



## COMPARAÇÃO TEMPORAL DA RADIAÇÃO GLOBAL, INSOLAÇÃO E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO DE MARINÓPOLIS - SP<sup>1</sup>

F.G. BOTARO<sup>2</sup>; F.B.T. HERNANDEZ<sup>3</sup>; D.G. FEITOSA<sup>4</sup>; A.A. ARRUDA<sup>5</sup>; A.H.C. TEIXEIRA<sup>6</sup>, J.L. ZOCOLER<sup>7</sup>

**RESUMO:** A radiação solar, além de ser fonte de energia primária para os fenômenos meteorológicos, é um parâmetro de fundamental importância nos processos físicos e dinâmicos da atmosfera, influenciando na agricultura e aproveitamento da energia solar com fonte alternativa de energia. Tanto a radiação global ( $R_s$ ) quanto a duração do brilho solar ( $n$ ) são elementos meteorológicos significativos, que contribuem expressivamente para estudos agrônômicos, ecológicos e hidrológicos. Foram coletados dados diários da Estação Marinópolis da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista operada pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira. As médias históricas mensais de 1999 a 2011 foram analisadas entre si e observou-se que existe relação entre insolação, radiação global e evapotranspiração de referência, sendo assim, uma importante ferramenta para o irrigante que, mesmo não possuindo todos os dados para se orientar, pode se basear apenas nos valores de radiação global para obter melhoras em sua agricultura irrigada e otimizar a utilização da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** elementos meteorológicos, brilho solar

### SOLAR RADIATION, INSOLATION AND REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN THE MARINÓPOLIS REGION, NORTHWEST OF SÃO PAULO STATE

**SUMMARY:** Solar radiation, besides being a primary energy source for meteorological phenomena, is a parameter of fundamental importance in physical and dynamical processes of

---

<sup>1</sup> Desenvolvido com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) através do projeto 2009/52.467-2 (Modelagem da produtividade da água em bacias hidrográficas com mudanças de uso da terra) que permitiu a implantação da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista.

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Agrônoma na UNESP Ilha Solteira. (17) 8109-9315. Caixa Postal 34, CEP 15385-000, Ilha Solteira - SP [fgbotaro@gmail.com](mailto:fgbotaro@gmail.com)

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo e Professor Titular da UNESP Ilha Solteira. [fbhtang@agr.feis.unesp.br](mailto:fbhtang@agr.feis.unesp.br)

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, PPG Agronomia na UNESP Ilha Solteira. [diegofeitos@yahoo.com.br](mailto:diegofeitos@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia Agrônoma na UNESP Ilha Solteira. [alexarruda1@bol.com.br](mailto:alexarruda1@bol.com.br)

<sup>6</sup> Pesquisador da EMBRAPA Semiárido (Petrolina-PE). [heribert@cpatsa.embrapa.br](mailto:heribert@cpatsa.embrapa.br)

<sup>7</sup> Engenheiro Agrônomo e Professor Adjunto da UNESP Ilha Solteira. [zocoler@agr.feis.unesp.br](mailto:zocoler@agr.feis.unesp.br)



the atmosphere, influencing the agriculture and solar energy with an alternative energy source. Both the global radiation ( $R_s$ ) and the duration of sunshine ( $n$ ) are significant meteorological elements that contribute significantly to studies of agronomic, ecological and hydrological. Data were collected daily by the Marinópolis' Station of the Northwest of Sao Paulo State Weather Net operated by Hydraulics and Irrigation Division of the UNESP Ilha Solteira. The historical monthly averages from 1999 to 2011 were analyzed together and there was a relation between sunshine, global radiation and reference evapotranspiration, thus, an important tool for irrigating that even without having all the data for guidance, can be based only on the values to improve in irrigated agriculture and optimize their water use.

**KEYWORDS:** sunshine, weather

## INTRODUÇÃO

A radiação solar, além de ser fonte de energia primária para os fenômenos meteorológicos, é um parâmetro de fundamental importância nos processos físicos e dinâmicos da atmosfera, influenciando na agricultura e aproveitamento da energia solar com fonte alternativa de energia. Tanto a radiação global ( $R_s$ ) quanto a duração do brilho solar ( $n$ ) são elementos meteorológicos significativos, que contribuem expressivamente para estudos agrônômicos, ecológicos e hidrológicos.

A radiação solar é fundamental para as plantas, principalmente na faixa de comprimento de onda do visível, necessário para a fotossíntese, intervindo diretamente sobre o crescimento dos vegetais, além de proporcionar vida a todos os seres vivos que habitam na terra (PEDRO JÚNIOR et al., 1989 & LACERDA et al., 1996). ALMOROX et al. (2008) destacam que a informação local da radiação solar global, além de ser utilizada nos cálculos de simulação de crescimento das culturas agrícolas pode ser, também, aplicada para delineamento de sistemas alternativos de produção de energia e DANTAS et al. (2003) relatam que estudos nos quais se estima o potencial de radiação solar disponível à superfície terrestre são justificáveis para execução de projetos de irrigação e conservação de alimentos, entre outros.

