

# VARIAÇÃO ANUAL DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO SOLAR DIFUSA EM AMBIENTES COM DIFERENTES ORIENTAÇÕES

Emerson GALVANI<sup>1</sup>; João Francisco ESCOBEDO<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

A densidade de fluxo da radiação solar global apresenta níveis menores em condições de ambientes protegidos quando comparada àquela obtida externamente. Essa redução ocorre em função da reflexão e a absorção do material da cobertura (SEEMANN, 1979; KURATA, 1990), contudo a componente difusa pode ter seus valores acrescidos nesses ambientes (FARIA et al. 1993) devido ao efeito dispersante do polietileno. Este efeito é bastante desejável uma vez que a radiação solar difusa é mais efetiva para a fotossíntese, pois é multidirecional e penetra melhor através do dossel da cultura, o que pode compensar, em parte, a opacidade do filme à radiação solar (MARTINEZ GARCIA, 1978; PRADOS, 1986).

Quando se objetiva o conhecimento de parâmetros físicos e agrometeorológicos, entre eles a irradiação difusa, em ambientes protegidos surge uma nova dificuldade: a orientação da estufa. É sabido que a quantidade de energia por unidade de área e tempo, é função, entre outros fatores, do ângulo de incidência da radiação solar sobre essa superfície. Assim, os ambientes protegidos orientados diferentemente apresentaram ao longo do ano quantidades de energia também diferentes, em função do movimento aparente do sol no sentido leste oeste, da variação da declinação solar ao longo do ano e do aspecto construtivo desse ambiente protegido. Essa variação da quantidade de energia propiciará alterações no balanço de radiação e energia, influenciando outros parâmetros como temperatura e umidade do ar e do solo.

O objetivo do presente trabalho é apresentar a variação anual dos níveis de irradiação difusa em condições de ambiente protegido com orientações, predominantemente, leste-oeste e norte-sul e em condição externa e mostrar a influência do polietileno na difusibilidade da radiação solar em diferentes condições de transmissividade atmosférica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido junto a Estação de Radiometria Solar da UNESP de Botucatu (latitude: 22°54'S, longitude: 48°27'W e, altitude de 786m). Um dos ambientes protegidos foi orientado, predominantemente, no sentido norte-sul geográfico e o outro em ângulo de 90° em relação a este, ou seja, no sentido leste-oeste. A característica construtiva de ambos os ambiente protegidos foram: tipo túnel, cobertura de polietileno de 100 µm de espessura, largura de 5,0 m e comprimento de 7,0 m e, altura no centro de 3,4 m.

A irradiância difusa foi monitorada com uso de três piranômetros. O método de medida da irradiação solar difusa foi o do anel de sombreamento com relação geométrica de 0,25 (BUREK et al, 1988). O diâmetro

do anel de sombreamento foi de 0,8 m e 0,1 m de largura, inclinado no sentido norte com ângulo igual a latitude do local ( $\phi = -22^{\circ} 54'$ ). A irradiância difusa foi corrigida em função do fator de correção citado por MELO & ESCOBEDO (1993).

$$F_c = \left(1 - \frac{X}{T}\right)^{-1} \quad (01)$$

$$\frac{X}{T} = \left[\frac{2.b}{\pi.R}\right].\cos(\delta).\left[\frac{\cos(\phi + \delta)}{\cos(\phi)}\right]^2 \int_0^{\omega} \cos(z).d\omega \quad (02)$$

Onde: b é a largura do anel (cm), R é o raio do anel (cm),  $\delta$  é a declinação solar (rad),  $\phi$  é a latitude do local (rad), z é o ângulo zenital (rad) e  $\omega$  o ângulo horário no pôr do sol (rad).

Na aquisição dos dados utilizou-se um coletor automático da Campbell, Inc., modelo 21X, operando na frequência de 1Hz, com médias armazenadas em intervalos de 5 minutos. O período de análise foi de 1 de janeiro a 31 de dezembro de 1996.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 mostra as médias mensais das irradiações difusa externa -  $H_{d,ext}$  - e em ambiente protegido com orientações leste-oeste -  $H_{d,L-O}$  - e norte-sul -  $H_{d,N-S}$  - durante o ano de 1996.

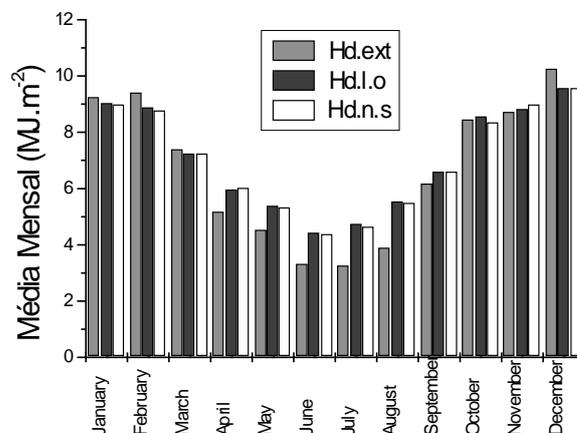


Figura 1: Valores médios mensais das irradiações difusa externa ( $H_{d,ext}$ ) e em ambiente protegido com orientação leste-oeste ( $H_{d,L-O}$ ) e norte-sul ( $H_{d,N-S}$ ).

