

## Análise sazonal das radiações global, difusa e direta dos espectros total e infravermelho

Taiza Juliana Rossi<sup>1</sup>; Eduardo Nardini Gomes<sup>2</sup>; João Francisco Escobedo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Ciências biológicas, IB-UNESP

<sup>2</sup> Campus Experimental de Registro/SP/Brasil

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Rural, FCA/ UNESP/Botucatu

**RESUMO:** É descrito no trabalho a análise sazonal das radiações do espectro total: global ( $H_G^d$ ), difusa ( $H_d^d$ ) e direta ( $H_D^d$ ) e das radiações infravermelho: global ( $H_{GIV}^d$ ), difusa ( $H_{dIV}^d$ ) e direta ( $H_{DIV}^d$ ), medida no período de 2003 a 2006. Foi utilizado nas medidas das duas radiações global, piranômetros da Eppley, sem e com filtro seletivo, respectivamente, enquanto que nas medidas das duas radiações difusas, piranômetros da Eppley, sem e com filtro seletivo, ambas com anéis de sombreamento. Os valores médios das radiações e frações por estação do ano foram:

- valores de  $H_G^d$  e  $H_{GIV}^d$ : primavera  $H_G^d = 21,2 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{GIV}^d = 9,6 \text{ MJ/m}^2$ ; verão  $H_G^d = 21,1 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{GIV}^d = 9,4 \text{ MJ/m}^2$ ; outono  $H_G^d = 16,1 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{GIV}^d = 7,6 \text{ MJ/m}^2$ ; inverno  $H_G^d = 16,5 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{GIV}^d = 7,9 \text{ MJ/m}^2$ ;

- valores de  $H_d^d$  e  $H_{dIV}^d$ : primavera  $H_d^d = 8,5 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{dIV}^d = 3,3 \text{ MJ/m}^2$ ; verão  $H_d^d = 8,3 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{dIV}^d = 3,1 \text{ MJ/m}^2$ ; outono  $H_d^d = 4,2 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{dIV}^d = 1,3 \text{ MJ/m}^2$ ; inverno  $H_d^d = 4,1 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{dIV}^d = 1,2 \text{ MJ/m}^2$ ;

- valores de  $H_D^d$  e  $H_{DIV}^d$ : primavera  $H_D^d = 12,6 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{DIV}^d = 6,3 \text{ MJ/m}^2$ ; verão  $H_D^d = 12,8 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{DIV}^d = 6,3 \text{ MJ/m}^2$ ; outono  $H_D^d = 11,9 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{DIV}^d = 6,3 \text{ MJ/m}^2$ ; inverno  $H_D^d = 12,4 \text{ MJ/m}^2$  e  $H_{DIV}^d = 6,7 \text{ MJ/m}^2$ .

- valores de  $K_{GIV}^d$ : primavera  $K_{GIV}^d = 0,45$ ; verão  $K_{GIV}^d = 0,44$ ; outono  $K_{GIV}^d = 0,47$ ; inverno  $K_{GIV}^d = 0,48$ .

-  $K_{dIV}$ : primavera  $K_{dIV}^d = 0,36$ ; verão  $K_{dIV}^d = 0,36$ ; outono  $K_{dIV}^d = 0,26$ ; inverno  $K_{dIV}^d = 0,24$ .

- valores de  $K_{DIV}^d$ : primavera  $K_{DIV}^d = 0,50$ ; verão  $K_{DIV}^d = 0,49$ ; outono  $K_{DIV}^d = 0,53$ ; inverno  $K_{DIV}^d = 0,55$ .

