S.A. “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, localizado aproximadamente nas seguintes coordenadas geográficas: latitude de 22° 42' S, longitude de 47° 37' W e altitude de 546 metros. O clima da região segundo a classificação de Köppen, é Cwa, tropical úmido com seca no inverno.

O ambiente protegido de estrutura de madeira, sem cortinas laterais e sem janelas zenitais, foi subdividido em três partes iguais, cada uma com 15 m de comprimento, totalizando 45 m. As demais dimensões foram de 6,4 m de largura, 3 m de pé direito e 4,2 m de altura total (pé direito com arco), correspondendo a uma área total de 288 m² e volume aproximado de 1209 m³ (Figura 1). A estrutura mencionada foi instalada no sentido SE-NW.

O material utilizado para cobrir e dividir os três ambientes foi o filme de polietileno de baixa densidade (PEBD), leitoso, de 0,15 mm de espessura. Nas laterais da estrutura foi colocada malha de sombreamento preta 50%. Um dos ambientes era coberto apenas pelo plástico leitoso (T1), enquanto os outros dois possuíam, ainda, malhas de sombreamento, que foram instaladas internamente à altura do pé direito, sendo um com malha termo-refletora em ambas as faces (Alumitela) (T2) e outro com malha preta (T3), ambas com 50% de sombreamento e fabricadas pela Solpack Ltda, constituindo-se, assim, três tratamentos, todos eles cultivados com *Gerbera jamesonii* (gérbera).

A fim de se avaliar e caracterizar os três ambientes, foram realizados registros contínuos de

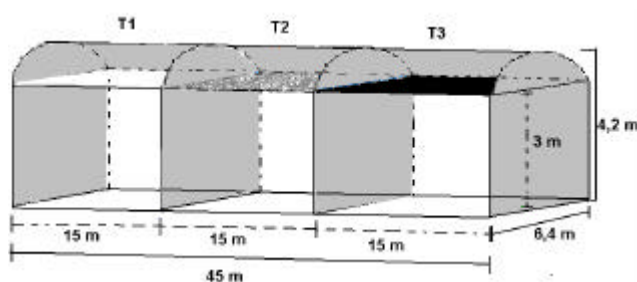


Figura 1. Representação esquemática dos ambientes protegidos, suas dimensões e os tratamentos adotados: T1 – plástico leitoso; T2 - plástico leitoso com malha termo-refletora e T3 - plástico leitoso com malha preta. Piracicaba, 2002.

dados meteorológicos em cada um deles, utilizando-se sistemas automáticos de coleta de dados. Simultaneamente, as mesmas variáveis foram obtidas em uma estação meteorológica automática instalada externamente a menos de 100 m do local do experimento.

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos com psicrômetros de termopar aspirado, descrito em MARIN et al. (2001). A aspiração foi feita por ventiladores utilizados em micro-computadores (“cooler”) e as temperaturas foram determinadas com junções de termopar de cobre-constantan, uma medindo a temperatura do ar e outra a temperatura do bulbo úmido. Os psicrômetros estavam conectados a sistemas de aquisição de dados, modelos CR10 e CR23x da Campbell Sci. Os dados foram obtidos ao longo da condução do ciclo da cultura, nos três ambientes. Os sensores foram instalados no centro de cada ambiente estudado, ou seja, metade do comprimento e metade da largura e altura de 1,5 m, conforme recomendação de FURLAN (2001), sendo utilizado um psicrômetro por ambiente.

Os dados externos de temperatura e umidade relativa do ar foram obtidos por um sensor HMP45C da Vaisala Inc., instalado na estação meteorológica automática, pertencente ao Departamento de Ciências Exatas/ESALQ/USP, próxima ao local do experimento. Ao longo do período do experimento (16-04-2002 a 26-05-2002), os dados foram amostrados a cada segundo e as médias armazenadas a intervalos de 15 minutos.

