

ISSN 0104-1347

## Uso de malhas de sombreamento em ambiente protegido II: efeito sobre a radiação solar global e a fotossinteticamente ativa<sup>1</sup>

Shading screens used in greenhouse II: effect on incoming solar radiation and photosynthetically active radiation

Cristiane Guiselin<sup>2</sup>, Paulo Cesar Sentelhas<sup>2,3</sup>, Rodrigo Carvalho de Oliveira<sup>2</sup>

**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 – 50% e preta – 50%) nas seguintes variáveis ambientais: irradiância solar global ( $Q_g$ ) e irradiância fotossinteticamente ativa (RFA). O experimento foi realizado entre o 16-04-2002 a 25-05-2002, na área experimental do Departamento de Ciências Exatas, da E.S.A. “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, na qual 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 de radiação solar 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 diminuindo a radiação solar global e fotossinteticamente ativa. As transmitâncias médias da radiação solar global pelas coberturas (plástico leitoso, plástico leitoso com malha termo-refletora e plástico leitoso com malha preta) foram, respectivamente 24, 11 e 7%. A fração RFA/ $Q_g$  foi a mesma para os ambientes plástico leitoso e plástico leitoso com malha termo-refletora (0,44), sendo maior no ambiente coberto pelo plástico leitoso com malha preta (0,51).

**Palavra-chave:** Polietileno 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: incoming solar radiation ( $Q_g$ ) and photosynthetically active radiation (PAR). The experiment was carried out from April 16 to May 25, 2002 at the experimental area of the Department of Exact Sciences, Agricultural College “Luiz de Queiroz”, University of São Paulo, in Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. A greenhouse was installed, 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 solar radiation 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 covers in the greenhouse affected the microclimate, decreasing  $Q_g$  and PAR. The average transmission of solar radiation by the covers white polyethylene, white polyethylene with thermal screen and white polyethylene with black screen were, respectively, 24, 11, and 7%. The PAR/ $Q_g$  fraction was the same (0.44) for environments covered with white polyethylene and white polyethylene with thermal screen, and higher (0.51) in the environment covered by the white polyethylene with black screen.

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

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

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Exatas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, 13418-900. [cguisel@esalq.usp.br](mailto:cguisel@esalq.usp.br) e [pccsentel@esalq.usp.br](mailto:pccsentel@esalq.usp.br)

<sup>3</sup>Bolsista do CNPq.

## Introdução

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 crescimento da planta (McCREE, 1972), enquanto que o total de energia é o principal fator que afeta a transpiração (GATES, 1976; CUNHA *et al.* 2001).

A reflexão e a absorção promovidas pela cobertura plástica diminuem a incidência de radiação solar no interior de ambientes protegidos (SEEMANN, 1979; MARTIN *et al.*, 1982; KURATA, 1990; SENTELHAS *et al.*, 1997). GALVANI & ESCOBEDO (2001), avaliando a cultura do pepineiro em ambiente protegido, observaram que o saldo de radiação no ambiente externo totalizou 808,04 MJm<sup>-2</sup> durante todo ciclo, enquanto que no interior da estufa esse total foi de 693,68 MJm<sup>-2</sup>, sendo tal diminuição atribuída à queda da radiação direta dentro da estufa, devido à cobertura. A transmitância das coberturas em estufas é variável em função do ângulo de incidência dos raios solares (BAYTORUN *et al.*, 1994; GALVANI *et al.*, 2001), do tipo de cobertura (AL-RIAH *et al.*, 1989; SENTELHAS *et al.*, 1997; CRITTEN & BAILEY, 2002), da idade do material (REIS & CARRIJO, 1999), da cor do filme plástico (SENTELHAS *et al.*, 1999) e da sua espessura (CRITTEN & BAILEY, 2002).