Os efeitos de atenuação por absorção e espalhamento por nuvens, vapor de água e aerossóis na atenuação das três radiações do espectro total e IV são, praticamente, iguais entre primavera e verão, e entre outono e Inverno

**PALAVRAS-CHAVE:** radiação infravermelha, modelos de estimativa, radiações global e difusa.

### Seasonal analysis of the global, diffuse and direct radiation from the total and infrared spectra

**ABSTRACT.** The study describes the seasonal analysis of the total spectrum radiation: global ( $H_G^d$ ), diffuse ( $H_d^d$ ) and direct ( $H_D^d$ ); and the near-infrared radiation: global ( $H_{GNIR}^d$ ), diffuse ( $H_{dNIR}^d$ ) and direct ( $H_{DIV}^d$ ), measured from 2003 to 2006. For measuring the two kinds of global radiation, Eppley pyranometers with and without selective filter, respectively, were used, while for the two kinds of diffuse radiation, Eppley pyranometers without and with selective filters and both with shadow rings were used. Mean values and fractions of radiation per season of the year were as follows:

- Values of  $H_G^d$  and  $H_{GNIR}^d$ : spring  $H_G^d = 21.2 \text{ MJ/m}^2$  and  $H_{GNIR}^d = 9.6 \text{ MJ/m}^2$ ; summer  $H_G^d = 21.1 \text{ MJ/m}^2$  and  $H_{GNIR}^d = 9.4 \text{ MJ/m}^2$ ; autumn  $H_G^d = 16.1 \text{ MJ/m}^2$  and  $H_{GNIR}^d = 7.6 \text{ MJ/m}^2$ ; winter  $H_G^d = 16.5 \text{ MJ/m}^2$  and  $H_{GNIR}^d = 7.9 \text{ MJ/m}^2$ ;

- values of  $H_d^d$  and  $H_{dNIR}^d$ : spring  $H_d^d = 8.5 \text{ MJ/m}^2$  and  $H_{dNIR}^d = 3.3 \text{ MJ/m}^2$ ; summer  $H_d^d = 8.3 \text{ MJ/m}^2$  and  $H_{dNIR}^d = 3.1 \text{ MJ/m}^2$ ; autumn  $H_d^d = 4.2 \text{ MJ/m}^2$  and  $H_{dNIR}^d = 1.3 \text{ MJ/m}^2$ ; winter  $H_d^d = 4.1 \text{ MJ/m}^2$  and  $H_{dNIR}^d = 1.2 \text{ MJ/m}^2$ ;

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

- values of  $H_D^d$  and  $H_{DNIR}^d$  : Spring  $H_D^d = 12.6\text{MJ/m}^2$  and  $H_{DNIR}^d = 6.3\text{MJ/m}^2$ ; summer  $H_D^d = 12.8\text{MJ/m}^2$  and  $H_{DNIR}^d = 6.3\text{MJ/m}^2$ ; autumn  $H_D^d = 11.9\text{MJ/m}^2$  and  $H_{DNIR}^d = 6.3\text{MJ/m}^2$ ; winter  $H_D^d = 12.4\text{MJ/m}^2$  and  $H_{DNIR}^d = 6.7\text{MJ/m}^2$ ;
- Values of  $K_{GNIR}^d$ : spring  $K_{GNIR}^d = 0.45$ ; summer  $K_{GNIR}^d = 0.44$ ; autumn  $K_{GNIR}^d = 0.47$ ; winter  $K_{GNIR}^d = 0.48$ .
- $K_{dNIR}$  : spring  $K_{dNIR}^d = 0.36$ , summer  $K_{dNIR}^d = 0.36$ ; autumn  $K_{dNIR}^d = 0.26$ ; winter  $K_{dNIR}^d = 0.24$ .
- Values of  $K_{DNIR}^d$ : spring  $K_{DNIR}^d = 0.50$ , summer  $K_{DNIR}^d = 0.49$ ; autumn  $K_{DNIR}^d = 0.53$ ; winter  $K_{DNIR}^d = 0.55$ .

The scattering and absorption attenuation effects by clouds, water vapour and aerosol on the three kinds of radiation from the total and infrared spectra are almost similar between spring and summer, and between autumn and winter.