As variações da temperatura do ar no interior dos ambientes protegidos e na estação meteorológica foram analisadas ao longo de todo o período experimental e em dois dias distintos: 17-04 (condição de céu limpo, com número de horas de brilho solar (n) = 10 h) e 30-04 (condição de céu nublado, n = 4,2 h). Os dados envolvendo todo o período experimental, de cada ambiente protegido (plástico leitoso, plástico leitoso com malha termo-refletora e plástico leitoso com malha preta) também foram comparados com os dados da estação meteorológica. As variações da umidade relativa do ar média no interior dos ambientes protegidos e na estação meteorológica foram comparadas ao longo de todo o período experimental. Foi avaliada também a variação horária da umidade relativa do ar, da pressão de saturação e da pressão atual de vapor d’água nos ambientes protegidos e na estação meteorológica no dia 24-05, em condição de céu limpo.

Resultados e Discussão

Observa-se na Figura 2 que a temperatura média do ar nos ambientes protegidos foi maior do que no ambiente externo para todo o período avaliado, concordando com resultados obtidos por ROBLEDO & MARTIN (1981), MILLS et al. (1990), FARIAS et al. (1993) e PEZZOPANE (1995), havendo maior aquecimento sob o plástico leitoso, em média 6 °C maior do que a temperatura média do ambiente externo. Nos ambientes cobertos por plástico leitoso com malha termo-refletora e plástico leitoso com malha preta, as temperaturas médias foram mais amenas, porém, ainda superiores ao ambiente externo, em média 3°C.

A variação da temperatura do ar dentro de ambientes protegidos é função do seu balanço de energia, portanto, o aquecimento e o resfriamento não dependem somente dos processos de incidência da radiação solar, mas também da reflexão e reirradiação por meio dos objetos no interior do ambiente, convecção e condução por meio da cobertura e laterais, renovação de ar, evapotranspiração e troca do calor com solo (CERMEÑO, 1993). Os valores da temperatura média do ar são praticamente iguais nos dois ambientes protegidos cobertos com plástico leitoso associado às malhas de sombreamento, mesmo apresentando balanço de radiação diferentes. A cobertura plástico leitoso com malha preta, apesar de transmitir menos radiação, absorve mais e reflete menos do que plástico leitoso com malha termo-re-

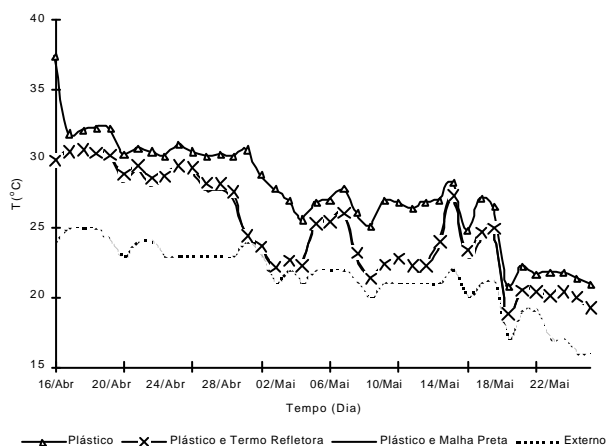


Figura 2. Variação diária da temperatura média do ar (T), no decorrer do período experimental, nos três ambientes protegidos (plástico leitoso, plástico leitoso com malha termo-refletora e plástico leitoso com malha preta) e na estação meteorológica (ambiente externo). Piracicaba, 2002.

fletora, com isso a temperatura do ambiente coberto com plástico leitoso com malha preta tende a transferir mais calor sensível por condução e convecção do que a malha termo-refletora, compensando assim as diferenças nos valores da radiação solar entre os dois ambientes, o que resulta numa mesma temperatura do ar.

Ao se analisarem os dados referentes aos dias 17-04, insolação (n) igual 10 h (céu limpo), e 30-04, n = 4,2 h (céu nublado) (Figuras 3a e 3b), é possível identificar-se que a variação da temperatura do ar ao longo do dia apresenta padrão diferenciado em relação ao que é apresentado em termos das médias diárias (Figura 2).