Conhecer as características de transmissividade da radiação solar de um material de cobertura é importante para avaliar os benefícios potenciais dos diferentes materiais, pois é conhecido que pequenas diferenças na transmitância podem ter efeitos significativos no crescimento e desenvolvimento da cultura (KITTAS *et al.*, 1999). COCKSHULL *et al.* (1992) constataram que o aumento de 1% da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), proporcionou aumento de, aproximadamente, 1% no rendimento do tomateiro. Com relação a sua opacidade, coloração ou transparência, os filmes plásticos apresentam resposta diferenciada quanto à absorção, à reflexão e à transmissão das radiações de ondas curta e longa (ROBLEDO & MARTIN, 1981). GONZALES (1985) salienta que é bastante comum na produção de flores o interesse em se diminuir a transmissão da radiação solar, podendo utilizar-se plásticos coloridos ou pintados, para aumentar a reflexão e/ou a absorção da radiação. De acordo com CRITTEN & BAILEY (2002), a capacidade de absorção das coberturas também é proporcional à sua espessura.

VERLODT & 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 se iluminem. Este tipo de película é chamada de filme difuso ou opaco. Geralmente, esses tipos de filmes plásticos têm transmissão 5% menor do que um filme transparente. Essa redução é compensada por uma porcentagem maior de luz difusa, que tem efeito positivo no desenvolvimento da cultura, especialmente naquelas que crescem eretas.

Outra técnica adotada para redução da radiação solar no interior de ambientes protegidos é a pintura dos filmes de cobertura com tinta ou misturas brancas, que diminuem a carga de radiação transmitida para o interior do ambiente (BAILLE *et al.*, 2001). Em recente estudo, KITTAS *et al.* (1999) observaram que o branqueamento aplicado em vidro realçou a proporção de radiação fotossinteticamente ativa, na radiação solar incidente total, reduzindo, assim, a fração dos comprimentos de onda infravermelha que penetra no ambiente. Esses autores verificaram, ainda, que materiais clássicos ou tecnificados de cobertura de estufa que obscurecem o ambiente protegido, mais conhecido como malhas de sombreamento, geralmente são considerados como neutros em relação à distribuição da radiação solar; porém, podem afetar, significativamente, alguns comprimentos de onda, principalmente na faixa do azul. BAILLE & TCHAMITCHIAN (1993) citam que a intensidade de alguns comprimentos de onda de importância biológica para plantas, insetos ou patógenos pode ser aumentada ou diminuída, possibilitando controlar seu crescimento e desenvolvimento.

Em experimento realizado em Piracicaba, SP, ao avaliarem diferentes telas de sombreamento, SENTELHAS *et al.* (1997) verificaram que as telas branca, verde e preta apresentaram atenuações médias da radiação solar global da ordem de 26,6%, 41,2% e 55,4%, respectivamente, apesar de todas apresentarem indicações, por parte fabricante, de 50% de redução de luz. RICIERI & ESCOBEDO (1996) compararam a transmissão do polietileno e do polietileno associado à tela de sombreamento preta 50%, utilizados em túneis. A transmissão foi, aproximadamente, 60% e 18%, respectivamente.

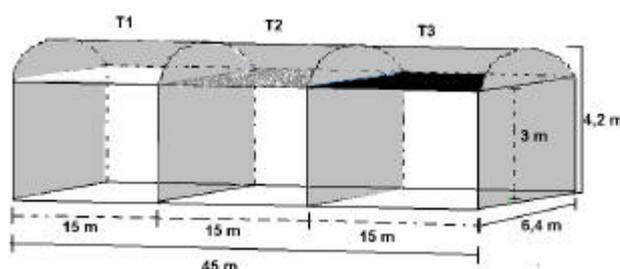
Dada a grande importância do tipo de cobertura no estabelecimento das condições microclimáticas e na produção em ambientes protegidos, neste trabalho teve-se como objetivo avaliar o efeito do uso do polietileno de baixa densidade leitoso (branco) e sua associação a diferentes malhas de sombreamento na disponibilidade interna de radiação solar global e de radiação fotossinteticamente ativa.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no período de 16-04-2002 a 25-05-2002, na área experimental do Departamento de Ciências Exatas, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ-USP), no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, localizada, 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.