**KEYWORDS:** Infrared radiation, estimation model, global and diffuse radiation.

## INTRODUÇÃO

O conhecimento sobre as relações entre a radiação solar Global (0, 285 $\mu\text{m}$  a 3,0 $\mu\text{m}$ ) e a radiações solares espectrais: ultravioleta-UV de 0, 285 $\mu\text{m}$  a 0,385 $\mu\text{m}$ , fotossinteticamente ativa-PAR de 0,385-0,7 $\mu\text{m}$  e infravermelha-IV de 0,7 $\mu\text{m}$  – 3,0 $\mu\text{m}$  por meio de medidas (séries temporal e espacial) ou por modelos de estimativas, é importante para muitas áreas científicas e tecnológicas. A literatura mostra que a grande maioria dos trabalhos com as radiações UV e PAR global vem de estudos com os modelos estatísticos, os quais são simples e precisos nas estimativas dessas radiações para locais específicos de origem dos modelos (Robaa S. M. 2004, Cañada J. et al 2003; Jacovides et al. 2007, Escobedo et al., 2009 e 2011). Com as radiações UV difusa e PAR difusa existe pouco trabalhos com medidas e modelos e portanto, há necessidade de mais estudos com essas duas radiações.

Com as radiações IV global ou IV difusa existem poucas informações na superfície terrestre por meio de medidas ou modelos. Resultados recentes mostram que a fração IV na global constitui o percentual entre 46,9% a 51,0% como mostram os trabalhos de Escobedo et al. (2011) em Botucatu no Brasil; Zhang (2000) em Lhasa na China e Bolsenga (1997) em Thule na Groenlândia. Com as radiações IV difusa e IV direta não há informações, de medidas ou modelos, disponíveis na literatura.

Com esse propósito a Estação de Radiometria Solar monitorou as radiações global e difusa do espectro total e IV no período de 2003 a 2006 em Botucatu/SP/Brasil. Neste trabalho é apresentada uma análise sazonal estatística e climática das medidas onde são apresentados os valores médios das radiações do espectro total: global( $H_G^d$ ), difusa( $H_d^d$ ) e direta( $H_D^d$ ) e das radiações infravermelho: global( $H_{GIV}^d$ ), difusa( $H_{dIV}^d$ ) e direta( $H_{DIV}^d$ ) bem como das frações  $K_{GIV} = (H_{GIV}^d / H_G^d)$ ,  $K_{dIV} = H_{dIV}^d / H_d^d$  e  $K_{DIV} = (H_{DIV}^d / H_D^d)$  período de 2003 a 2006

## MATERIAIS E MÉTODOS

As medidas foram realizadas nos anos de 2003 a 2006, na Estação de Radiometria Solar de Botucatu-SP da UNESP na seguinte coordenada geográfica : latitude de 22°54' S, longitude de 48°27' W e altitude de 786 m. O clima local é temperado quente (mesotérmico), o verão é quente e úmido, e o inverno é seco. As irradiâncias global do espectro total e infra-vermelho ( $I_G^d$  e  $I_{GIV}^d$ ) foram medidas por dois piranômetros Eppley PSP com cúpulas de transmissividade nos comprimentos de onda de 0,285 a 3,0 $\mu\text{m}$  e 0,70 a 3,0 $\mu\text{m}$  respectivamente. As irradiâncias difusas ( $I_d^d$  e  $I_{dIV}^d$ ) foram monitoradas por dois piranômetros Eppley PSP com cúpulas de transmissividade nos comprimentos de onda de 0,285 a 3,0 $\mu\text{m}$

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

e 0,70 a 3,0um respectivamente, utilizando anéis de sombreamento tipo **MEO** (Melo e Escobedo, 1994) com as seguintes especificações: 80cm de diâmetro, 10cm de largura e 1mm de espessura. A incerteza na medida da irradiâncias com piranômetros da Eppley foi de 4,1% (Reda, 2008). Na aquisição dos dados, utilizou-se um Datalogger Campbell 23X, operando na frequência de 1Hz e armazenando médias de 5 minutos. Os dados de irradiâncias passaram por um controle de qualidade e numa segunda etapa, foram processados as integrações das irradiações na partição diária (Chaves e Escobedo, 2000). As irradiações direta  $H_D^d$  e  $H_{DIV}^d$  foram obtidas pelo método indireto, ou seja, pela diferença entre as irradiações  $H_G$  e  $H_d$  ou  $H_{GIV}$  e  $H_{dIV}$  por meio da equação:

$$H_D = H_G - H_d \text{ ou } H_{DIV} = H_{GIV} - H_{dIV} \dots \quad (1)$$



**Figura(1)** piranômetros Eppley PSP medindo as radiações global e piranômetros Eppley PSP com anéis de sobreamento medindo as radiações difusa.

