

## XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002

**RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL E INSOLAÇÃO NO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO-BA**Antônio Heriberto de Castro Teixeira<sup>1</sup>, Thieres George Freire da Silva<sup>2</sup>, Valdecira Carneiro da Silva Reis<sup>3</sup><sup>1</sup>Pesquisador, Embrapa Semi-Árido, CP 23, CEP 56300-970, Petrolina-PE, E-mail: heribert@cpatsa.embrapa.br,<sup>2</sup>Graduando em Agronomia, UNEB, Juazeiro – BA<sup>3</sup>Eng.Agrônomo, Embrapa Semi-Árido.**SUMMARY**

Global solar radiation is very important to modelled evaporation. However it isn't usually measured, and where it is, there are periods without records of data. Therefore, is suitable to estimate the solar radiation incident. The objective of this work was to determine the Ångström coefficients, with relate global solar radiation and insolation in the municipal district of Juazeiro-BA. Linear regressions using daily data (1969-2001) were adjusted. It was found that in the region studied it is possible to estimate global solar radiation from insolation, at daily level, when there aren't available data of the first parameter in the region studied.

**INTRODUÇÃO**

A região onde se situa o município de Juazeiro é caracterizada pela abundância de energia solar disponível e pela irregularidade do regime pluviométrico, ocasionada devido a influência dos sistemas atmosféricos. O maior problema para os habitantes dessa região é a deficiência hídrica, o que torna de fundamental importância o desenvolvimento de técnicas de conservação da água.

Para qualquer forma de armazenamento hídrico, deve-se levar em consideração o processo de evaporação de superfícies livres de água e evapotranspiração das culturas. A grande importância desse processo no Semi-árido brasileiro, está no aspecto quantitativo, visto que nessa região um grande volume de água é transferido para a atmosfera na forma de vapor. Essa água perdida deve ser necessariamente conhecida para se controlar a quantidade restante no reservatório e a quantidade de água a ser aplicada via irrigação nos cultivos irrigados, visando um manejo racional da água. A maior fonte da energia consumida nesses processos é a radiação solar. Entretanto, essa radiação não é usualmente medida nas estações meteorológicas, e mesmo onde é obtida, ocorrem períodos com falta de dados, devido a pane no equipamento de medição (piranômetro ou piranógrafo). Diante desse fato, torna-se importante estabelecer um modelo matemático, que a partir de dados de insolação, mais facilmente obtidos, se possa estimar a densidade de fluxo de radiação solar recebida na superfície.

Vários pesquisadores têm buscado encontrar uma relação entre essas duas variáveis na forma proposta por Ångström (1924). De acordo com Chang (1968), Black et al. (1954) analisaram valores de 32 estações dos trópicos e das regiões polares encontrando valores de 0,23 e 0,48 para os coeficientes  $a_s$  e  $b_s$  da equação, como médias mundiais; para os Estados Unidos, Fritz & MacDonald (1949) encontraram  $a_s = 0,35$  e  $b_s = 0,61$ ; no Canadá, Mateer (1955) encontrou para os meses de verão  $a_s = 0,355$  e  $b_s = 0,68$ . Ometto (1981), para Piracicaba-SP, encontrou os valores de 0,26 e 0,51 para  $a_s$  e  $b_s$ . Fontana e Oliveira (1996), utilizando valores decendiais, encontraram, para o Rio Grande do Sul, valores de  $a_s$  variando de 0,15 a 0,27 e  $b_s$  de 0,32 a 0,62. Através desses e de outros resultados, percebe-se que estes coeficientes dependem da camada atmosférica a ser atravessada pela radiação solar, sendo esse processo influenciado pela latitude e altitude do local e pela época do ano. O objetivo desse trabalho foi determinar os coeficientes da equação de Ångström para cada mês no município de Juazeiro-BA.

### MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se valores diários de densidade de fluxo de radiação solar global e de insolação, obtidos no período de 1969-2001, da Estação Agrometeorológica do campo experimental da Embrapa Semi-árido da Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Juazeiro-BA (latitude: 09°24'S, longitude: 40°26'W e altitude: 375m). Foram utilizadas equações de regressão linear para cada mês, eliminando-se dados em que o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) foi inferior a 0,8. A equação geral utilizada foi:

$$R_g = \left[ a_s + b_s \frac{n}{N} \right] R_a \quad (1)$$

onde  $R_g$  é a densidade de fluxo de radiação solar global ( $\text{MJm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ ),  $n$  a insolação diária,  $R_a$  a densidade de fluxo de radiação solar incidente numa superfície horizontal paralela à superfície do solo no topo da atmosfera ( $\text{MJm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ ),  $N$  o fotoperíodo, e  $a_s$  e  $b_s$  os coeficientes da equação de regressão linear. Os dados de radiação solar global ( $R_g$ ) e de insolação ( $n$ ) foram provenientes de medições realizadas na estação agrometeorológica, utilizando o actinógrafo bimetalico Fuess e o heliógrafo Campbell-Stokes, respectivamente.

