

ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL DIÁRIA EM ILHA SOLTEIRA, SÃO PAULO.

RONALDO A. SANTOS¹, FERNANDO B.T. HERNANDEZ², CELSO D. FIORAVANTI³,
RONALDO C. LIMA⁴, WALTER V. VALERIO FILHO.⁵

Escrito para apresentação no
XXXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2003
Goiânia - GO, 28 de julho a 01 de agosto de 2003

RESUMO: Sendo a principal fonte de energia primária na Terra, a radiação solar é responsável pela distribuição da fauna e da flora no planeta, influenciando diretamente as atividades fisiológicas dos seres vivos e os fenômenos climáticos. Desta forma, o conhecimento de sua intensidade e variação ao longo do período de interesse é extremamente importante para a exploração agropecuária. Todavia, os altos custos dos equipamentos utilizados na obtenção destes dados, fazem com que o monitoramento da radiação solar se restrinja aos órgãos públicos e as grandes empresas privadas. Para minimizar este problema, foram propostas equações capazes de estimar a radiação solar a partir de outros dados climáticos mais acessíveis como o modelo de Angstrom-Prescott. Devido a grande variabilidade nas constantes desta equação, torna-se necessário determiná-las para cada regiões. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar a variação mensal dos coeficientes **a** e **b** das regressões entre a razão da radiação solar e a razão de insolação no município de Ilha Solteira. Os coeficientes **a** e **b** variaram mensalmente e a equação resultante foi: $R_g \cdot R_o^{-1} = 0,2607 + (0,4713 \cdot n \cdot N^{-1})$.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação Global, modelo de Angstrom-Prescott, Ilha Solteira.

ESTIMATE OF DAILY SOLAR GLOBAL RADIATION IN ILHA SOLTEIRA, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL.

ABSTRACT: The solar radiation is the main source of primary energy on Earth. It is also responsible for the distribution of the fauna and around in the planet, since it influences directly the physiological activities of the living beings and climatic phenomena. Hence, the knowledge of its intensity and variation throughout some determined period is extremely important in an agricultural system. However, the high costs of the equipments used to gather these data restricts monitoring solar radiation to public institutions and large private companies. In order to minimize this problem, we propose equations able to estimate solar radiation from other more easily obtained climatic data such as the Angstrom-Prescott model. Due to the high variability of the constant variables of this equation, they need to be determined for each region. Therefore, the main objective of this paper was to determine the monthly variation of the coefficients "a" and "b" of the regressions between the ration of the solar radiation and the ration of the insolation in Ilha Solteira, state of São Paulo, Brazil. The coefficients "a" and "b" varied monthly and the resulting equation was: $R_g \cdot R_o^{-1} = 0,2607 + (0,4713 \cdot n \cdot N^{-1})$.

KEYWORDS: Global radiation, Angstrom-Prescott model, Ilha Solteira.

¹ Curso de Agronomia na UNESP Ilha Solteira. modesto@agr.feis.unesp.br

² Prof. Dr. e Pesquisador da UNESP Ilha Solteira. Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos. fbhtang@agr.feis.unesp.br, Cx. Postal 34 - CEP 15385-000. Ilha Solteira - SP.

³ Curso de Agronomia na UNESP Ilha Solteira. celso@agr.feis.unesp.br

⁴ Curso de Agronomia na UNESP Ilha Solteira. rclima@agr.feis.unesp.br

⁵ Prof. Dr. e Pesquisador da UNESP Ilha Solteira. Departamento de Matemática. wvfv@fqm.feis.unesp.br