Poucas estações meteorológicas possuem registros da densidade de fluxo de radiação solar global devido ao fato de que os aparelhos utilizados são de preço relativamente alto e de necessitarem de frequentes manutenções. Por existir uma relação entre a radiação solar e a insolação (brilho solar), que é diferente para cada local e para cada época do ano, foram

desenvolvidos modelos estatísticos para sua estimativa a partir dos dados de insolação. O primeiro modelo de estimativa foi publicado por ANGSTRÖN (1924). PRESCOTT (1940) simplificou a equação de ANGSTRÖN (1924), de modo que, a partir dos coeficientes linear e angular da equação de regressão linear simples entre a razão de insolação e de radiação solar global, fosse possível estimar a radiação solar global, tendo como base os dados de insolação, sendo o modelo denominado de Angström-Prescott (BLANCO & SENTELHAS, 2002; SANTOS et al., 2003; DANTAS et al, 2003). A partir daí, esse modelo de estimativa, com adaptações introduzidas em função das condições climáticas de cada local, vem sendo utilizado universalmente. Para a obtenção desse modelo, para um determinado local ou região, é necessário que se tenham registros de insolação e de radiação solar diários de um período coincidente e longo, se possível, acima de cinco anos. Com o modelo obtido, é possível estimar a radiação solar local de períodos em que só se possui dados de insolação.

A evapotranspiração de uma determinada superfície é controlada principalmente pela disponibilidade de energia (Penman, 1948). A radiação solar global ( $R_g$ ) é o elemento meteorológico que mais contribui para o processo de evapotranspiração, em torno de 70%. Portanto sua relação com a  $E_{To}$  calculada permitiu obter equações que utilizam apenas a  $R_g$ , em regiões onde tenha deficiência de obtenção de dados meteorológicos. O método de Penman-Monteith recomendado pela FAO (Smith, 1991) é considerado como o mais adequado para estimar a  $E_{To}$ .

Assim, objetivou-se neste trabalho, analisar a relação existente entre insolação, radiação global e evapotranspiração, utilizando-se das médias mensais (1999 a 2011) encontradas no Município de Marinópolis - SP.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado com os dados diários provenientes da Estação Marinópolis operada pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira e disponibilizados no Portal Clima da UNESP Ilha Solteira<sup>8</sup>. Localizada no município de Marinópolis, região noroeste paulista, teve suas atividades iniciadas em 06/08/1998 e posicionada nas coordenadas geográficas 20° 26' 47.5" de Latitude Sul e 50° 48' 26.1" de Longitude Oeste e altitude de 408 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa. A

---

<sup>8</sup> <http://clima.feis.unesp.br>

Radiação Global foi registrada por um sistema de aquisição de dados, composto por um *datalogger* (Campbell) com sensor LI200X-L17 Pyranometer, programado com um tempo de varredura de 10 segundos. A insolação diária (horas.dia<sup>-1</sup>) foi estimada pela equação proposta por Angstrom-Prescott, onde os fatores *a* e *b* mensal utilizados, foram obtidos por SANTOS et al. para a cidade de Ilha Solteira.

$$R_s = \left( a + b \cdot \frac{n}{N} \right) R_a$$

*R<sub>s</sub>* = Radiação solar global (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>)

*R<sub>a</sub>* = Radiação no topo da atmosfera (MJ.m<sup>-2</sup>.dia<sup>-1</sup>)

*N* = Fotoperíodo (h.dia<sup>-1</sup>)

*n* = Insolação (h.dia<sup>-1</sup>)

Foram utilizados dados diários e compilados para valores mensais de janeiro de 1999 a dezembro de 2011 e então analisados por regressão para se chegar em uma relação entre os valores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a Tabela e Figura 1, pode-se observar que os dados se comportaram de maneira linear a um nível de confiabilidade de 82% no que diz respeito aos valores de evapotranspiração de referência em função da radiação global. Isto aliado ao fato de que os valores de radiação solar global podem ser estimados a partir da insolação da região (modelo de Angström-Prescott), nos mostra que é possível estimar a evapotranspiração de referência de uma região baseando-se nos dados de insolação da mesma.

Tabela 1 - Médias mensais de radiação global, insolação e evapotranspiração de referência em Maringápolis - SP.

(1999 - 2011)	<i>R<sub>s</sub></i> (MJ.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup> )	Insolação (h.dia <sup>-1</sup> )	ET <sub>o</sub> PN-M (mm.dia <sup>-1</sup> )
<b>Jan</b>	19,10	4,57	4,90
<b>Fev</b>	19,50	6,21	4,95
<b>Mar</b>	18,40	7,28	4,75
<b>Abr</b>	17,70	8,46	4,00
<b>Mai</b>	14,60	8,48	3,00
<b>Jun</b>	13,90	8,71	2,60
<b>Jul</b>	14,90	8,68	2,80
<b>Ago</b>	17,20	8,84	3,50
<b>Set</b>	17,80	8,27	4,10

