



ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE À SUPERFÍCIE TERRESTRE A PARTIR DE DADOS DE INSOLAÇÃO

PIETROS ANDRÉ BALBINO DOS SANTOS¹, WEZER LISMAR MIRANDA², ³PAULO HENRIQUE FERNANDES FIGUEIREDO, ⁴LUCAS CENTURION, ⁵WESLEY RICHARD SOLER, ⁶LUIZ GONSAGA DE CARVALHO.

¹Graduando em Engenharia Agrícola, Depto.de Engenharia -DEG Universidade Federal de Lavras/UFLA, Lavras-MG, Fone:(0XX35) 9987-8638 – pabalbino@hotmail.com.

² Engº. Agrícola, Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Depto. de Engenharia, UFLA/Lavras - MG

³Graduando em Engenharia Agrícola, 7º período, UFLA/Lavras-MG

⁴Graduando em Engenharia Agrícola, 8º período, UFLA/Lavras-MG

⁵Graduando em Agronomia, 7º período, UFLA/ Lavras-MG

⁶ Engenheiro Agrícola, Professor Dr., Departamento de Engenharia Agrícola, UFLA/Lavras- MG

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém-PA.

RESUMO: O número de estações meteorológicas que registram o fluxo de radiação solar incidente à superfície terrestre (R_s) é bastante limitado, isto se deve ao fato de os aparelhos utilizados apresentarem custo relativamente alto. Assim, objetivou-se com este trabalho estimar valores de R_s a partir de dados de insolação diária. Os dados de insolação diária, em horas, foram coletados na Estação Climatológica Principal de Lavras (ECP-INMET/UFLA), os dados de fluxo de R_s , em $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$, para comparação com a estimativa, foram coletados na estação meteorológica automática do INPE e a R_s estimada foi obtida usando o modelo de Angström-Preseott com parâmetros “a” e “b” sugeridos por Allen et al., (1998) e Dantas et al., (2003). Os resultados obtidos mostraram que dados de insolação diária podem ser usados para estimar a radiação solar global, pois o coeficiente de determinação foi relativamente alto, 0,886. Observou-se que não houve diferença significativa nos valores de radiação estimados com os parâmetros “a” e “b” sugeridos.

PALAVRAS-CHAVE: Heliógrafo, radiômetro, regressão linear.

ESTIMATE OF THE INCIDENT SOLAR RADIATION AT THE EARTH'S SURFACE FROM DATA OF INSOLATION

ABSTRACT: The number of meteorologic stations that record the flow of incoming solar radiation at the surface (R_s) is very limited, this is due to the fact that the devices used present relatively high cost. Thus, the aim of this study was to estimate R_s values from data daily insolation. Daily insolation data, in hours, were collected in the Principal Climatological Station Lavras (ECP-INMET/UFLA), the data flow of R_s in $\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$, for comparison with the estimate, were collected in automatic weather station and the INPE estimated R_s was obtained using the Angstrom-Preseott model with parameters "a" and "b" suggested by Allen





et al., (1998) and Dantas et al., (2003). The results showed that daily insolation data can be used to estimate the global solar radiation, because the coefficient of determination was relatively high, 0.886. It was observed that there was no significant difference in radiation values estimated with the parameters "a" and "b" suggested.