INTRODUÇÃO: Sendo a principal fonte de energia primária na Terra, a radiação solar é responsável pela distribuição da fauna e da flora no planeta, influenciando diretamente as atividades fisiológicas dos seres vivos e os fenômenos climáticos. Considerando a ausência de outros fatores limitantes, a produção vegetal e animal depende diretamente da disponibilidade de energia solar. LARCHER (1986) afirma que para a planta, a radiação é fonte de energia e estímulo regulador do desenvolvimento e segundo MOTA (1987), não só a qualidade espectral da energia solar, referente aos diferentes comprimentos de onda, mas também a sua intensidade, desempenham papel fundamental no desenvolvimento morfológico das plantas. Desta forma, o conhecimento de sua intensidade e variação ao longo do período de interesse é extremamente importante para a exploração agropecuária. Todavia, os altos custos dos equipamentos utilizados na obtenção destes dados, fazem com que o monitoramento da radiação solar se restrinja aos órgãos públicos e as grandes empresas privadas. Para minimizar este problema, foram propostas equações capazes de estimar a radiação solar a partir de outros dados climáticos mais acessíveis, tal como a de ANGSTROM (1924) e modificada por PRESCOTT (1940), cuja expressão é: $R_g \cdot R_o^{-1} = a + (b \cdot n \cdot N^{-1})$, onde R_g é a Radiação Global ($MJ \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$), R_o é a radiação solar diária em uma superfície horizontal no topo da atmosfera ($MJ \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$), n é o número de horas de brilho solar, N é o número possível de horas de brilho solar, a e b são os coeficientes de Angstrom. Devido a grande variabilidade destes coeficientes, torna-se necessário determiná-los para cada regiões, como fizeram diversos pesquisadores como OMETTO (1968), REIS et al. (1973), TUBELIS et al. (1976) e PAZ et al (2002). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar os coeficientes a e b de Angstrom para o município de Ilha Solteira, SP.

MATERIAL E MÉTODOS: Este trabalho foi realizado com os dados provenientes da estação meteorológica localizada na Área Experimental de Agricultura Irrigada da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, com coordenadas geográficas 20°25'23" de Latitude Sul e 51°21'13" de Longitude Oeste e com altitude média de 335 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando temperatura média anual de 24,5 °C, precipitação média anual de 1.232 mm e uma umidade relativa média anual de 64,8% (HERNANDEZ et al, 1995). A Radiação Global foi registrada por um sistema de aquisição de dados, composto por um Datalogger CR-23 (Campbell) com sensor LI-200X Pyranometer, programado com um tempo de varredura de 10 segundos. O Número de Horas de Brilho Solar foi registrado por um heliógrafo modelo Campbell-Stokes. Para a determinação dos coeficientes a e b de Angstrom, aplicou-se a regressão linear em 960 pares de dados coletados entre 01 de janeiro de 2001 e 16 de dezembro de 2002.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: De acordo com os valores de R^2 apresentados na Tabela 1, verifica-se que houve uma boa correlação entre as razões $(R_g \cdot R_o^{-1})$ e $(n \cdot N^{-1})$, indicando que a estimativa da Radiação Global no município de Ilha Solteira pode ser realizada com precisão, a partir do número diário de horas de brilho solar. Neste estudo de regressão, os coeficientes lineares (a) variaram de 0,2288 em junho a 0,3129 em janeiro e os coeficientes angulares (b) variaram de 0,3996 em janeiro a 0,5234 em outubro.

TABELA 1. Razão de radiação máxima $(R_g \cdot R_o^{-1})_{\text{máx}}$ e mínima $(R_g \cdot R_o^{-1})_{\text{mín}}$, coeficientes de Angstrom calculados através de regressão linear e seus respectivos R^2 , determinados para o município de Ilha Solteira - SP.

	a	b	R²	$(R_g \cdot R_o^{-1})_{\text{máx}}$	$(R_g \cdot R_o^{-1})_{\text{mín}}$
Janeiro	0,3129	0,3996	0,7703	0,7125	0,3129
Fevereiro	0,2996	0,4351	0,8220	0,7347	0,2996
Março	0,2634	0,4775	0,7665	0,7409	0,2634
Abril	0,2550	0,4977	0,7451	0,7527	0,2550
Mai	0,2496	0,4895	0,8427	0,7391	0,2496
Junho	0,2288	0,4713	0,7821	0,7001	0,2288
Julho	0,2913	0,4287	0,7563	0,7200	0,2913
Agosto	0,2439	0,4912	0,7545	0,7351	0,2439
Setembro	0,2325	0,4933	0,8145	0,7258	0,2325
Outubro	0,2359	0,5234	0,8137	0,7593	0,2359
Novembro	0,2449	0,4866	0,8801	0,7315	0,2449
Dezembro	0,2636	0,4652	0,8403	0,7288	0,2636
Anual	0,2607	0,4713	0,8078	0,7320	0,2607