Foi utilizado um ambiente protegido subdividido em três partes iguais, cada subdivisão 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 m<sup>2</sup> e volume aproximado de 1209 m<sup>3</sup> (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 50%. Um dos ambientes era coberto apenas pelo plástico leitoso (T1), enquanto os outros



**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.

dois possuíam, ainda, malhas de sombreamento, que foram instaladas internamente, à altura do pé direito, um com malha termo-refletora (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 avaliarem e caracterizarem os três ambientes, foram realizados registros de 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. Em cada ambiente, sensores foram conectados ao sistema de aquisição de dados (CR10 e CR23X da Campbell Sci) para a medida da irradiância solar global e da irradiância fotossinteticamente ativa, coletando-se dados a cada segundo e sendo as médias armazenadas a intervalos de 15 minutos.

Todos os sensores de radiação foram instalados no centro do ambiente. Para a medida da irradiância solar global foram utilizados três sensores diferentes, um para cada ambiente: CM3 (Kipp & Zonen), PSP (Eppley) e LI200x (LI-COR), de faixa de medida 305 a 2800 nm, 285 a 2800 nm e 400 a 1100 nm, respectivamente, que foram previamente calibrados, tendo-se como referência o sensor da Eppley (Tabela 1).

Os dados referentes à radiação, fotossinteticamente ativa, foram obtidos com três sensores LI190SB do tipo Quantum, faixa espectral de 400 a 700 nm, da marca LI-COR, sendo colocado um em cada ambiente protegido. A calibração dos sensores foi realizada tendo como referência um sensor do tipo PSP (Eppley) adaptado com um filtro seletivo para a faixa espectral de 697 nm (Tabela 2).

A partir dos dados de radiação solar global ( $Q_g$ ) e fotossinteticamente ativa (RFA), obtidos internamente e externamente foram analisadas as transmitâncias de cada material de cobertura (plásti-

**Tabela 1** Calibração dos sensores de radiação solar global CM3 (Kipp & Zonen) e Li200x (Licor), tendo como referência o sensor PSP (Eppley).

Sensor	Equação de calibração	R <sup>2</sup>
CM3	$y = 0,9230x$	0,989
Li200x	$y = 0,8065x$	0,902

**Tabela 2.** Calibração dos sensores de radiação fotossinteticamente ativa e Li190SB (Licor), tendo como referência o sensor PSP (Eppley).

Sensor	Equação de calibração	R <sup>2</sup>
LI190SB (1)	$y = 1,4010x$	0,984
LI190SB (2)	$y = 1,9204x$	0,984
LI190SB (3)	$y = 1,8779x$	0,983

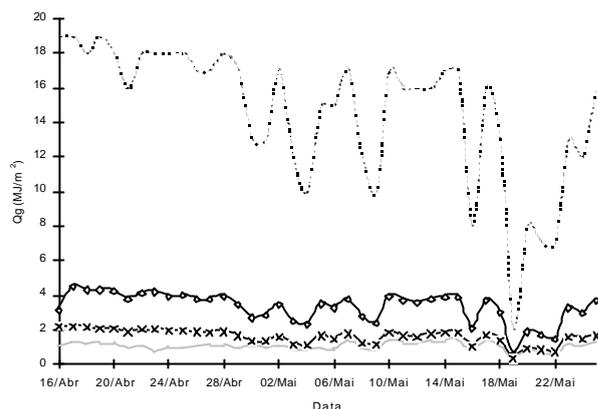
co leitoso, plástico leitoso com malha termo-refleto- ra e plástico leitoso com malha preta), tanto na escala diária como na horária, em dois dias característicos, sendo um com insolação diária (n) igual às 10 h (17-04, céu limpo) e outro com insolação diária de 4,2 h (30-04, céu nublado). Além disso, avaliou-se a partição percentual da radiação solar global fotossinteticamente ativa nos três ambientes protegidos e na condição externa.

## Resultados e discussão

Assim como verificado em outros trabalhos com outros tipos de cobertura, a radiação solar global e a fotossinteticamente ativa no interior de ambientes cobertos somente com o PEBD leitoso e com esse material associado às malhas de sombreamento foram, significativamente menores do que as encontradas no ambiente externo, devido à atenuação provocada pela cobertura.

