

ESTIMATIVAS DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL E DA RADIAÇÃO PAR A PARTIR DE DADOS DE ILUMINÂNCIA OBTIDOS NO OBSERVATÓRIO ESPACIAL DO SUL

Brackmann, R. [1]; Fiorin, D. V. [1]; Schuch, N. J. [1]; Martins, F. R. [2]; Ceconi, M. [1]; Pereira, E. B. [2]; Guarnieri, R. A. [2].

[1] Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CIE/INPE – MCT, Caixa Postal 5021 – CEP 97110-970, Santa Maria – RS, Brasil, em parceria com o Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria – LACESM/CT – UFSM, no âmbito do Convênio: INPE – UFSM. (rodrigob, danielfiorin, njschuch, ceconi)@lacesm.ufsm.br.

[2] Divisão de Clima e Meio-Ambiente – DMA/CPTEC/INPE – MCT, Av. dos Astronautas 1758, 12227-010, São José dos Campos (SP), (12)3945-6738. fernando@dge.inpe.br, (eniobb, ricardog)@cptec.inpe.br.

ABSTRACT: The need to obtain information about the availability and variability of the solar energy resources to ensure its application as a possible solution for the today's energetic problems requires the development of energetic models to estimate solar parameters using reliable ground measurements. The work aims to develop and to validate four empirical models (PI, IPI, GI, IGI) to provide estimates of instant and daily integrals measurements of the Global Solar Radiation and of the Photosynthetically Active Radiation (PAR) with the use of Natural Illuminance data collected at the SONDA-SMS Station installed at the Southern Space Observatory – SSO/CRS/CIE/INPE-MCT, São Martinho da Serra, RS, Brazil. Part of the PAR and of the Global Solar Radiation data were analyzed as function of the Illuminance data, the empirical models were fitted by linear regression. The models' validation stage was made through calculation of the MBE and RMSE statistics deviations. The developed models showed good agreement with the measured values, with correlations greater than 0,99, and low statistics deviations: MBE about 0% and RMSE less than 5%.

INTRODUÇÃO

- A iluminância natural é a medida da quantidade de luz visível que incide sobre uma superfície unitária. Trata-se da grandeza física que se relaciona com a curva de resposta do olho humano ao espectro visível da radiação solar (400 – 700nm), sendo expressa em Lux.
- A radiação solar global consiste na energia proveniente do Sol em todas as faixas espectrais (ultravioleta, visível, infravermelho próximo, etc.).
- A radiação fotossinteticamente ativa (PAR), que compreende a faixa espectral da radiação solar em que ocorre a fotossíntese das plantas, é definida como o fluxo de fótons que atinge uma determinada área em um intervalo de tempo ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$).
- Este trabalho tem por objetivo desenvolver modelos empíricos que possibilitem a obtenção de estimativas de valores instantâneos e integrais diários de radiação solar global e radiação PAR a partir de medidas de iluminância natural coletadas no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE-MCT.

METODOLOGIA

- Os dados de irradiação PAR, iluminância e irradiação solar global foram coletados na estação de referência SONDA – SMS, localizada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE-MCT (Lat. 29,44°S, Lon. 53,82°O), em São Martinho da Serra, RS, Brasil, no período de Janeiro de 2006 a Dezembro de 2007.
- As medidas de radiação solar global e de iluminância foram efetuadas respectivamente pelos sensores Piranômetro CM 21 (Kipp & Zonen) e Luxímetro LUX LITE (Kipp & Zonen), enquanto que o sensor PAR LITE (Kipp & Zonen) foi utilizado para aquisição de dados de radiação PAR. Os sensores são visualizados na Figura 1.



Figura 1 – Sensores instalados na estação de referência SONDA-SMS, localizada no Observatório Espacial do Sul – OES/CRS/CIE/INPE-MCT, em São Martinho da Serra, RS, Brasil. (a) Piranômetro CM 21 (Kipp & Zonen); (b) Luxímetro LUX LITE (Kipp & Zonen); (c) sensor PAR LITE (Kipp & Zonen).

- As medidas de irradiação solar global (I) e irradiação PAR (I_{PAR}), coletadas no período de Janeiro de 2006 a Maio de 2007, foram plotadas em função dos dados de iluminância natural (I_{IL}), estabelecendo-se, através de análises de regressão linear, os respectivos modelos GI e PI.

- Os valores das integrais diárias de radiação solar (H) e radiação PAR (H_{PAR}) foram plotados em função dos valores das integrais diárias de iluminância natural (H_{IL}) gerando respectivamente os modelos IGI e IPI.

- Os dados referentes ao período de Junho a Dezembro de 2007 foram utilizados na validação dos modelos propostos, através do cálculo dos desvios estatísticos MBE (mean bias error) e RMSE (root mean square error).

RESULTADOS

- A dispersão dos dados de radiação PAR em função das medidas de iluminância são apresentadas nas Figuras (2) e (3). As figuras (4) e (5) representam o comportamento da radiação solar global em relação à iluminância natural. As equações que definem os modelos criados, as correlações entre as variáveis e os desvios estatísticos MBE e RMSE calculados são apresentadas na Tabela (1).