KEY WORDS: Heliograph, radiometer, linear regression

INTRODUÇÃO

A radiação solar dentre várias funcionalidades apresenta uma real importância na elaboração de projetos de irrigação, produção agrícola, aproveitamento de energia e conservação de alimentos. A radiação solar é a principal fonte de energia que incide sobre a superfície terrestre e é responsável pelos processos relacionados ao ambiente, sendo ele físico ou biológico como, aquecimento e resfriamento do ar e solo e afetando a transferência de calor por meio da evaporação e transpiração (SPOKAS & FORCELLA, 2006). Entretanto, a medição e registro da radiação solar incidente à superfície terrestre (R_s) são realizados com o uso de piranômetros que são aparelhos de preços relativamente altos, e necessita de freqüente manutenção, pessoal habilitado e registradores ou sistemas de aquisição, encarecendo o sistema. Devido a isto existem poucas estações climatológicas que realizam a medição e registro destes dados. Nas estações climatológicas principais da rede de observações meteorológicas do INMET, o heliógrafo, registra a insolação diária que é a parte da energia solar representada pelas horas do dia que o disco solar permanece visível à superfície terrestre, em local com horizonte desobstruído (VAREJÃO-SILVA, 2001) e essa insolação apresenta uma relação com a radiação e foram desenvolvidos modelos estatísticos que estimam a radiação a partir da insolação diária, destacando-se o modelo de Angström-Prezcott (TUBELIS e NASCIMENTO, 1980). Assim, com este trabalho objetivou-se estimar a R_s com o uso do modelo de Angström-Prezcott a partir de dados de insolação, para verificar a precisão do método e dos diferentes valores dos parâmetros da equação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de insolação diária (n), em horas, para o desenvolvimento do presente trabalho foram os observados na Estação Climatológica Principal do Instituto Nacional de Meteorologia - convênio (INMET/UFLA). Os dados de radiação solar incidente à superfície terrestre (R_s), em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, foram obtidos da Estação Meteorológica Automática pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Ambas as estações estão localizadas no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras-MG com as seguintes coordenadas geográficas: latitude $21^{\circ}14' \text{ S}$; longitude $45^{\circ}00' \text{ W}$ e a altitude de 918,8 m. O clima é Cwa, conforme a classificação climática de Köppen. O período avaliado está compreendido entre os meses de setembro de 2004 e outubro de 2005.

A radiação solar na ausência de atmosfera (R_a), em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, foi estimada com o uso da equação proposta por Ometto (1981) apresentada abaixo:

$R_a = 37,60 \cdot (D_m / D)^2 \cdot (H \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin H)$ onde, $(D_m / D)^2$ é a correção devida à variação da distância Terra-Sol onde, D_m é a distância média Terra-Sol e D



distância Terra-Sol no momento considerado, ambas em km; H é o comprimento do meio dia solar em radianos, estimado por $H = \arccos(-\tan \varphi \cdot \tan \delta)$; φ é a latitude do local; δ é a declinação solar. Os valores do comprimento astronômico do dia (N) foram calculados usando a equação $N = (24/\pi) \cdot H$, em horas.

Utilizou-se o modelo de Angström-Prescott (TUBELIS e NASCIMENTO, 1980), equação abaixo, para obter os valores de R_s estimado.

$$R_s = R_a \cdot (a + b \cdot n/N)$$

Os parâmetros “a” e “b” usados na equação de Angström-Prescott para o cálculo do R_s , foram os propostos por Allen et al. (1998) que são 0,25 e 0,50 para “a” e “b” respectivamente e os propostos por DANTAS et al. (2003) que indicam para a região de Lavras-MG, os valores de 0,23 e 0,49, para “a” e “b”, respectivamente.

Para análise dos dados foi utilizada a análise de regressão, com o coeficiente de determinação para verificar o ajustamento dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 indica a relação entre a radiação solar incidente sobre a superfície terrestre (R_s), em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, observada na estação automática do INPE e a estimada com o modelo de Angström-Prescott utilizando os parâmetros “a” e “b” proposto por Allen et al., (1998) 0,25 e 0,50, respectivamente. O coeficiente de determinação R^2 encontrado foi de 0,891, mostrando haver boa relação entre o R_s e R_{s1} .