A radiação difusa medida pelo anel de sombreamento **MEO** neste trabalho passou primeiramente por um processo de correção isotrópico (FC), as quais fazem correções em função da geometria do anel de sombreamento, do local e dia. O fator de correção isotrópico (FC) usado para compensar as radiações difusas( total e IV) interceptadas pelo anel de sombreamento **MEO**, foi calculado por:

$$FC = [1 - (H'_d/H_d)]^{-1} \quad (2)$$

Onde  $H_d$  ou  $H_{dIV}$  são as radiações difusas( total e IV), enquanto que  $H'_d$  ou  $H'_{dIV}$  são as radiações difusas( total e IV) interceptadas durante o dia pelo anel de sombreamento. A razão  $H'_d/H_d$  ou  $H'_{dIV}/H_{dIV}$  foram calculadas pela equação(2) proposta por Oliveira et al 2002 em função das dimensões do anel (largura e diâmetro) do dia(declinação solar) e local das medidas(latitude):

$$H'_d / H_d = \left( \frac{2b}{\pi R} \right) \cos(\delta) \left[ \frac{\cos(\phi + \delta)}{\cos(\phi)} \right]^2 \int_0^{\omega_p} \cos(z) d\omega \quad (3)$$

onde b e R são a largura e raio do anel,  $\delta$  é a declinação solar,  $\phi$  é a latitude, z é o ângulo zenital e  $\omega$  é o ângulo horário do sol, variando do nascer até o pôr do sol.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução temporal das  $H_G^d$ ,  $H_d^d$  e  $H_D^d$  do espectro total e das  $H_{GIV}^d$ ,  $H_{dIV}^d$  e  $H_{DIV}^d$  do espectro IV, período de 2003 a 2006 (fig 2) é periódica anual e a sazonalidade é resultante das variações astronômica do sol (declinação solar) e climáticas (nuvens, vapor d'água e aerossóis) da atmosfera local. É evidente que os valores de  $H_{GIV}^d$ ,  $H_{dIV}^d$  e  $H_{DIV}^d$  são inferiores respectivamente aos valores de  $H_G^d$ ,  $H_d^d$  e  $H_D^d$

devido o espectro IV estar contido no espectro total. Em ambos os espectros, no geral os valores das radiações decrescem em seqüência: global, direta e difusa.

