

FLUXO DE RADIAÇÃO EM ESTUFA PLÁSTICA TIPO CAPELA EM PELOTAS, RS

Gustavo SCHIEDECK¹, Sérgio Roberto MARTINS²

RESUMO

Durante um período de 12 dias foram coletados os dados da radiação global incidente, radiação transmitida, refletida pelo plástico de cobertura e refletida pelo solo limpo no interior de uma estufa plástica tipo capela, no campus da UFPEL, em Pelotas-RS. Para medida dos fluxos de radiação foi instalado um albedômetro externamente sobre a cobertura plástica e outro no interior da estufa, ambos na mesma posição e à 1 metro da superfície. Foram analisadas a radiação global incidente, a radiação transmitida, a radiação refletida pela cobertura plástica e a refletida pelo solo limpo no interior da estufa. As condições climáticas exteriores e as características do filme plástico utilizado influenciaram fortemente a transmissividade, a reflexão da radiação solar e o albedo no interior da estufa plástica. Em média, cerca de 81% da radiação solar global diária foi atingida até às 14:00 horas.

Palavras-chave: estufa plástica; fluxo de radiação; micrometeorologia.

INTRODUÇÃO

O ambiente protegido, em função do seu formato, dimensões, orientação geográfica, material de cobertura e manejo, modifica sensivelmente o balanço de radiação com relação ao meio externo, interferindo diretamente no crescimento e desenvolvimento das plantas no seu interior.

Diversos estudos comprovam que a densidade do fluxo de radiação no interior de uma estufa coberta com filmes plásticos é menor do que a verificada externamente, principalmente devido à reflexão e absorção do material de cobertura (Seemann, 1979; Farias, 1991). Essas características são determinadas por condições como idade do material, espessura, composição química, deposição de poeiras, acúmulo de vapor d'água na superfície interna do abrigo e ângulo de

¹ Eng. Agr. M.Sc., Doutorando do Departamento de Fitotecnia, FAEM/UFPel. Pelotas, RS. E-mail: schiedek@zaz.com.br. Bolsista do CNPq.

² Eng. Agr. Dr., Prof. Adjunto. FAEM/UFPel. Pelotas, RS. Caixa Postal, 354 – 96001-970. E-mail: martinss@ufpel.tche.br. Bolsista do CNPq.

incidência da radiação solar (Beckett, c1981). A porção da radiação incidente que não é refletida e nem absorvida pelo material de cobertura é transmitida através deste para o interior do abrigo.

Conforme Castilla (1997), um material ideal de cobertura deveria ter uma máxima transmissividade à radiação fotossinteticamente ativa (400 a 700 nm) e uma baixa transmissividade à radiação infravermelha de onda longa (2500 a 3000 nm), esta última responsável pelo chamado “efeito estufa”. Contudo, filmes plásticos como o polietileno de baixa densidade (PEBD), não permitem a passagem integral da radiação de onda curta incidente, ficando esse valor em torno de 70% a 90% (Bernart Juanos et al., 1990). Os materiais plásticos também atuam como meio dispersor da radiação solar, aumentando a fração difusa no interior dos abrigos. Farias (1991) verificou que a radiação difusa no interior de uma estufa coberta com PEBD foi em média 52% maior do que a observada externamente. O mesmo autor comenta que a fração difusa correspondeu a 45% da radiação global interna.

Os filmes plásticos, por sua característica de impermeabilidade aos líquidos, em determinadas condições de temperatura e umidade do ar, tendem a condensar o vapor d’água no interior da estufa, reduzindo a transmissividade luminosa e térmica. Conforme Daponte (1987) e Gilby (1989), estima-se que entre 15% a 20% da luz incidente é perdida entre reflexão e absorção, devido à presença de gotas d’água condensadas na superfície interna da cobertura.