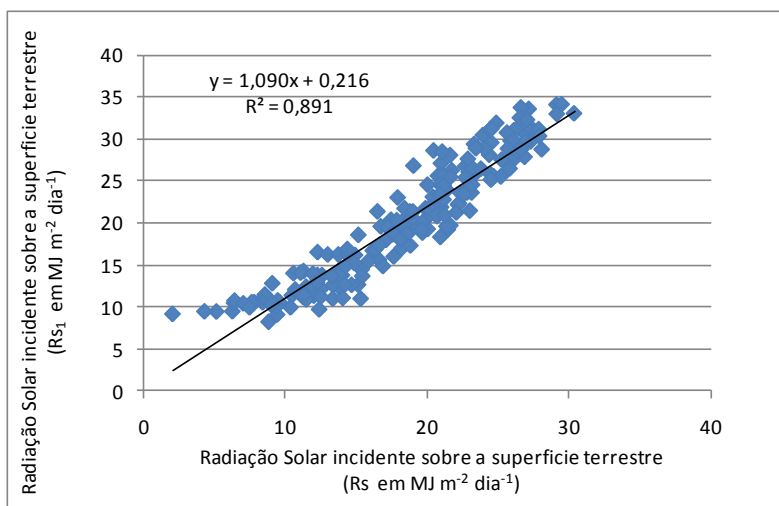


Figura 1 - Relação entre os valores de radiação solar incidente sobre a superfície terrestre observada (R_s em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) e radiação solar incidente sobre a superfície terrestre (R_{s1} em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) estimada com parâmetros “a” e “b” propostos por Allen et al., (1998).

A relação entre a R_s observada e a estimada com o modelo de Angström-Prescott e parâmetros “a” e “b” propostos por DANTAS et al. (2003) estão apresentados na Figura 2. A relação entre R_s e R_{s2} observado na Figura 4 é muito boa, o coeficiente de determinação R^2 encontrado é de 0,893 praticamente igual ao R^2 encontrado por DANTAS et al (2003) no período de Dezembro de 2001 a novembro de 2002, que foi de 0,89, este resultado apesar de se tratar de período diferente era esperado, pois se trata da mesma localidade.

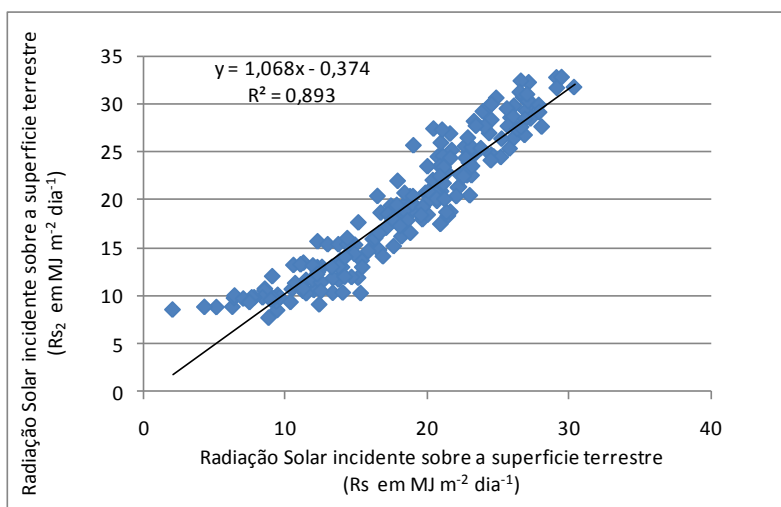


Figura 2 - Relação entre os valores de e radiação solar incidentes sobre a superfície terrestre observada (R_s em $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) e radiação solar incidentes sobre a superfície terrestre (R_{s_2} em $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) estimada com parâmetros “a” e “b” propostos por DANTAS et al (2003).

A radiação R_{s_1} apresenta boa correlação com o elemento meteorológico insolação com R^2 de 0,902 (Figura 3) e a insolação apresenta uma relação muito boa com R_s , R^2 de 0,886 como observado por BURIOL et al. (2012) que em trabalho semelhante realizado em Santa Maria-RS, com uma série de cinco anos de dados encontraram coeficientes de determinação variando de 0,867 a 0,918, em função de terem feito em separado, meses do ano e estações climáticas. Estes resultados também se aproximam dos observados por ESTEFANEL et al. (1990) com variação do R^2 entre 0,867 e 0,918 mostrando haver uma alta associação entre esses dois elementos meteorológicos R_s e n .