Em condição de céu limpo (Figura 3a), observa-se, durante o período das 8 às 12h, que o efeito de redução de temperatura desejado e obtido pela reflexão da radiação incidente foi sobreposto pelo efeito térmico. Os ambientes cobertos por plástico leitoso com malhas (termo-refletora e preta) mostraram-se mais quentes do que o ambiente coberto por plástico leitoso e do que o ambiente externo. Comparando-se os ambientes sob plástico leitoso associados com as malhas (preta e termo-refletora) e o ambiente coberto somente pelo plástico leitoso, verifica-se que as malhas (preta e termo-refletora) instaladas internamente promovem uma barreira parcial ao movimento de convecção. BURIOL et al. (1997) e FURLAN (2001) observaram um perfil de temperatura no interior do ambiente protegido, variando de um mínimo, próximo ao solo, até um máximo, perto do teto. Portanto, os ambientes cobertos com plástico leitoso associado às malhas de sombreamento possuem um perfil menor (3,0 m) do que o ambiente coberto somente com o plástico leitoso (4,20 m), assim o perfil menor (plástico leitoso associado às malhas) apresenta temperaturas máximas logo abaixo das malhas, causando assim, valores de temperatura do ar, próximo aos sensores, maiores do que o ambiente sob o plástico leitoso.

No decorrer do dia, os raios solares passam a sofrer influência direta da cobertura, devido a sua inclinação. Como o tipo de material também influencia a temperatura do ar no ambiente protegido (SEEMANN, 1979), verifica-se que o ambiente com plástico leitoso, tendo a maior transmitância da radiação solar global, da ordem de 21% (GUISELINI, 2002), passa a ter maiores valores de temperatura do que os outros dois ambientes, o que acaba garantindo maiores valores de temperatura do ar também durante

a noite. Por outro lado, os ambientes com plástico associados às malhas termo-refletora e preta por possuírem menor transmitância, respectivamente da ordem de 10 e 7% (GUISELINI, 2002), apresentam menor aquecimento, por isso, a partir das 13h o padrão descrito entre as 8 e 12h inverte-se, e o ambiente coberto apenas com o plástico leitoso passa a apresentar valores de temperatura do ar mais elevados, seguido pelos ambientes cobertos também pelas malhas (termo-refletora e preta) e pelo ambiente externo.

Em condição de céu nublado (Figura 3b), observa-se que a temperatura do ar no ambiente com plástico leitoso foi maior, em média 5°C, quando comparada à da estação meteorológica, exceto durante as horas da manhã, por volta de 9h30min até 12h30min. Porém, nos ambientes cobertos com plástico leitoso associados às malhas de sombreamento, as temperaturas foram mais próximas às da estação meteorológica, diferindo do que ocorreu no dia de céu limpo (Figura 3a), quando os valores de temperatura mostraram-se superiores nos três ambientes protegidos, em cerca de 6 a 7°C. Tal discrepância pode ser explicada pela alteração na variação da radiação solar global provocada pelas condições atmosféricas, a qual tem maior influência sobre o balanço de radiação e de energia sob coberturas associadas às malhas de sombreamento.

As Figuras 4, 5 e 6 apresentam a relação entre a temperatura do ar dos ambientes protegidos e a temperatura externa, na escala de 15 min. Observa-se, em média, que os valores da temperatura do ar no

ambiente coberto por plástico foram 27% maiores do que os do ambiente externo (Figura 4), enquanto que no ambiente coberto com plástico leitoso e malha termo-refletora esse acréscimo na temperatura foi da ordem de 15% (Figura 5) e no coberto com plástico leitoso e malha preta de 12% (Figura 6).

Analisando-se separadamente os períodos diurnos (6 às 18 h) e noturnos (18 às 6 h), observa-se que, no ambiente coberto pelo plástico leitoso, os valores de temperatura do ar, em média, foram 23% e 33%, respectivamente, maiores do que os encontrados no ambiente externo, como mostram as Figuras 7a e 7b.