No presente estudo verificou-se que, entre os ambientes avaliados a maior transmitância média, tanto para a radiação solar global (Qg) (Figura 2) quanto para a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (Figura 3) ocorreu no ambiente coberto apenas com plástico leitoso (23% e 24%, respectivamente), seguido pelo ambiente coberto com plástico com malha termo refletora (11% e 11%, respectivamente) e pelo ambiente coberto com plástico com malha preta (7% e 8%, respectivamente). Isto ocorreu porque a reflexão e a absorção promovidas pelas coberturas diminuem a incidência de radiação solar no interior do ambiente protegido (SEEMANN, 1979; MARTIN *et al.*, 1982; KURATA, 1990; SENTELHAS *et al.*, 1997), devido ao tipo de cobertura (AL-RIAH *et al.*, 1989; SENTELHAS *et al.*, 1997; CRITTEN & BAILEY, 2002) e cor do filme (SENTELHAS *et al.*, 1999).

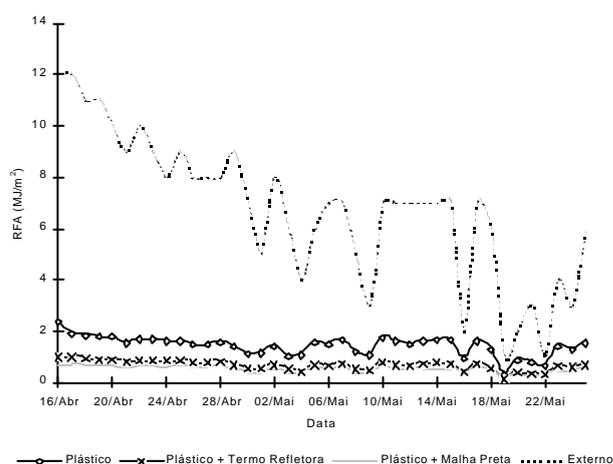
Analisando-se a variação diária de Qg e RFA para um dia de céu limpo (17/04) (Figuras 4 e



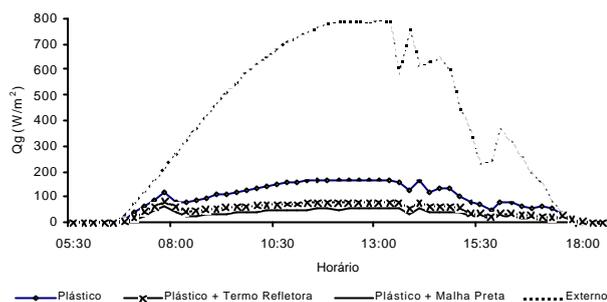
**Figura 2.** Variação da radiação solar global diária (Qg) no decorrer do período experimental, nos três ambientes protegidos (plástico leitoso, plástico leitoso com termo refletora e plástico leitoso com malha preta) e na estação meteorológica (ambiente externo). Piracicaba, 2002.

5), observa-se a mesma tendência encontrada nas Figuras 2 e 3, ou seja, houve maior transmitância proporcionada pelo plástico leitoso em relação à combinação do plástico com malhas de sombreamento, o que também ocorreu para um dia de céu nublado (30/04) (Figuras 6 e 7), para todos os horários

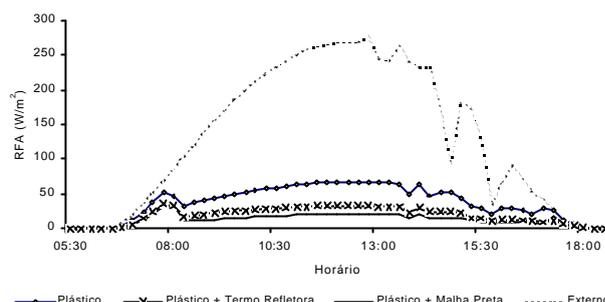
Comparando-se as transmitâncias da radiação solar global das diferentes coberturas, em um dia de céu limpo e em um dia de céu nublado, as



**Figura 3.** Variação da radiação fitossinteticamente ativa diária (RFA) no decorrer do período experimental, nos três ambientes protegidos (plástico leitoso, plástico leitoso com termo reflectora e plástico leitoso com malha preta) e na estação meteorológica (ambiente externo). Piracicaba, 2002.