Os aspectos estruturais e de orientação do abrigo plástico também apresentam influência no fluxo de radiação solar no seu interior. O formato do teto, por exemplo, altera o ângulo de incidência com o qual os raios solares atingem a cobertura: quando esse ângulo é de 90°, a reflexão varia entre 20% e 30%. Contudo, a medida em que o ângulo é aumentado a reflexão também aumenta, chegando ao máximo quando o ângulo é de 180° (Beckett, c1981; Alpi & Tognoni, 1991). Assim, pode-se verificar que para reduzir ao máximo as perdas de luz, os raios solares devem atingir o teto do abrigo da forma mais perpendicular possível. Da mesma forma, estudos sobre a orientação geográfica de estufas tem evidenciado que a orientação leste-oeste é mais eficiente na transmissão da radiação solar, disponibilizando maiores quantidades de luz às plantas no interior dos abrigos (Harnett et al., 1979). Assis (1998) verificou que a transmissividade média ao longo do ano em uma estufa no sentido norte-sul foi de 65%, enquanto que no sentido leste-oeste esse valor foi de 74%. O mesmo autor verificou que, ao longo do dia, tanto no inverno quanto no verão, os valores máximos da radiação global no interior da estufa ocorreram entre as 11:00 e 13:00 horas, demonstrando a dependência do fluxo solar com a elevação solar.

Assim pode-se formular a hipótese de que, uma vez encontrado o material perfeito de cobertura, a estrutura teoricamente ideal seria aquela que pudesse manter o ângulo de incidência dos raios solares mais perpendiculares possíveis às suas paredes, favorecendo dessa forma a

transmissividade máxima teórica. Por analogia tal estrutura poderia ser denominada de “estufa girassol”.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no período de 29 de outubro à 10 de novembro de 1987 no Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), situada à 31°52'32'' de latitude Sul e 52°21'24'' de longitude Oeste, com altitude média de 13 metros acima do nível do mar. Segundo a classificação de Köepen, o clima da região é definido como Cfa, ou seja, clima temperado, de chuvas bem distribuídas e verão quente.

Os dados referentes à radiação solar foram coletados em uma estufa plástica tipo capela, construída com paus roliços de eucalipto, com 50 m de comprimento, 10 m de largura e 3,5 m de pé-direito (com 2 metros de altura nas paredes laterais), totalizando 500 m² de área e 1375 m³ de volume. A estrutura estava disposta no sentido norte-sul e o teto em “duas-águas” apresentava ângulos aproximados de 15° em ambos os lados. A ventilação era feita através das portas nas extremidades e por meio de janelas móveis, estendidas ao longo de toda a parede lateral em ambos os lados da estrutura. Como material de cobertura foi utilizado polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 0,10 mm (100μ) e aditivado contra raios ultravioletas.

Para a medida dos fluxos de radiação foram utilizados dois albedômetros da marca Philipp Schenk, modelo 8102, acoplados a um registrador de canal duplo do mesmo fabricante. Externamente foi instalado um albedômetro por sobre a região central da estrutura, aproximadamente a 1 metro de distância do plástico de cobertura. No interior da estufa plástica, na mesma posição que o aparelho externo, foi instalado o segundo albedômetro, também à 1 metro de distância do solo. Os dados foram registrados continuamente pelo equipamento ao longo do dia (das 6:00 horas às 18:00 horas), sendo os totais diários obtidos pela integração dos registros horários.

Foram coletados os dados de radiação solar global incidente e refletida sobre a cobertura plástica e no interior da estufa. A partir dos quais foram analisadas a transmissividade da estrutura e material de cobertura durante o período (%) e o albedo proporcionado no plástico de cobertura e no solo limpo no interior do abrigo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do período analisado, tanto a radiação incidente quanto a radiação transmitida apresentaram respostas semelhantes às variações climáticas exteriores (figura 1). Conforme dados

obtidos na Estação Agroclimatológica da EMBRAPA/UFPEL, situada no Campus da UFPEL, nos dias 4 e 5 ocorreram precipitações pluviométricas de 11,7 e 12,4 mm respectivamente, associadas com máxima nebulosidade e zero horas de insolação. No dia 8, embora a precipitação tenha sido de apenas 1 mm, o índice de nebulosidade foi de 3,7 numa escala máxima de 10 e a insolação não foi superior à 8,9 horas. Essas variações climáticas justificam a brusca mudança de comportamento da radiação incidente e transmitida nos dias 4, 5 e 8 de novembro em comparação aos demais dias.