No ambiente em que se utilizou plástico leitoso com a malha termo-refletora, os valores para o período diurno foram, em média, 15%, e para o noturno 16% superiores ao ambiente externo (Figuras 7c e 7d), ao passo que, no ambiente sob o plástico leitoso com malha preta, as temperaturas, em média, foram 9 e 15% maiores do que as observadas externamente, respectivamente para os períodos diurno e noturno.

Com relação à umidade relativa, sua variação em termos de média diária ao longo do período experimental é apresentada na Figura 8. Verifica-se que, durante todo o período, os valores de UR no interior dos três ambientes protegidos foram similares, porém, ligeiramente inferiores aos observados no ambiente externo. Isso se deve às diferenças de temperatura do ar entre os ambientes, que promoveram maior variação da UR no interior dos ambientes protegidos, como pode ser observado na Figura 9. Veri-

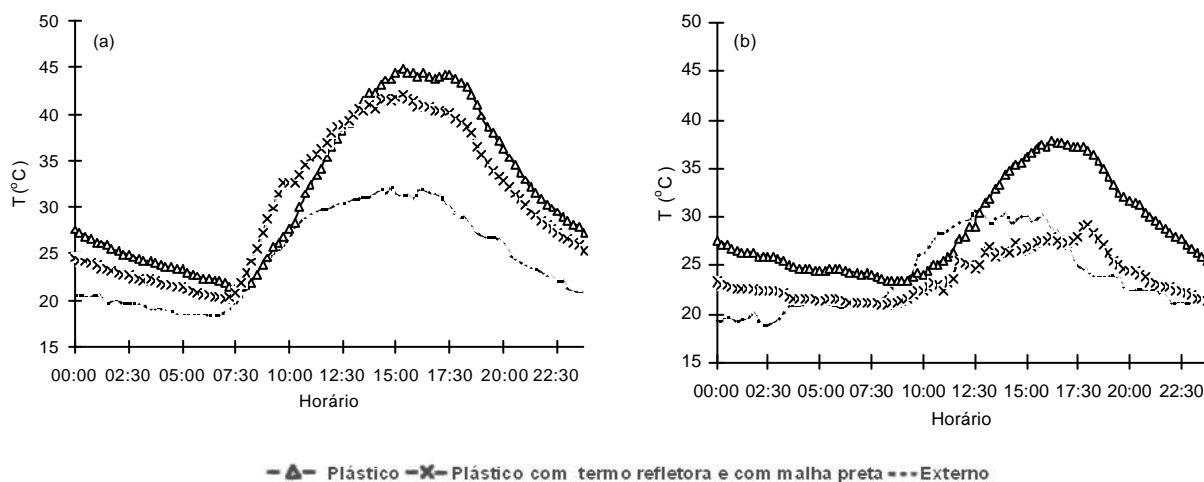


Figura 3. Variação horária da temperatura do ar, (a) em um dia de céu limpo (17-04, n = 10 h) e (b) em um dia de céu nublado (30-04, n = 4,2 h), nos três ambientes protegidos: plástico leitoso, plástico leitoso com malha termo-refletora e plástico leitoso com malha preta e na estação meteorológica (ambiente externo). Piracicaba, 2002.

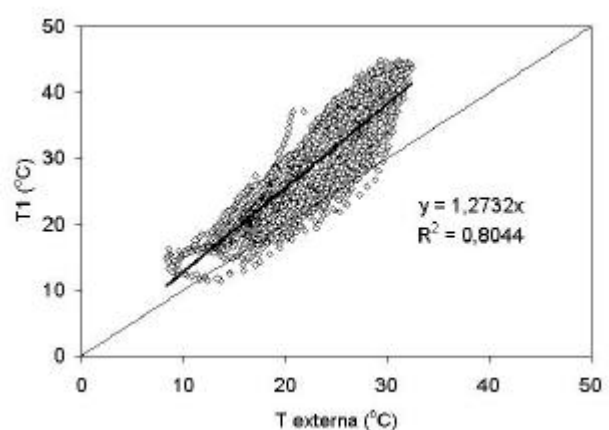


Figura 4. Relação entre a temperatura do ar em ambiente coberto com plástico leitoso (T1) e a temperatura do ar na estação meteorológica (T externo), na escala de 15 min ao longo do período experimental. Piracicaba, 2002.