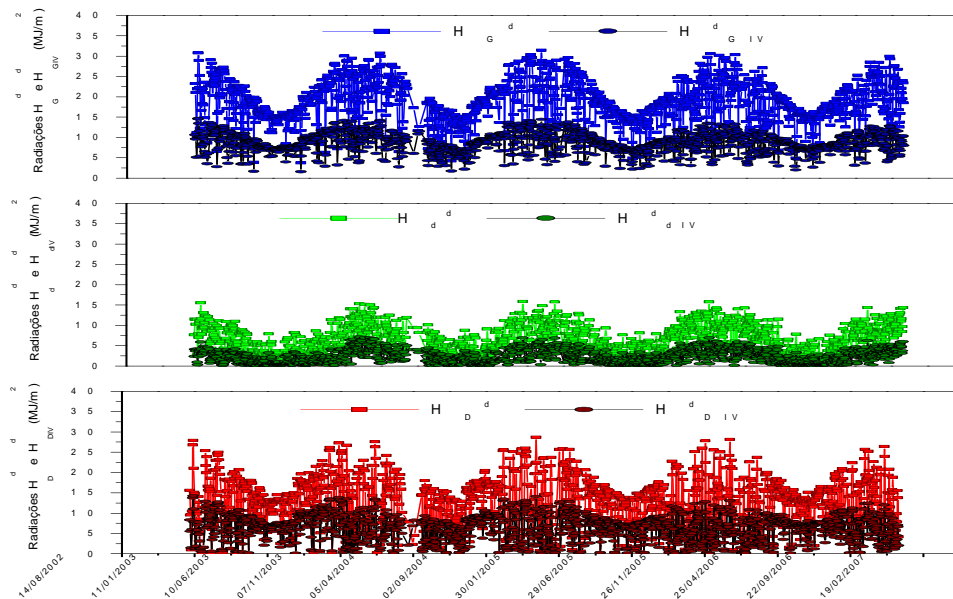


Figura (2) - Evolução das radiações global, direta e difusa diária do espectro total e IV

No período de 2003 a 2006, o valor de  $H_G^d$  variou de  $3,73\text{MJ/m}^2$  a  $31,4\text{MJ/m}^2$  com média geral de  $18,6\text{MJ/m}^2$  enquanto que o valor de  $H_{GIV}^d$  variou de  $1,56\text{MJ/m}^2$  a  $14,7\text{MJ/m}^2$  com média geral de  $18,6\text{MJ/m}^2$ . O valor de  $H_d^d$  variou de  $1,1\text{MJ/m}^2$  a  $15,9\text{MJ/m}^2$  com média geral de  $6,2\text{MJ/m}^2$ , enquanto que  $H_{dIV}^d$  variou de  $0,005\text{MJ/m}^2$  a  $7,0\text{MJ/m}^2$  com média geral de  $2,2\text{MJ/m}^2$ . O valor  $H_D^d$  variou de  $0,001\text{MJ/m}^2$  a  $28,70\text{MJ/m}^2$  com média geral de  $12,4\text{MJ/m}^2$ , enquanto que  $H_{DIV}^d$  variou de  $0,02\text{MJ/m}^2$  a  $14,2\text{MJ/m}^2$  com média geral de  $6,4\text{MJ/m}^2$ .

Os valores das  $H_G^d$ ,  $H_d^d$  e  $H_D^d$  e das  $H_{GIV}^d$ ,  $H_{dIV}^d$  e  $H_{DIV}^d$  são maiores no período chuvoso, primavera e verão, nas quais o sol declina mais próximo da latitude local e a atmosfera apresenta maiores concentrações de nuvens e vapor d'água no ano. Por outro lado, foram menores no período seco, outono e inverno, nas quais o sol declina mais distante da latitude local e a atmosfera possui as menores concentrações de nuvens e vapor d'água, e maior concentração de aerossóis. Os valores das  $H_G^d$ ,  $H_d^d$  e  $H_D^d$  e das  $H_{GIV}^d$ ,  $H_{dIV}^d$  e  $H_{DIV}^d$ , maiores na declinação sul, responsável pelo aumento nos valores das radiações, e na condição de maiores concentrações de nuvens e vapor de água na atmosfera, responsável pela diminuição nos valores das radiações, indicam que o efeito astronômico, é dominante sobre o efeito climático.

Os valores médios de  $H_G^d$ , e  $H_{GIV}^d$ , por estação do ano foram: primavera  $H_G^d = 21,2\text{MJ/m}^2$  e  $H_{GIV}^d = 9,6\text{MJ/m}^2$ ; verão  $H_G^d = 21,1\text{MJ/m}^2$  e  $H_{GIV}^d = 9,4\text{MJ/m}^2$ ; outono  $H_G^d = 16,1\text{MJ/m}^2$  e  $H_{GIV}^d = 7,6\text{MJ/m}^2$ ; inverno  $H_G^d = 16,5\text{MJ/m}^2$  e  $H_{GIV}^d = 7,9\text{MJ/m}^2$ ;

Os valores médios de  $H_d^d$  e  $H_{dIV}^d$ , por estação do ano foram: primavera  $H_d^d = 8,5\text{MJ/m}^2$  e  $H_{dIV}^d = 3,3\text{MJ/m}^2$ ; verão  $H_d^d = 8,3\text{MJ/m}^2$  e  $H_{dIV}^d = 3,1\text{MJ/m}^2$ ; outono  $H_d^d = 4,2\text{MJ/m}^2$  e  $H_{dIV}^d = 1,3\text{MJ/m}^2$ ; inverno  $H_d^d = 4,1\text{MJ/m}^2$  e  $H_{dIV}^d = 1,2\text{MJ/m}^2$ ;