**Figura 4.** Variação diária da radiação solar global ( $Q_g$ ), para um dia de céu limpo (17-04), 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.



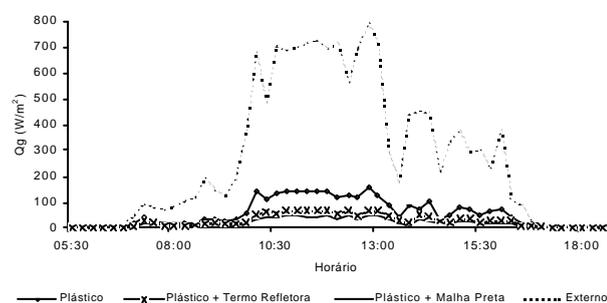
**Figura 5.** Variação diária radiação fotossinteticamente ativa (RFA), para um dia de céu limpo (17-04), nos três ambientes protegidos (plástico leitoso, plástico leitoso com malha termo refletora e plástico leitoso com malha preta) e na estação meteorológica (ambiente externo). Piracicaba, 2002.

condições atmosféricas proporcionaram quantidade menor ou maior de radiação incidente, de acordo com a nebulosidade, resultando assim, em pequenas alterações na transmitância de cada material. Para a cobertura com plástico leitoso a transmitância foi da ordem de 21 e 24%. Já para as coberturas que combinavam o plástico leitoso com malhas de sombreamento a transmitância foi menor, sendo da ordem de 10 a 11% para plástico leitoso com malha termo-refletora e de 7 a 8% para o plástico leitoso com malha preta.

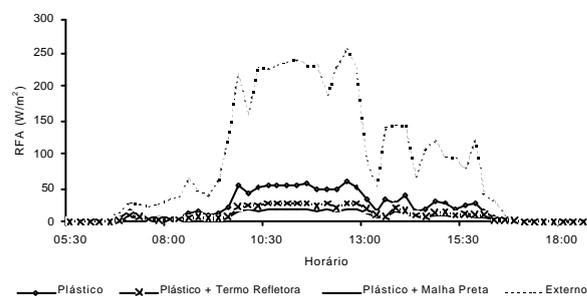
A comparação dos resultados de transmitância da  $Q_g$ , obtidos no presente trabalho, com os obtidos por ROBLEDO & MARTIN (1981), estudando o polietileno de baixa densidade (PEBD), em que a transmitância foi da ordem de 70 a 80%, com os obtidos por RICIERI & ESCOBEDO (1996),

estudando o PEBD e o PEBD associado à tela de sombreamento preta em túneis, em que os valores foram de 60% e 18%, respectivamente, reforça a afirmação de BAILLE et al. (2001) de que para a redução da radiação solar no interior de ambientes protegidos, pode-se usar-se filmes plásticos pintados com tinta branca ou associá-los à malha de sombreamento.

Verifica-se que a RFA no interior dos ambientes cobertos com plástico leitoso e com plástico e malha termo-refletora representa, em média, de 43 a 44% da  $Q_g$  (Figuras 8a e 8b), não havendo diferença em relação à condição externa. Essa constatação também foi apresentada por KITTAS et al. (1999), com relação ao uso de plásticos como cobertura. Porém, esses autores observaram que o uso da malha termo-refletora tendeu a diminuir a



**Figura 6.** Variação diária da radiação solar global ( $Q_g$ ), para um dia nublado (30-04), 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 7.** Variação diária da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), para um dia nublado (30-04), 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.

relação RFA/Qg, enquanto a malha preta apresentou-se neutra com relação a isso. No presente estudo, observou-se resposta inversa, com aumento da RFA/Qg sob a malha preta (Figura 8c) e efeito nulo sob a malha termo-refletora (Figura 8b). A justificativa para tal resposta reside, provavelmente, no fato de que a malha termo-refletora, por ser aluminizada, reflete a radiação solar em todos os comprimentos de onda, fazendo com que a proporção de RFA e radiação na faixa do infra-vermelho (IV), que atinge a superfície no interior do ambiente protegido, mantenha-se. Por outro lado, a malha preta tende a absorver e refletir mais eficientemente comprimentos de onda fora da faixa do visível, promovendo um enriquecimento da RFA no interior do ambiente, como também observado por SENTELHAS *et al.* (1997) em túneis baixos.