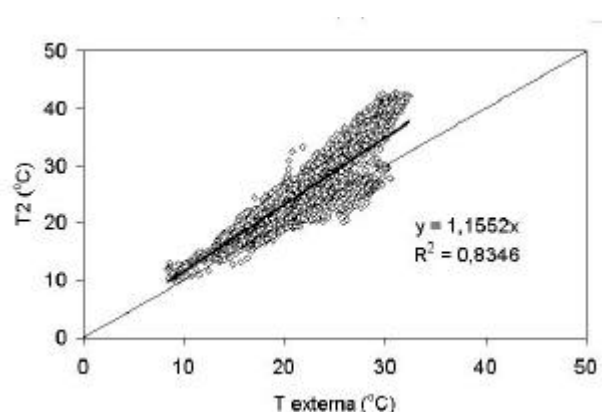


Figura 5. Relação entre a temperatura do ar no ambiente coberto com plástico leitoso com malha termo-refletores (T2) e a temperatura do ar na estação meteorológica (T externo), na escala de 15 min ao longo do período experimental. Piracicaba, 2002.

fica-se que, durante o período noturno do dia 24/05, praticamente não houve diferença entre os ambientes protegidos e a condição externa, ao passo que durante o período diurno a UR foi sensivelmente menor nos ambientes protegidos, em razão da maior temperatura do ar nessa condição.

Isso pode ser visualizado também nas Figuras 10a e 10b, nas quais se observam as variações da pressão de saturação (es) e da pressão atual de vapor d'água (ea) nos ambientes protegidos e no posto meteorológico. Nota-se, que durante o período diurno e, nos ambientes protegidos sob plástico leitoso e plástico associado às malhas de sombreamento, atin-

gem-se valores superiores aos do ambiente externo, em média 0,69 e 0,60 kPa, respectivamente, o que resulta em menor UR, mesmo havendo nos ambientes protegidos sob plástico leitoso e plástico associado às malhas de sombreamento aumento médio de 0,25 e 0,14 kPa nos valores de ea, devido à retenção de vapor d'água pelo plástico. Resultados semelhantes aos aqui descritos também foram obtidos por BURIOL et al. (2000), VIANA (2000) e FURLAN (2001). Em função disso, ocorre um significativo aumento do déficit de pressão de vapor durante o período diurno, condicionando o aumento do poder evaporante do ar.

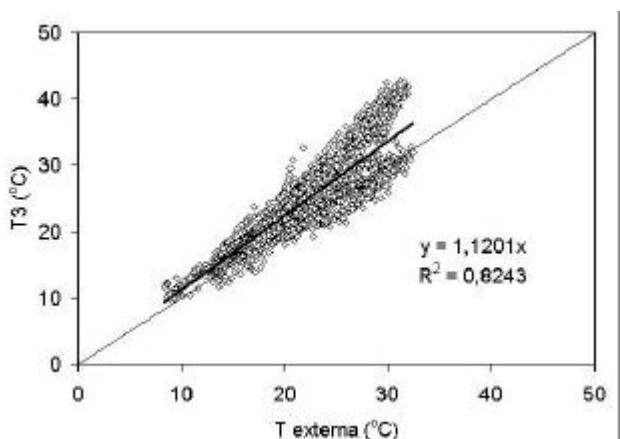


Figura 6. Relação entre a temperatura do ar no ambiente coberto com plástico leitoso com malha preta (T3) e a temperatura do ar na estação meteorológica (T externo), na escala de 15 min ao longo do período experimental. Piracicaba, 2002.

Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que, comparando-se, com o ambiente protegido somente com plástico, o uso de malhas de sombreamento em ambientes protegidos atenuam a temperatura do ar. O ambiente coberto com plástico leitoso apresenta, em média, uma temperatura 6 °C superior à do ambiente externo. Nos ambientes cobertos pelo plástico leitoso associado às malhas de sombreamento, essa elevação é, em média, da ordem de 3°C. Os três tipos de cobertura não afetam a umidade relativa média diária e noturna, porém influenciam a umidade relativa do ar durante o período diurno, que é sensivelmente reduzida nos ambientes protegidos, em decorrência da acentuada elevação da temperatura do ar nesse período, especialmente no ambiente coberto apenas com o PEBD branco.