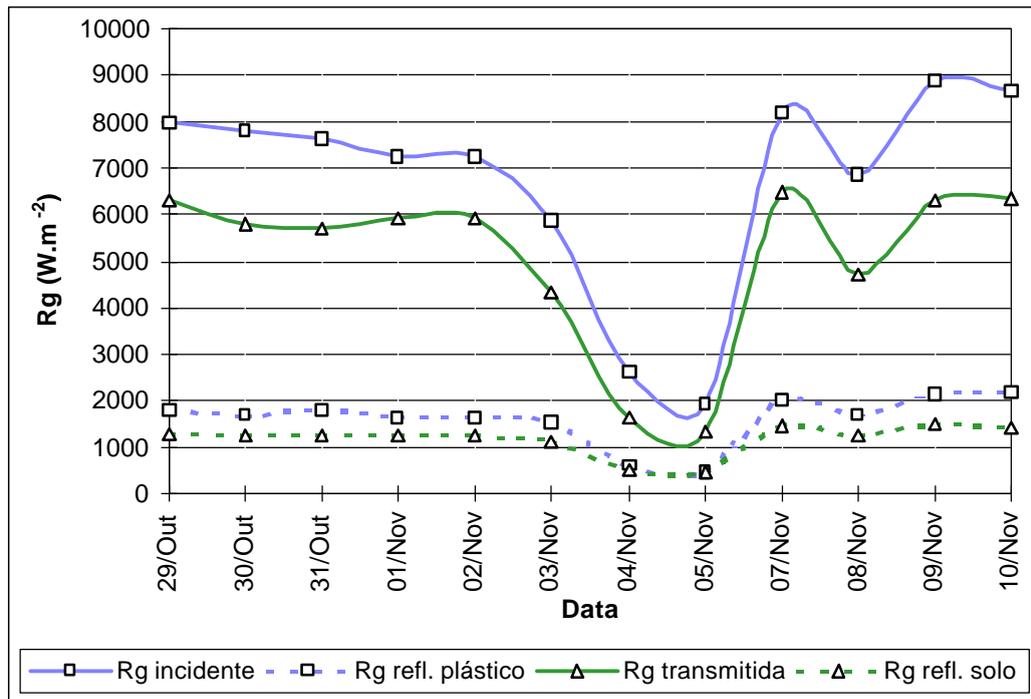


FIGURA 1 - Valores diários intergradados da radiação global (Rg) incidente, refletida (refl.) sobre o plástico, transmitida e refletida pelo solo no interior de estufa plástica tipo capela, entre 29 de outubro e 10 de novembro de 1987. UFPEL, Pelotas, RS.

Durante esse período, a transmissividade diária da cobertura plástica da estufa à radiação solar incidente variou entre 81,7% (dia 1º) e 61,9% (dia 4), ficando em média ao redor de 75%. Para os valores médios horários ao longo do dia, a maior transmissividade (83,3%) ocorreu às 12:00 horas, comprovando sua dependência com o ângulo de elevação solar.

Pela figura 1 também se percebe que a radiação refletida pelo plástico de cobertura e pelo solo no interior da estufa mostraram-se bem menos sensíveis às variações climáticas exteriores. Não obstante, mesmo a reflexão do filme de cobertura ao longo do período tendo sido em média 36% superior à reflexão do solo, durante os dias 4 e 5 de novembro os valores nos dois ambientes praticamente se igualaram. Esse fato que pode estar associado aos elevados valores de radiação difusa exterior verificados nos dias com alta nebulosidade.

A análise da integração dos valores médios horários (figura 2) mostra que aproximadamente 81% da radiação solar diária incidente ocorreu até às 14:00 horas. Entre às 10:00 e 14:00 horas a estufa recebeu cerca de 50,1% da radiação global diária, a radiação transmitida foi de 52,9%, enquanto a radiação refletida sobre o plástico de cobertura e refletida pelo solo no interior da estufa foram de 40,5% e 45,5% respectivamente. Esse fato revela-se importante uma vez que qualquer tentativa de manejo visando um melhor efeito estufa deveria ser feito até às 14:00 horas, sendo que após esse horário qualquer esforço poderia ser pouco eficiente.