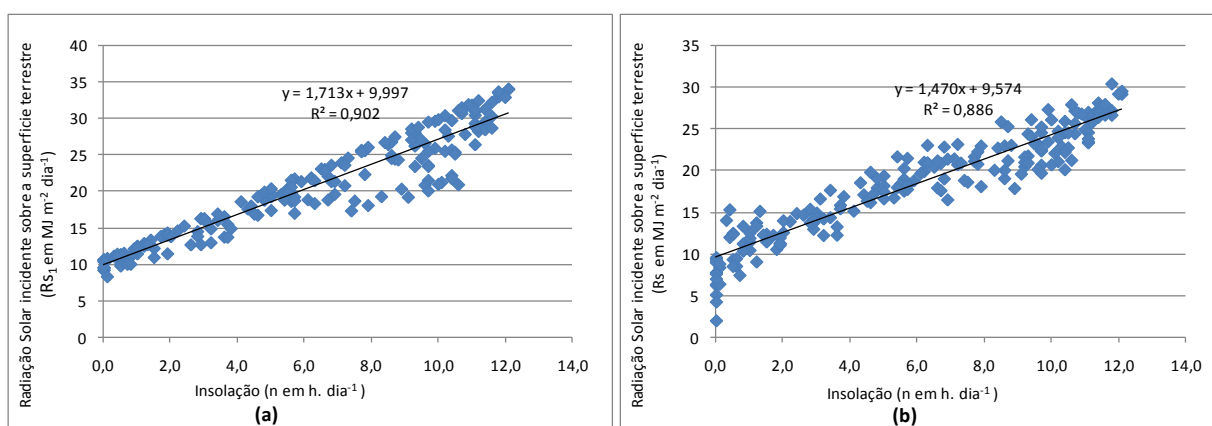


Figura 3 - Relação entre os valores diários de insolação (n), em horas e radiação solar incidentes sobre a superfície terrestre (R_{s_1} em $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) estimada com parâmetros “a” e “b” propostos por Allen et al., (1998), Figura 3(a). Relação entre insolação (n) e radiação solar global observada (R_s em $\text{MJ m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) Figura 3 (b).

CONCLUSÕES

Conclui-se que é possível estabelecer uma relação entre radiação solar incidente sobre a superfície terrestre e insolação diária. Os valores atribuídos para os parâmetros “a” e “b”



XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



promovem boa aproximação da radiação solar estimada em relação a observada, podendo ambos serem utilizados sem riscos de se incorrer em erros relevantes.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage paper, 56).

BURIOL, G. A, ESTEFANEL, V, HELDWEIN, A. B, PRESTES, S. D, HORN, J. F. C, Estimativa da radiação solar global a partir dos dados de insolação, para Santa Maria – RS, In: Ciência Rural, v.42, n.9, set, 2012.

DANTAS, A. A. A; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Estimativa da radiação solar global para a região de lavras, MG. In: Ciênc. agrotec., Lavras. V.27, n.6, p.1260-1263, nov./dez., 2003

ESTEFANEL, V. et al. Insolação e radiação solar na região de Santa Maria, RS: 1 - Estimativa da radiação solar global incidente a partir dos dados de insolação. Revista Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, v.20, n.3-4, p.203-218, 1990.

OMETTO, J.C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425p.

SPOKAS, K.; FORCELLA, F. Estimating hourly incoming solar radiation from limited meteorological data. Weed Science, v.54, n.1, p.182-189, 2006.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. Meteorologiadescritiva: fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo: Nobel, 1980. 374 p.

VAREJÃO-SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2.ed. Brasília: INMET, 2001. 532p.