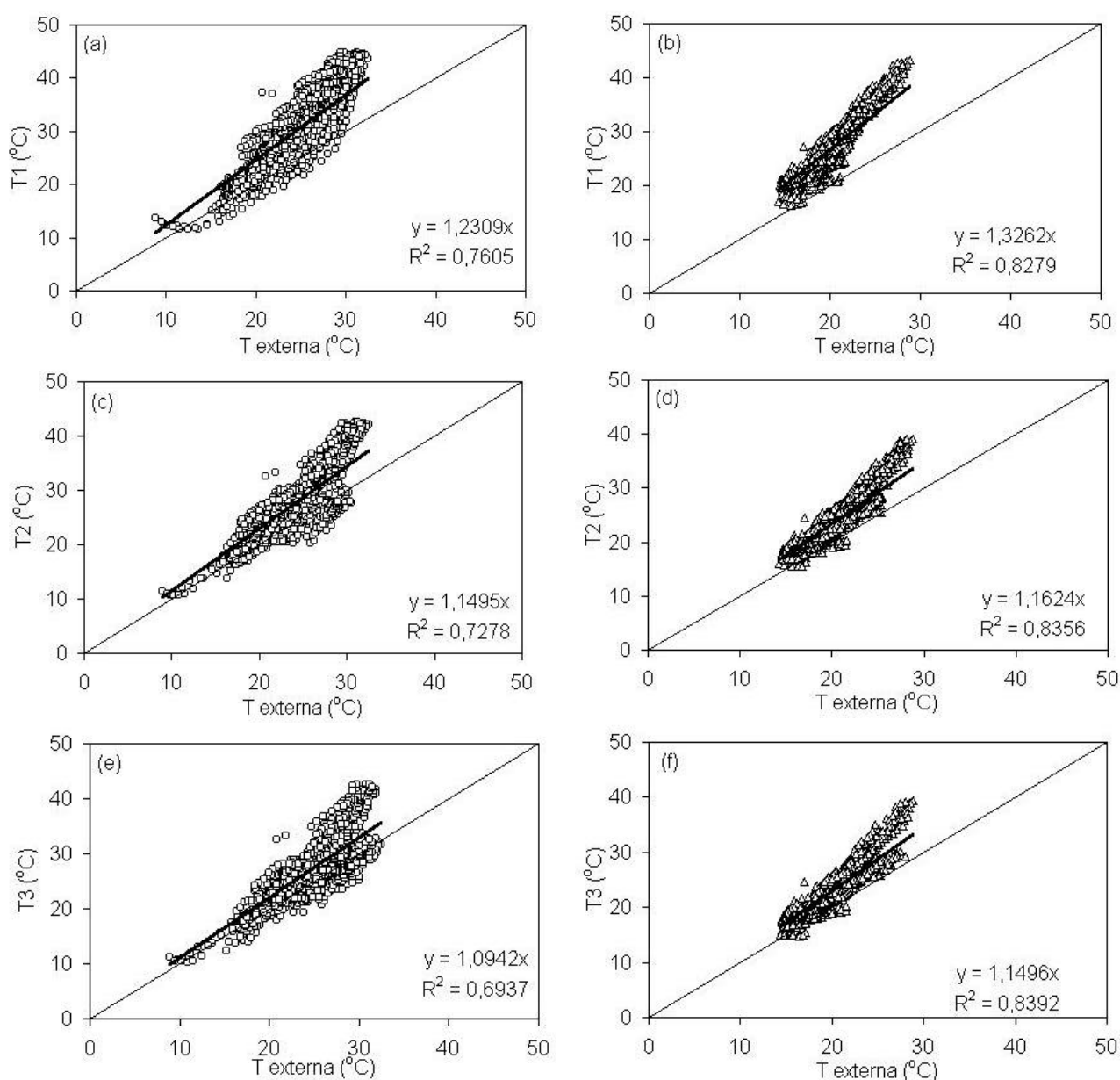


Figura 7. Relação entre a temperatura do ar dos tratamentos e a temperatura do ar externa: (a), (c) e (e) temperatura do ar diurna (6 às 18h) para os ambientes cobertos com plástico leitoso, plástico leitoso com malha termoreflatora e plástico leitoso com malha preta, respectivamente; (b), (d) e (f) temperatura do ar noturna (18 às 6h) para os tratamentos cobertos com plástico leitoso, plástico leitoso com malha termo refletora e plástico leitoso com malha preta, respectivamente. Piracicaba, 2002.

Referências Bibliográficas

ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultivo em invernadero** 3. ed., Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1991. 347 p.

BURIOL, G.A. et al. Gradiente vertical de temperatura do ar no interior de estufas plásticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 10., Piracicaba, 1997. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997, p. 471-472.

BURIOL, G.A. et al. Modificação da umidade relativa do ar pelo uso e manejo da estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, R.S. v. 8, n. 1, p. 11-18, 2000.