Os valores médios de  $H_D^d$  e  $H_{DIV}^d$ , por estação do ano foram: primavera  $H_D^d = 12,6\text{MJ/m}^2$  e  $H_{DIV}^d = 6,3\text{MJ/m}^2$ ; verão  $H_D^d = 12,8\text{MJ/m}^2$  e  $H_{DIV}^d = 6,3\text{MJ/m}^2$ ; outono  $H_D^d = 11,9\text{MJ/m}^2$  e  $H_{DIV}^d = 6,3\text{MJ/m}^2$ ; inverno  $H_D^d = 12,4\text{MJ/m}^2$  e  $H_{DIV}^d = 6,7\text{MJ/m}^2$ .

Há uma acentuada simetria entre os valores das radiações do período úmido, entre primavera e verão, bem como do período seco, entre as estações outono e inverno. Os efeitos de absorção e espalhamento

***O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros***

por nuvens, vapor de água e aerossóis na atenuação das três radiações do espectro total e IV são praticamente iguais entre primavera e verão, e entre outono e Inverno.

A evolução temporal das frações  $K_{GIV} = (H_{GIV}^d / H_G^d)$ ,  $K_{dIV} = H_{dIV}^d / H_d^d$  e  $K_{DIV} = (H_{DIV}^d / H_D^d)$  período de 2003 a 2006 (fig 3) é periódica e a sazonalidade é resultante das variações climáticas (nuvens, vapor d'água e aerossóis) da atmosfera local. No período de 2003 a 2006, o valor de  $K_G^d$  variou de 0,35 a 0,525 com média geral de 0,46. O valor de  $K_d^d$  variou de 0,004 a 0,47 com média geral de 0,30. O valor  $K_D^d$  variou de de 0,30 a 0,65 com média geral de 0,519

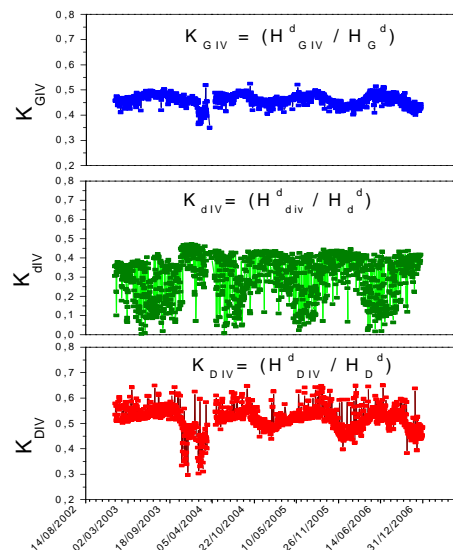


Figura (3)- Evolução das frações  $K_{GIV}^d$ ,  $K_{dIV}^d$  e  $K_{DIV}^d$  período de 2003 a 2006.

Os valores das  $K_{GIV}^d$  e  $K_{DIV}^d$  (fig 3) são menores no periodo chuvoso, primavera e verão, nas quais a atmosfera possui maiores concentrações de nuvens e vapor d'água no ano, e foram maiores no periodo seco, outono e inverno, nas quais a atmosfera possui as menores concentrações de nuvens e vapor d'água, e maior concentração de aerossóis.

Os valores médios de  $K_{GIV}^d$  por estação do ano foram: primavera  $K_{GIV}^d = 0,45$ ; verão  $K_{GIV}^d = 0,44$ ; outono  $K_{GIV}^d = 0,47$ ; inverno  $K_{GIV}^d = 0,48$ . Para  $K_{DIV}^d$  os valores foram: primavera  $K_{DIV}^d = 0,50$ ; verão  $K_{DIV}^d = 0,49$ ; outono  $K_{DIV}^d = 0,53$ ; inverno  $K_{DIV}^d = 0,55$ .