Observa-se na Tabela 1 que o melhor ajuste foi obtido no mês de novembro ($R^2 = 0,8801$), enquanto que o pior ajuste foi obtido no mês de abril ($R^2 = 0,7451$), sendo que em média, o R^2 resultou em 0,8078. Os coeficientes **a** e **b** de Angstrom variam com a latitude e com a nebulosidade do dia, podendo ser utilizados na determinação da quantidade de radiação que incide sobre a superfície terrestre do local. Com base na equação de Angstrom-Prescott [$R_g \cdot R_o^{-1} = a + (b \cdot n \cdot N^{-1})$] e na Tabela 1, nota-se que quando a razão de insolação tende a zero [$(n \cdot N^{-1}) = 0$], ou seja, em condições de dia completamente nublado, a mínima radiação que incide sobre a superfície terrestre do local corresponde a 22,9% da radiação incidente no topo da atmosfera (junho). Na ausência de nuvens durante o dia, a situação se inverte, pois **n** tende a se igualar a **N** [$(n \cdot N^{-1}) = 1$] e nestas condições, a máxima radiação que incide sobre a superfície terrestre do local equivale a 75,9% da radiação incidente no topo da atmosfera (outubro). A Figura 1 ilustra a regressão linear e a equação obtida a partir dos valores diários de razão de radiação e insolação.

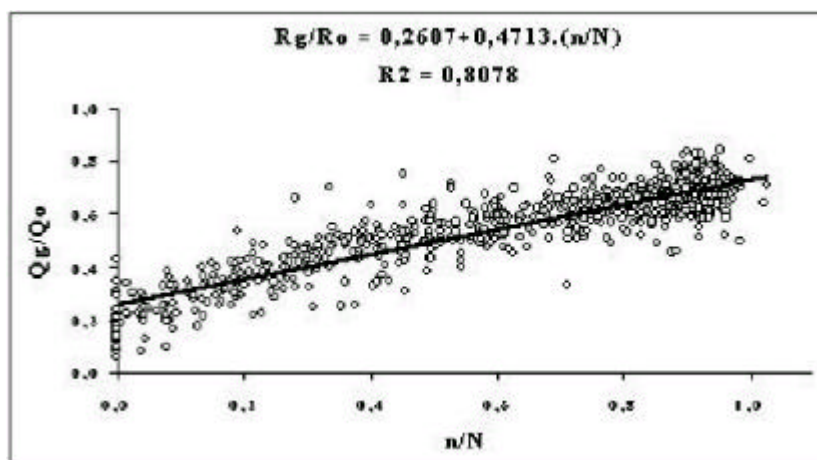


Figura 1. Regressão linear entre a razão de radiação (R_g/R_o) e a razão de insolação (n/N) diária para o município de Ilha Solteira, SP.

CONCLUSÕES: A radiação Global no município de Ilha Solteira pode ser estimada com precisão utilizando-se o modelo de Angstrom-Prescott. Os coeficientes **a** e **b** variaram mensalmente e a equação resultante foi: $R_g.R_o^{-1} = 0,2607+(0,4713.n.N^{-1})$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGSTRON, A. Solar and terrestrial radiation. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, v.50, p.121-5, 1924.
- HERNANDEZ, F.B.T., LEMOS FILHO, M.A.F., BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira, UNESP / FEIS / Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45p. (Série irrigação, 1).
- LARCHER, W. Radiação e temperatura: energia, informação, estresse. In: _____. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: E.P.U., 1986. p. 12-63
- MOTA, F.S. Radiação solar e plantas cultivadas. In: _____. **Meteorologia agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1987. p. 63-125.
- OMETTO, J.C. Estudo das relações entre: radiação solar global, radiação líquida e insolação. Piracicaba, 1968. 64p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- REIS, A.C.S., COELHO, T.J.T., ALVES, N.L. Estimativa da energia solar global na área de Recife, baseada em registros de insolação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.8, p.177-9, 1973.
- PAZ, V. P. S.; MACÊDO, G. B.; PEREIRA, F. A. C.; OLIVEIRA, A. S. Estudo e variação anual da radiação solar global na região de Cruz das Almas, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: UFBA/SBEA, 2002. (CD – ROM).
- PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *Trans. R. Soc. S. Aust.*, v.1, p.114-8, 1940.
- TUBELIS, A. et al. Estimativa da radiação solar global diária em Botucatu - SP, a partir da insolação diária. **Botucatu Científica**, n.26, p.53-60, 1976.