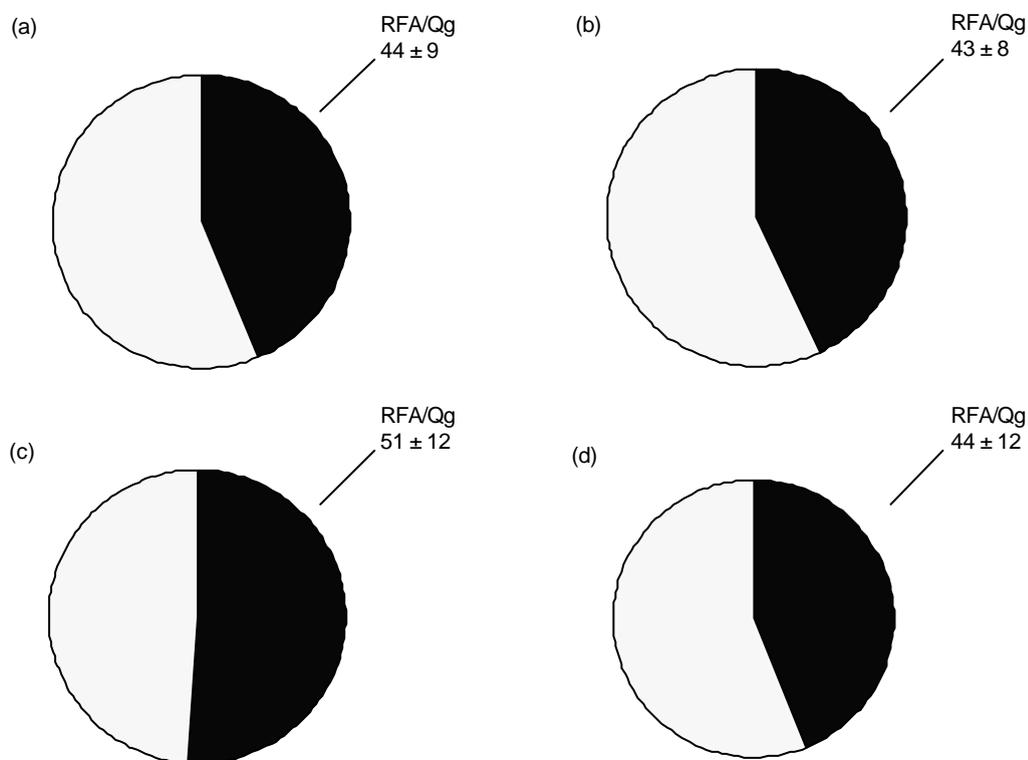
De modo a se confirmar a tendência estabelecida pela análise das médias da relação RFA/Qg, analisou-se tal relação por meio da análise de regressão, tanto no interior dos ambientes protegidos como no ambiente externo (Figura 9). Os resultados confirmam a tendência dos ambientes cobertos com plástico e com o plástico e malha termo-refletora em

ter uma menor relação RFA/Qg, que neste caso foi da ordem de 42%, em relação ao ambiente coberto com plástico mais malha preta (RFA/Qg = 49%). No caso do ambiente externo, observou-se que a relação RFA/Qg foi mais elevada, 47%, o que, no entanto, se deve aos altos valores de RFA quando a Qg estava acima de  $18 \text{ MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ , provavelmente relacionados a problemas de calibração do sensor. Isso inviabiliza uma análise mais detalhada, não sendo possível se afirmar quais os efeitos do plástico e das malhas em relação ao que ocorre sem a presença delas.