Os valores de  $K_{dIV}^d$  (fig 3) são maiores na primavera e verão, com maiores concentrações de nuvens e vapor d'água no ano, e foram menores no outono e inverno, em atmosferas com menores concentrações de nuvens e vapor d'água, e maior concentração de aerossóis. Os valores médios de  $K_{dIV}^d$  por estação do ano foram primavera  $K_{dIV}^d = 0,36$ ; verão  $K_{dIV}^d = 0,36$ ; outono  $K_{dIV}^d = 0,26$ ; inverno  $K_{dIV}^d = 0,24$ .

## CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos e discutidos neste trabalho pode-se concluir que as variações sazonais das radiações  $H_G^d$ ,  $H_d^d$  e  $H_D^d$  do espectro total e das radiações  $H_{GIV}^d$ ,  $H_{dIV}^d$  e  $H_{DIV}^d$  do espectro IV dependem das variações astronômicas e climáticas: são maiores na primavera e verão, condições atmosférica de maior nebulosidade e vapor de água, e são menores no outono e inverno, condição atmosférica de baixa concentrações de nuvens, vapor de água e alta concentração de aerossóis. As frações  $K_{GIV} = (H_{GIV}^d / H_G^d)$ ,  $K_{dIV} = H_{dIV}^d / H_d^d$  e  $K_{DIV} = (H_{DIV}^d / H_D^d)$  são resultantes das variações climáticas (nuvens, vapor d'água e aerossóis) da atmosfera local. Os valores das  $K_{GIV}^d$  e  $K_{DIV}^d$  são menores e  $K_{dIV}^d$  é maior na primavera e verão, enquanto que  $K_{GIV}^d$  e  $K_{DIV}^d$  foram maiores e  $K_{dIV}^d$  maior no outono e inverno.



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

**Agradecimentos FAPESP e CNPq pelo apoio financeiro.**



### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bolsenga S. J. Near Infrared Radiation in Northern Greenland. *Journal Applied Meteorology* 6, 449-451, 1997.

Cañada J., Pedros G., Bosca J. V. Relationships between UV (0.290-0.385 $\mu$ m) and broad band solar radiation hourly values in Valencia and Córdoba, Spain. *Energy* 28, 199-217, 2003.

Chaves M., Escobedo, J.F. A software to process daily solar radiation data. *Renewable Energy*, v19, n<sup>o</sup>1, p339-344, 2000.

Escobedo J. F., Gomes E., Oliveira A. P., Soares J. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. *Applied Energy* 86, 299-309, 2009.

Escobedo J. F., Gomes E. N., Oliveira A. P., Soares J. R. Ratios of UV, PAR and NIR components to global solar radiation measured at Botucatu site in Brazil. *Renewable Energy* 36, 169-178, 2011.

Jacovides C. P., Tymvios F. S., Assimakopoulos V. D. The dependence of global and diffuse PAR radiation components on sky conditions at Athens, Greece. *Agricultural and Forest Meteorology* 143, 277-87, 2007.

Melo, J.M.D.; Escobedo, J.F. Medida da radiação solar difusa. VII Congresso Ibérico de Energia Solar, Vigo, Espanha. *Anais do Internacional Solar Energy Society*, v.1, 1994.

Oliveira, A.P., Escobedo, J.F., Machado, A.J. A new shadow-ring device for measuring diffuse solar radiation at surface. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, Boston, v.5, p 698-708, 2002.

Reda, I.M.; Myers, D.R.; Stoffel, T.L. *Uncertainty Estimate for the Outdoor Calibration of Solar Pyranometers*: NCSLI Measure, *The Journal of Measurement Science*; 3(4), pp. 58-66, 2008.

Robaa S. M. A study of ultraviolet solar radiation at Cairo urban area, Egypt. *Solar Energy* 77, 251-59, 2004.

Zhang X., Zhang Y., Zhou Y. Measuring and modeling photosynthetically active radiation in Tibet Plateau during April-October. *Agricultural Meteorology* 102, 207-12, 2000.