CERMEÑO, Z.S. **Cultivo de plantas hortícolas em estufa**. Litexa-Portugal: Ed. Lisboa, 1993. 366 p.

FARIAS, J.R. et al. Alterações na temperatura e umidade relativa do ar provocadas pelo uso de estufa plástica.

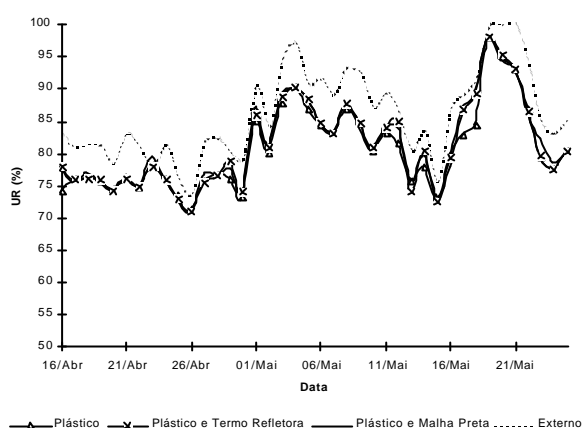


Figura 8. Variação da umidade relativa média (UR), no decorrer do período experimental, nos ambientes protegidos (plástico leitoso, plástico leitoso com malha termo refletora e plástico leitoso com malha preta) e na estação meteorológica (ambiente externo). Piracicaba, 2002.

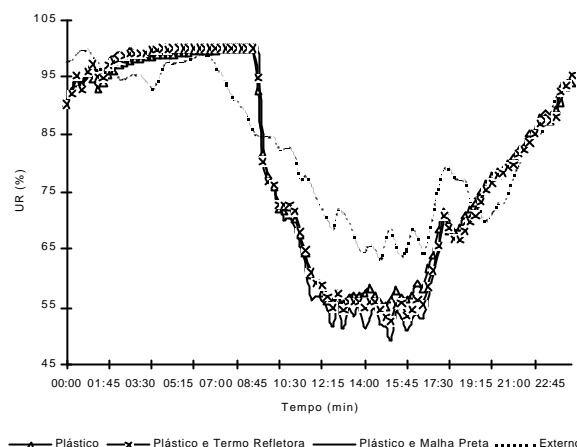


Figura 9. Variação horária da umidade relativa do ar no dia 24/05, em condição de céu limpo, nos ambientes protegidos: plástico leitoso, plástico leitoso com malha termo-refletora e plástico leitoso com malha preta, e na estação meteorológica (ambiente externo). Piracicaba, 2002.

Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, RS, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993.

FNP CONSULTORIA & COMERCIO. **AGRIANUAL 1999**: anuário de agricultura brasileira. São Paulo, 1999. p. 435.