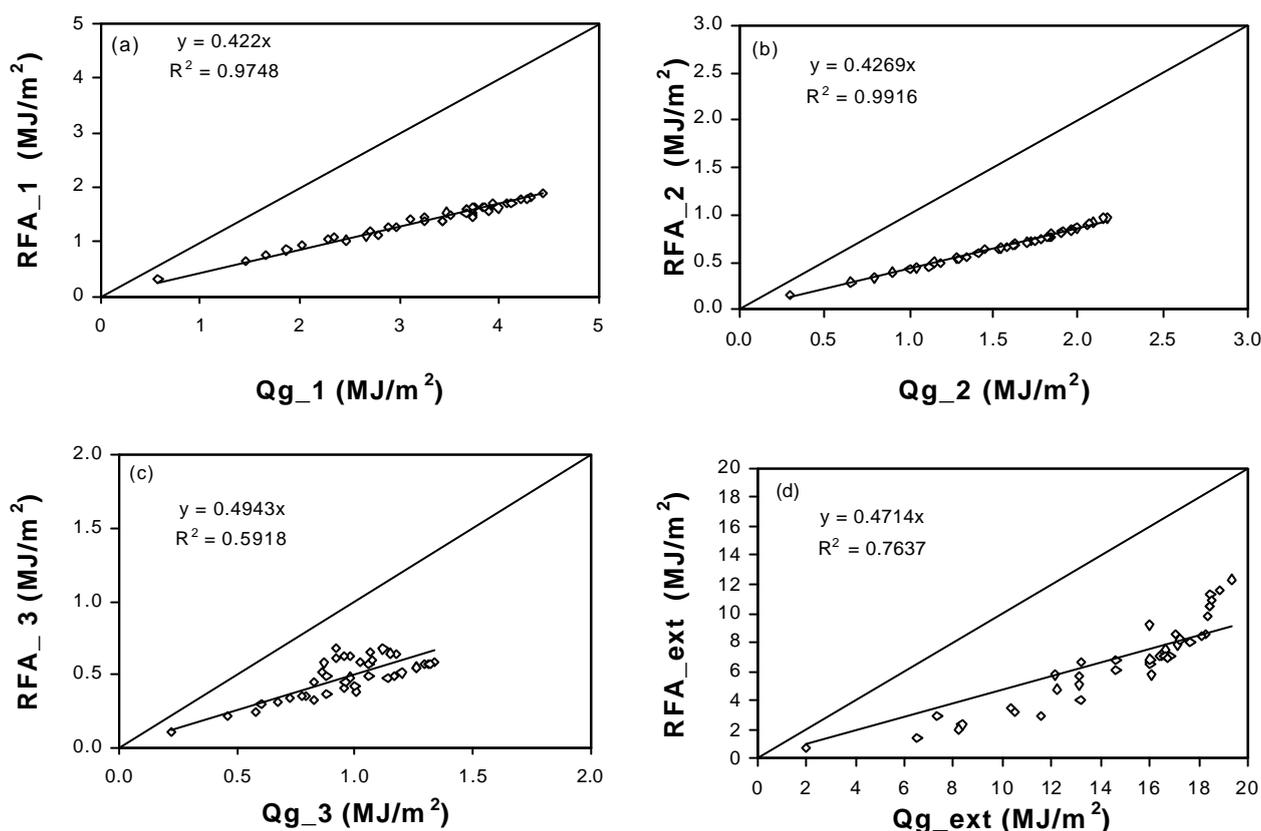
Salienta-se ainda que os estudos abordando a partição da radiação solar, especialmente a RFA de grande importância para as plantas, ainda são poucos e contraditórios, o que indica a necessidade e importância de estudos mais detalhados nessa área, com sensores de alta acurácia e resolução, de modo a se obterem resultados conclusivos.

## Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo permitem concluir que a utilização de plástico leitoso e



**Figura 8.** Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa e a radiação solar global (RFA/Qg, em percentual) nos três ambientes protegidos: (a) plástico leitoso, (b) plástico leitoso com termo-refletora, (c) plástico leitoso com malha preta e na (d) estação meteorológica (ambiente externo).