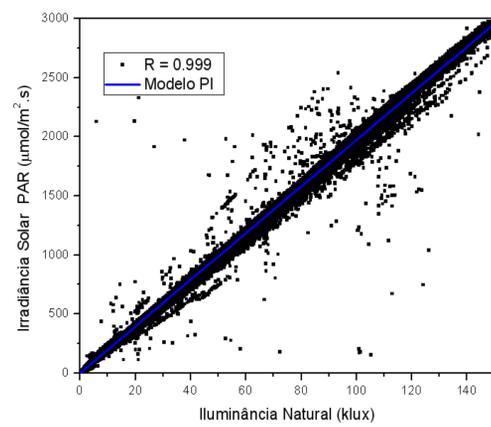


Figura 2 – Dispersão dos valores de irradiação PAR em função dos dados de iluminância.

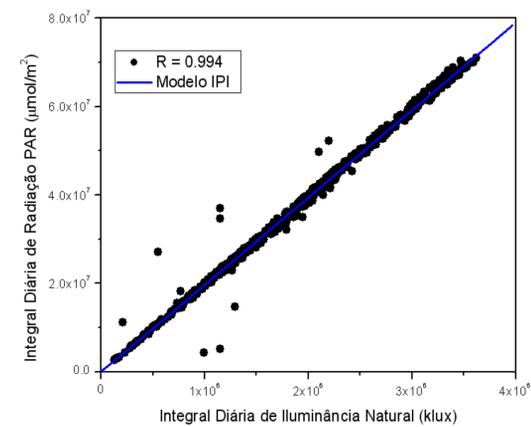


Figura 3 – Modelo IPI desenvolvido a partir da relação entre os valores das integrais diárias de radiação PAR e de Iluminância.

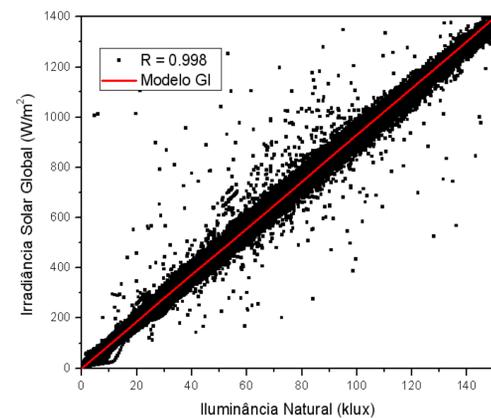


Figura 4 – Modelo GI obtido a partir da relação entre as medidas de irradiação solar global e de iluminância natural.

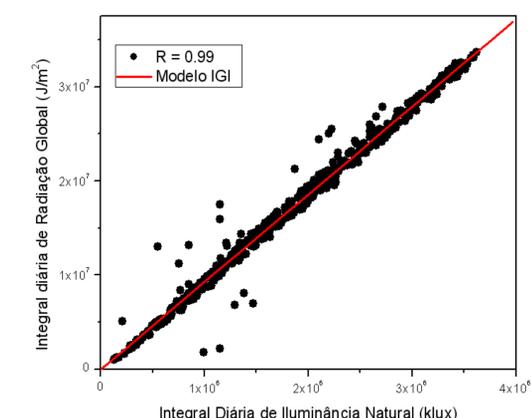


Figura 5 – Dispersão dos valores das integrais diárias de radiação global em função das integrais diárias de iluminância.

Tabela 1 – Modelos empíricos desenvolvidos através da utilização de dados obtidos no Observatório Espacial do Sul, com suas respectivas correlações e desvios estatísticos.

Modelo	Equação	R	MBE (%)	RMSE (%)
PI	$I_{PAR} = 19,733 \cdot I_{IL} - 0,713$	0,999	1,52	3,13
IPI	$H_{PAR} = 19,724 \cdot H_{IL} + 23074,533$	0,994	1,64	2,19
GI	$I = 9,295 \cdot I_{IL} + 0,26$	0,998	-0,6	4,83
IGI	$H = 9,302 \cdot H_{IL} - 12806,76$	0,990	-0,19	2,92

CONCLUSÃO

- Os modelos empíricos desenvolvidos apresentam excelente concordância com as medidas efetuadas na estação SONDA-SMS. Os desvios estatísticos são relativamente baixos e as correlações elevadas ($R \geq 0,99$), fornecendo boas estimativas de valores instantâneos e integrais diários da irradiação solar global e irradiação PAR a partir de medidas de Iluminância Natural.

- No desenvolvimento de novos trabalhos, será verificada a adequação destes modelos a medidas realizadas em outros sítios de coleta de dados, adicionalmente a série de dados será expandida a fim de aumentar a confiabilidade dos modelos.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP/MCT pelo financiamento do Projeto SONDA (Processo nº. 22.01.0569.00) e ao Programa PIBIC/INPE – CNPq/MCT pela aprovação do Projeto de Pesquisa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pereira, E. B., Martins, F.R., Abreu S. L., Rüther, R., **Atlas Brasileiro de Energia Solar**, São José dos Campos, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2006. (disponível em www.cptec.inpe.br/sonda/);
- Martins, F.R., Pereira, E.P., Longo, K. **Níveis de Iluminância do céu no alvorecer e no ocaso**. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza, 2004.