FURLAN, R.A. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução da temperatura do ar em ambiente protegido**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2001. 146 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2001

GOTO, R. et. al. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora UNESP, 1998. 319 p.

GUISELINI, C. **Microclima e Produção de Gérbera em Ambientes Protegidos com Diferentes Tipos de Cobertura**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 53 p. Dissertação (Mestrado em Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2002

HANAFAI, A.; PAPASOLOMONTOS, A. Integrated production and protection under protected cultivation in

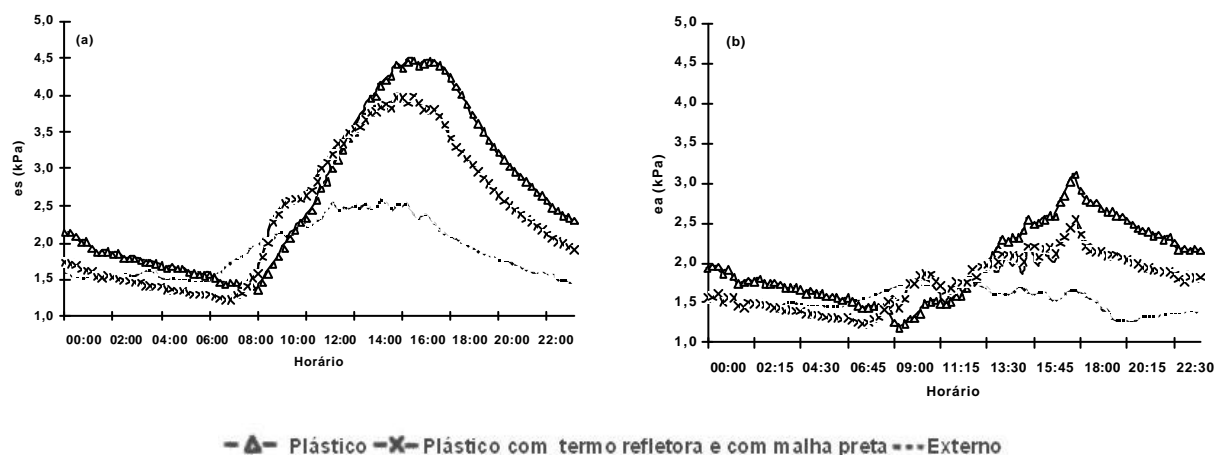


Figura 10. Variação horária: (a) da pressão de saturação - es e (b) pressão atual de vapor - ea, no dia 24-05, em condição de céu limpo, nos ambientes protegidos: plástico leitoso, plástico leitoso com malha termo-refletora e plástico leitoso com malha preta, e na estação meteorológica (ambiente externo). Piracicaba, 2002.

- the Mediterranean region, **Biotechnology Advances**, Amsterdam, v. 17, n. 2/3, p. 183-203, 1999.
- MARIN, FR., et al. Construção e avaliação de psicrômetro aspirado de termopar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 58, n. 3, 2001.
- 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.**, Montpellier, France, n. 281, p. 83-94, 1990.
- OLIVEIRA, M.R.V. O emprego de casas de vegetação no Brasil: vantagens e desvantagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 8, p. 1049-1060, 1995.
- PEZZOPANE, J.E.M. et al. Radiação líquida e temperatura de folha no interior de estufa com cobertura plástica, durante o período noturno. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 3, p. 1-4, 1995.
- 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., Piracicaba, 1997. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997, p. 465-467.
- 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, **Journal Agrometeorology**. New York: Springer-Verlag, 1979. p. 165-178.
- SENTELHAS, P.C.; SANTOS, A.O. Cultivo Protegido: Aspectos Microclimáticos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, SP, v. 1, n. 2, p. 108-115, 1995.
- TANAKA, M.; GENTA, H. **Control del medio ambiente bajo invernadero y tunel plastico**. Salto, Uruguai: Estación Experimental de Citricultura, 1982. 61 p.
- VIANA, T. V. A. **Evapotranspiração obtida com o sistema razão de bowen e um lisímetro de pesagem em ambiente protegido**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. 137 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2000.