**Figura 9.** Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa diária e a radiação solar global diária nos ambientes cobertos por: plástico leitoso (a), plástico leitoso com malha termo-refletora (b), plástico leitoso com malha preta (c) e na estação meteorológica (ambiente externo) (d).

plástico leitoso associado à malha termo-refletora e à malha preta reduzem a radiação solar global e a radiação fotossinteticamente ativa no interior do ambiente protegido, resultando em valores médios de transmitâncias da ordem de 24%, 11% e 7%, respectivamente. Com relação à fração de Qg representada pela RFA, não há condições de se afirmar quais as influências provocadas em relação ao ambiente externo, porém, é evidente que sob o plástico associado à malha preta RFA/Qg é maior que sob as demais coberturas.

#### Agradecimentos

Ao Sr. Henrique Tonino e à Kelcinele Taranto, da Solpack Ltda, e ao Eng. Agr. Emerson Steinberg, da Syngenta Seeds LTDA, pela atenção, confiança, sugestões e colaboração para o desenvolvimento desse trabalho, viabilizando a instalação e execução do experimento de campo.

#### Referências bibliográficas

- AL-RIahi, M.; AL-KARAGHOUL, I.; HASSON, A.W. Relations between radiation fluxes of a greenhouse in ~~semi-acid conditions~~ **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 44, p. 329-38, 1989.
- BAILLE, A.; KITTAS, C.; KATSOULAS, N. Influence of whitening on greenhouse microclimate and crop energy partitioning. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 107, p. 293 – 306, 2001.
- BAILLE, A.; TCHAMITCHIAN, M. Solar Radiation in Greenhouses. In: VARLET-GRANCHER, C.; BONHOMME, R.; SINOQUET, H. **Crop Structure and light microclimate: characterization and application**. Paris: INRA Editions. 1993. 518 p.
- BAYTORUN, N. et al. Effect of different greenhouse covering materials on inside climate and on the development of tomato plants. **Acta Horticulturae**, Adana, Turquia, v. 366, p. 125-132, 1994.
- COKSHULL, K.E.; GRAVES, C.J.; CAVE, R.J. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes.

- Journal of Horticultural Science**, Ashford, 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.; ESCOBEDO, J. F.; KLOSOWSKI, É. S. Balanço de energia em pimenteiro sob cultivo protegido e a campo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 9, n. 2, p. 159-167, 2001.
- GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. **Revista Bragantia**, Campinas, SP, v. 60, n. 2, p. 139-147, 2001.
- GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F.; PEREIRA, A.B. Estimate of the radiation balance components on greenhouse lettuce on outside radiation measurements and structure orientation. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 9, n. 2, p. 169-179, 2001.
- GATES, D.M. **Energy exchange and transpiration**. Berlin: Springer-Verlag. 1976, p. 137-147.
- GONZALES, A.M. Ahorro energético y materiales de cobertura para cultivos hortícolas. In: CURSO INTERNACIONAL DE HORTICULTURA INTENSIVA (COMESTIBLE Y ORNAMENTAL) EN CLIMAS ARIDOS, 4., Murcia, España, 1985. **Apostilas...**, Murcia: Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, v. 2, 1985. p. 258.
- 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**, Nova York, v. 73, p. 341 – 351, 1999.
- KURATA, K. Role of reflection in light transmissivity of greenhouses. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, n. 52, p. 319 – 331, 1990.
- 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**, Connecticut, n. 308, p. 185 -189, 1982.
- McCREE, K. J. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. **Agricultural Meteorology**, Nova York, v. 9, p. 191-216, 1972.
- 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., Florianópolis, 1999. **Anais...**, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. (CD\_ROM).
- RICIERCI, R.P.; ESCOBEDO, J.F., Solar radiation levels in a greenhouse with sloping roofs of sombrite and polyethylene. **Energia na Agricultura**. Botucatu, SP, v. 11, n. 2, p. 8–26, 1996.
- ROBLEDOS, 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.; 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., Piracicaba, 1997. **Anais...**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 480-484.
- 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, RS, v. 7, n. 2, p. 157-162, 1999.
- VERLODT, I.; WAAIJENBERG, D. **A greenhouse film primer**. Batavia, USA: Flora Culture International, 2000. p. 32-33.