<b>Out</b>	19,60	7,27	4,80
<b>Nov</b>	19,90	7,64	5,20
<b>Dez</b>	20,95	7,02	5,20

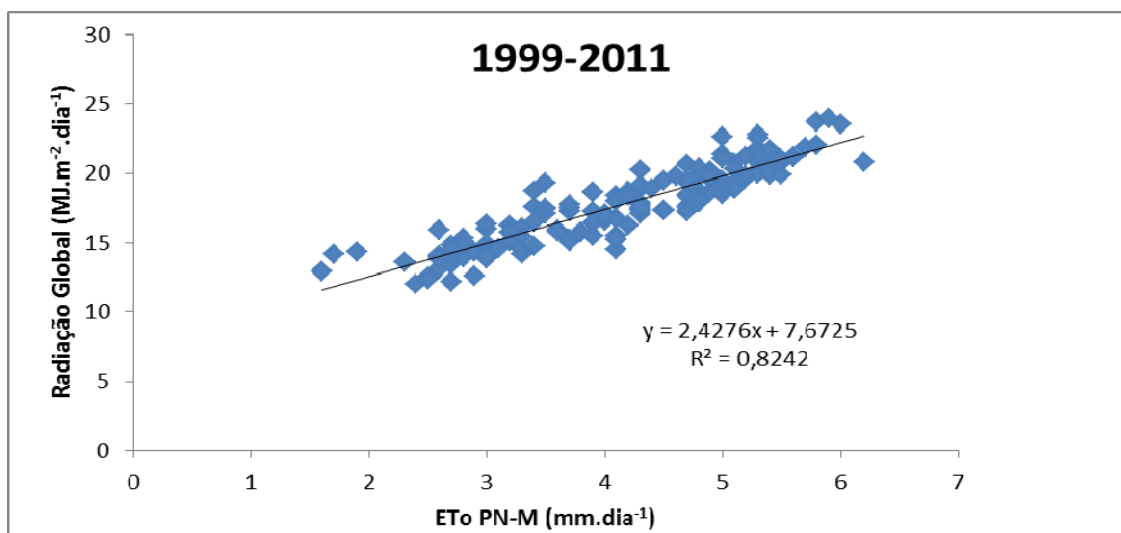


Figura 1 – Regressão polinomial de valores de radiação global e evapotranspiração de referência na região de Marinópolis - SP.

## CONCLUSÕES

O trabalho mostrou, com base nos dados, que a evapotranspiração de referência de uma região pode ser estimada a partir da radiação global incidente. Este fato serve como importante ferramenta para os irrigantes com menor poder aquisitivo, os quais não possuem uma estação meteorológica na propriedade.

Sendo assim, ao se obter os valores de insolação incidente (através de um heliógrafo, por exemplo) e posterior cálculo de evapotranspiração, o produtor conseguirá promover melhorias em sua agricultura e otimizar a utilização de água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMOROX, J.; BENITO, M.; HONTORIA, C. Estimation of global solar radiation in Venezuela. INCI, v.33, p.280-283, 2008.
- ANGSTRÖN, A. Solar and terrestrial radiation. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London, v.50, p.121-126, 1924.



- BLANCO, F.F.; SENTELHAS, P.C. Coeficientes da equação de Angström – Prescott para a estimativa da insolação para Piracicaba, SP. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.10, n.2, p.295-300, 2002.
- DANTAS, A.A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Estimativa da radiação solar global para a região de Lavras, MG. Ciência e Agrotecnologia, v.27, p.1260-1263, 2003.
- PEDRO JUNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P. de; CHIAVEGATTO, O.M.D.P.; ORTOLANI, A.A.; BRUNINI, O. Disponibilidade de radiação solar global para o Estado de São Paulo. Campinas: Boletim Técnico, 123, 1989. 13 p.
- LACERDA, L.M.M. de. et al. Determinação dos parâmetros a e b da equação de Angstrom para estimativa da irradiação solar global em Nossa Senhora das Dores - SE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETOROLOGIA, 9, 1996. Os benefícios das modernas técnicas de previsão do tempo e clima para as atividades sócio-econômicas: Anais, Campos do Jordão: Sociedade Brasileira de Meteorologia/SBMET, 1996.
- DAMIÃO, J.O.; HERNANDEZ, F.B.T.; SANTOS, G.O.; ZOCOLER, J.L. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, noroeste paulista. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Uberaba, 2010. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird2010\\_damiao.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird2010_damiao.pdf)>. Acesso em: 27 jun. 2012.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Royal. Soc. Of London, A193: p.120 – 145. 1948.
- PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. Transactions of the Royal Society Science Australian, Adelaide, v.64, p.114-118, 1940.
- SANTOS, G.O.; HERNANDEZ, F.B.T.; ROSSETTI, J.C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza - CE, v. 4, n. 3, p.142-149, 2010.
- SANTOS, R.A.; HERNANDEZ, F.B.T.; FIORAVANTI, C.D.; LIMA, R.C.; FILHO, W.V.V. Estimativa da radiação solar global diária em Ilha Solteira, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia, GO. Anais: COMBEA, 2003. (CD-ROM).
- SMITH, M. Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements. Rome FAO. 45p. 1991.