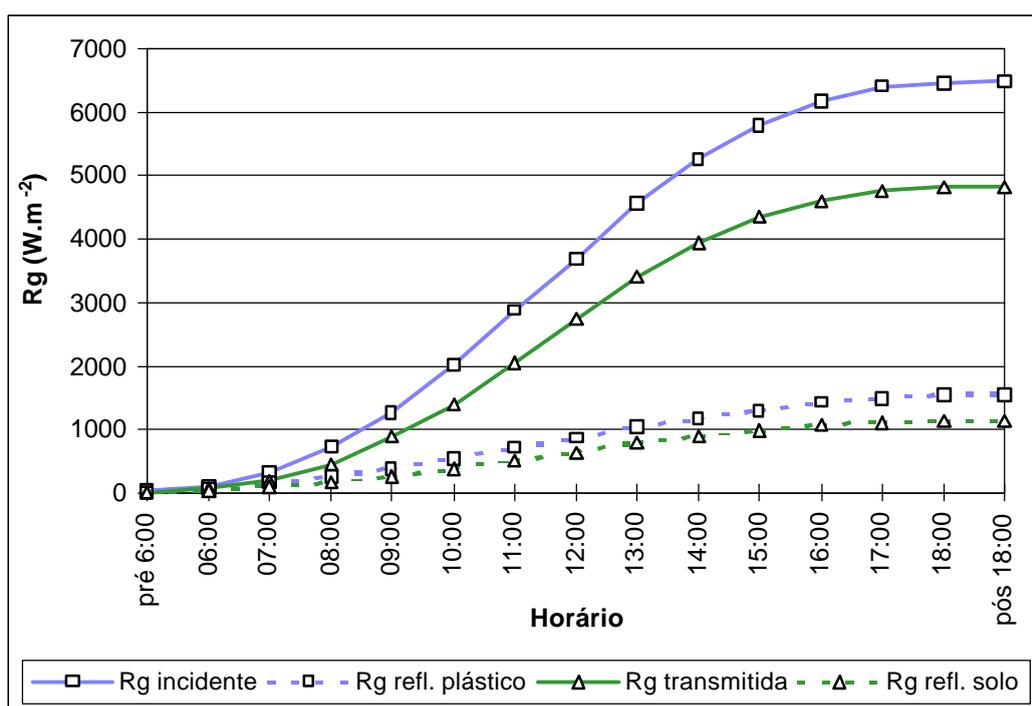


FIGURA 2 - Valores médios horários integrados da radiação global (Rg) incidente, refletida (refl.) sobre o plástico, transmitida e refletida pelo solo e plantas, em estufa plástica tipo capela. 29/out a 10/nov de 1987. UFPEL, Pelotas, RS.

Durante o período de observação, o albedo médio diário do plástico de cobertura nos dias ensolarados foi levemente superior ao do solo no interior da estufa plástica (figura 3). Não obstante, nos dias de ocorrência de chuva e de baixa insolação (4, 5 e 8 de novembro) o albedo do solo foi superior ao do plástico de cobertura. Provavelmente a baixa disponibilidade de luz no interior da estufa nesses dias propiciou uma relação entre a radiação refletida e a radiação global incidente maior do que a verificada na superfície do plástico de cobertura.