A variação das irradiações difusa em ambiente protegida e externa segue em média a tendência da irradiação que incide no topo da atmosfera. Os máximos valores ocorreram durante o mês de dezembro com médias da ordem de 10,2 MJ m<sup>-2</sup> para o meio exterior e 9,5 MJ m<sup>-2</sup> para a condição de ambiente protegido em ambas as orientações (L-O e N-S). Os valores mínimos ocorreram nos meses de junho e julho com média de 3,3 MJ m<sup>-2</sup> para o meio

<sup>1</sup> Laboratório de Climatologia e Biogeografia, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. E-mail: galvani@usp.br

<sup>2</sup> Departamento de Recursos Naturais, FCA, UNESP, Botucatu, SP. E-mail: escobedo@fca.unesp.br

exterior e  $4,5 \text{ MJ m}^{-2}$  em média para os dois meses no ambiente protegido.

Observa-se ainda na figura 1 uma alternância da irradiação difusa entre os ambientes interno e externo em função da limpidez atmosférica. Quando o sol declinou no hemisfério sul (primavera/verão) a irradiação difusa externa é igual ou maior as irradiações difusas interna em ambas orientações (L-O e N-S), e quando o sol declinou para o hemisfério norte (outono/inverno) a irradiação difusa externa foi menor do que a irradiação difusa no meio interna. Tal fato ocorre porque durante o período de primavera e verão os valores da razão de insolação locais são baixos, o que caracteriza elevado nível de irradiação difusa e baixo nível de irradiação direta. No período de outono e inverno a razão de insolação é alta e, portanto, baixo nível de irradiação difusa e elevado de irradiação direta.

No período de baixa nebulosidade ou elevados valores de razão de insolação (outono e inverno), a componente direta apresenta-se proporcionalmente maior do que a difusa e na interação com a cobertura de polietileno observa-se um fracionamento maior da irradiação direta, transformando-a em componente difusa, o que pode ser observado nos meses de abril a agosto com valores energéticos superiores ao meio externo. Por outro lado, elevados valores de nebulosidade (primavera e verão) condicionam valores de irradiação direta proporcionalmente menores que a difusa. Na interação o polietileno tem seus efeitos diminuídos participando somente na absorção da irradiação e muito pouco na difusão, mantendo-se, assim os níveis de irradiação difusa interna menores ou iguais do que os externos, como podemos observar nos meses de setembro a março.

**Tabela 1:** Valores médios mensais da irradiação solar difusa externa ( $H_{d_{ext}}$ ) e em ambiente protegido com orientação leste-oeste ( $H_{d_{L-O}}$ ) e norte-sul ( $H_{d_{N-S}}$ ).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M
Ext	9,2	9,4	7,4	5,2	4,5	3,3	3,3	3,9	6,2	8,5	8,7	10,2	6,7 <sup>a</sup>
L-O	9,1	8,9	7,3	6,0	5,4	4,4	4,7	5,6	6,6	8,6	8,8	9,5	7,1 <sup>a</sup>
N-S	9,0	8,7	7,2	6,0	5,3	4,4	4,7	5,5	6,6	8,4	9,0	9,5	7,0 <sup>a</sup>

\* Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste t em nível de 95% probabilidade.

Entre os ambientes protegidos com orientações leste-oeste e norte-sul não se observaram diferenças estatísticas significativas nas irradiações difusa médias, estando as diferenças dentro da margem de erro dos equipamentos utilizados nas medidas. A comparação entre os valores médios para as condições de ambiente protegido e externo também não apresentou diferenças significativas (Tabela 01).

## CONCLUSÕES

Para as condições climáticas e de aspectos construtivos dos ambientes protegidos utilizados neste trabalho pode-se concluir que:

\* A difusibilidade do polietileno a componente de irradiação solar difusa é mais acentuada nos meses que compreendem a estação de outono-inverno;

\* O uso de polietileno nos meses de primavera-verão com a finalidade de aumentar a fração da irradiação difusa pode não apresentar os resultados esperados recomendando-se para esta finalidade o uso de filmes de polietileno difusores de luz.

**Agradecimentos:** O primeiro agradece a FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo, Brasil) por intermédio dos processos de números 96/08974-7.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUREK, S.A.M., NORTON, B., PROBERT, S.D. Analytical and experimental methods for shadow-band correction factors for solarimeters on inclined planes under isotropically diffuse and overcast skies. **Solar Energy**, v.40, n.2, p.151-160, 1988.
- FARIA, J.R.B., BERGAMASCHI, H., MARTINS, S.R., BERLATO, M.A. Efeito de cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.1, n.1, p.31-36, 1993.
- KURATA, K. Role of reflection in light transmissivity of greenhouse. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.52, p.319-331, 1990.
- MARTINEZ GARCIA, P.F. **Características climáticas de los invernaderos plásticos**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias – INIA, 1978, 43p. Hoja Técnica, 19.
- MELO, J.M.D. de, ESCOBEDO, J.F. Radiações global, direta e difusa em dias de céu aberto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, Ilhéus, 1993. **Anais...** Ilhéus, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993, p. 751-765.
- PRADOS, N.C. **Contribución al estudio de los cultivos enarenados en Almeria: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno**. Almeria, 1986, 195p. Tesis (Doutorado em Fitotecnia), Caja Rural Provincial, Almeria, 1986.
- SEEMANN, J. Greenhouse Climate. In: Seemann, J. et al., **Agrometeorology**. Berlin Heidelberg, Germany: Springer-Verlag. 1979, p. 165-178.