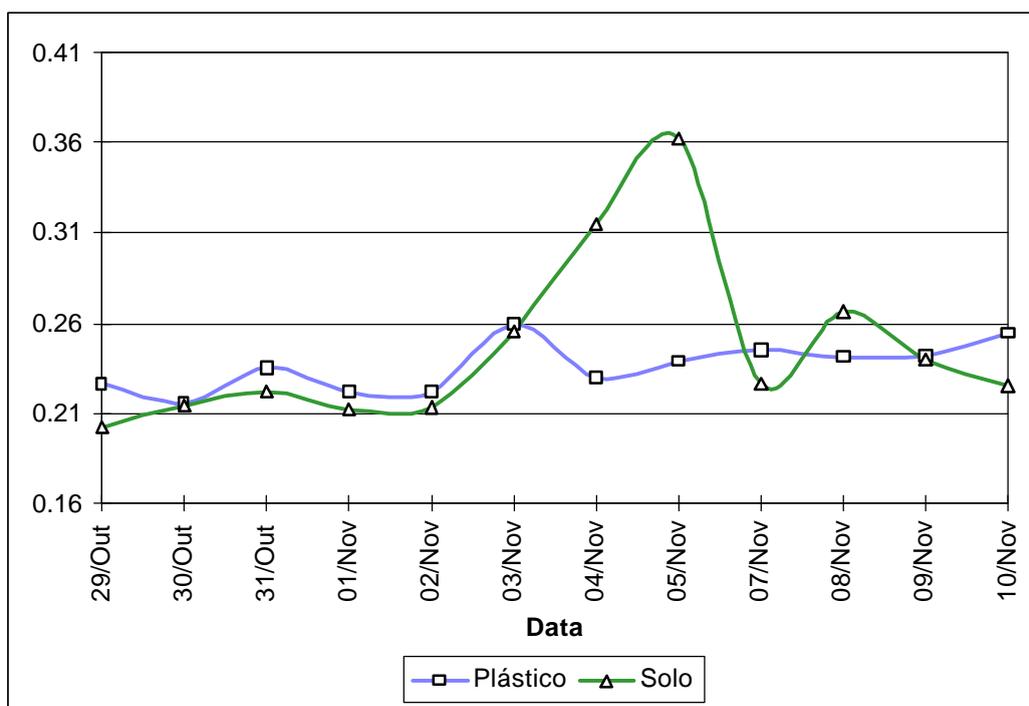


FIGURA 3 - Albedo médio do plástico de cobertura e do conjunto solo/planta ao longo, em estufa plástica tipo capela, entre 29 de outubro e 10 de novembro de 1987. UFPEL, Pelotas, RS.

Ao longo do dia os maiores valores do albedo médio horário foram encontrados no início e no final do dia e os valores menores próximos às 12:00 horas, tanto sobre o plástico quanto dentro do abrigo. Nas horas do dia de maior elevação solar o albedo nas duas posições medidas apresentaram valores semelhantes, porém no início e final do dia o albedo sobre o plástico foi superior ao do solo no interior da estufa. Nesses momentos do dia os raios solares atingem a cobertura plástica de forma mais oblíqua favorecendo a alta reflexão do material. Da mesma forma a condensação de água na face interna do filme plástico poderia ser responsável por perdas luz no interior da estufa.

CONCLUSÃO

As condições climáticas exteriores e as características do filme plástico utilizado como cobertura afetaram significativamente os valores da radiação solar transmitida, refletida e do albedo no interior de estufas plásticas. Em média, cerca de 81% da radiação solar global diária foi atingida até às 14:00 horas, sendo que aproximadamente 50% ficou compreendida entre as 10:00 e as 14:00 horas. Os maiores valores do albedo ocorreram nas primeiras horas da manhã e nos momentos

finais da tarde devido à alta reflexão causada pela condensação de água aderida na parede interna do filme plástico e pela baixa elevação solar.

BIBLIOGRAFIA

- ALPI, A., TOGNONI, F. *Cultivo en invernadero*. Madrid: Mundi-Prensa, 3 ed. 347 p. 1991.
- ASSIS, S.V. de. *Radiação solar global, difusa e albedo em estufas de polietileno, nas orientações norte-sul e leste-oeste*. Botucatu: UNESP. 109 p. 1998. Tese de doutorado em Agronomia.
- BECKETT, K.A. *Culturas em abrigo*. Lisboa: Euro-América. 244 p. c1981 (Coleção Euroagro).
- BERNART JUANOS, C., ANDRÉS VITORIA, J.J., MARTINEZ ROS, J. *Invernaderos: construcción, manejo y rentabilidad*. Barcelona: Editorial Aedos. 195 p. 1990.
- CASTILLA, N. Bioproductividad de las hortalizas en cultivo protegido. In: FORO INTERNACIONAL DE CULTIVO PROTEGIDO, 1997, Botucatu. *Anais...* Botucatu: UNESP/FAPESP. p.1-30. 1997.
- DAPONTE, T. Experiences with anti-fog heatscreens in heated glass greenhouses. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON PLASTICS IN AGRICULTURE, 10., 1987, Budapest. *Resumos...* Budapest. p.6-7. 1987.
- FARIAS, J.R.B. *Respostas do feijão-de-vagem à disponibilidade hídrica associada a alterações micrometeorológicas em estufa plástica*. Porto Alegre: UFRGS. 177 p. 1991. Tese de doutorado em Fitotecnia.
- GILBY, G.W. Progrès des films pour couverture de serre. *Plasticulture*. Paris, v.1, n.81, p.19-28. 1989.
- HARNETT, R.F., SIMS, T.V., BOWMAN, G.E. Comparison of glasshouse types and their orientation. *Experimental Horticulturae*, v.31. p.59-66. 1979.
- SEEMANN, J. Greenhouse climate. In: AGROMETEOROLOGIA. Berlim: Springer-Verlag. p.165-178. 1979.