A densidade de fluxo de radiação solar global incidente numa superfície horizontal paralela à superfície do solo no topo da atmosfera ( $R_a$ ) foi obtida pela seguinte equação:

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (2)$$

Onde  $G_{sc}$  é a constante solar ( $0,0820 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ),  $d_r$  é o inverso da distância relativa Terra-Sol,  $\omega_s$  é o ângulo horário ao pôr do Sol,  $\varphi$  é a latitude (rad) e  $\delta$  é a declinação solar.

A latitude, expressa em radianos é um valor positivo para o hemisfério norte e negativo para o hemisfério sul.

O inverso da distância relativa Terra-Sol,  $d_r$ , e a declinação solar,  $\delta$ , são dados por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (3)$$

$$\delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1,39\right) \quad (4)$$

onde  $J$  é o número do dia do ano entre 1 (1 de janeiro) e 365 ou 366 (31 de dezembro).

O ângulo horário no momento do nascer do sol foi calculado pela seguinte equação:

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \tan(\delta)] \quad (5)$$

O fotoperíodo (O número astronômico possível de horas de Sol,  $N$ ) foi obtido de acordo com a seguinte expressão:

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (6)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os coeficientes da equação de regressão linear que relacionou a radiação solar global e a insolação em Mandacaru (Juazeiro-BA) para cada um dos meses do ano, juntamente com o valor médio anual e desvio padrão (S) e o coeficiente de variação (CV) com relação a essa média. No período de 1968-2001 descartaram-se os meses cujos coeficientes de determinação ( $r^2$ ) se apresentaram inferiores a 0,8. Como resultado dessa seleção todas as regressões mensais apresentaram coeficientes de correlação igual a 0,9 ( $r$ ). Pode-se utilizar esses coeficientes na região de estudo para suprir os dias nos quais não ocorreram registros de radiação solar global ou de insolação e ainda para o cálculo da radiação solar incidente em dias claros, para a estimativa do saldo de radiação no cálculo da evapotranspiração de referência (Allen et al., 1998).

Pode-se extrapolar essa relação para outras regiões quando existem associações entre os coeficientes e fatores como latitude e altitude, pois eles estão relacionados com a transmissividade atmosférica e com a camada de ar que a radiação solar atravessa para atingir a superfície.

Tabela 1. Coeficientes de Ångström ( $a_s$  e  $b_s$ ) para estimar a radiação solar global diária a partir da insolação; coeficiente de correlação ( $r$ ) e número de observações ( $n$ ) para Juazeiro-BA .

Mês	$a_s$	$b_s$	$r$	$n$
<b>Janeiro</b>	0,26	0,32	0,9	183
<b>Fevereiro</b>	0,30	0,28	0,9	159
<b>Março</b>	0,28	0,29	0,9	190
<b>Abril</b>	0,27	0,30	0,9	172
<b>Mai</b>	0,26	0,31	0,9	205
<b>Junho</b>	0,26	0,30	0,9	191
<b>Julho</b>	0,23	0,35	0,9	168
<b>Agosto</b>	0,24	0,35	0,9	176
<b>Setembro</b>	0,25	0,34	0,9	150
<b>Outubro</b>	0,25	0,35	0,9	159
<b>Novembro</b>	0,26	0,30	0,9	142
<b>Dezembro</b>	0,27	0,31	0,9	180
<b>Média</b>	0,26	0,32		
<b>S</b>	0,02	0,02		
<b>CV</b>	6,72	7,55		

Pela tabela 1, constata-se uma pequena variabilidade interanual nos coeficientes  $a_s$  e  $b_s$  da equação de Ångström, com desvios padrões 0,02 e coeficientes de variação 6,42 e 7,55, respectivamente. Os maiores valores de  $b_s$  ocorreram nos meses de julho e agosto, período em que o sol culmina na latitude da região de estudo, quando a radiação percorre um menor caminho óptico para chegar ao solo.

A Figura 1 mostra maiores valores de  $n/N$  e de  $R_g/R_o$  no período considerado.

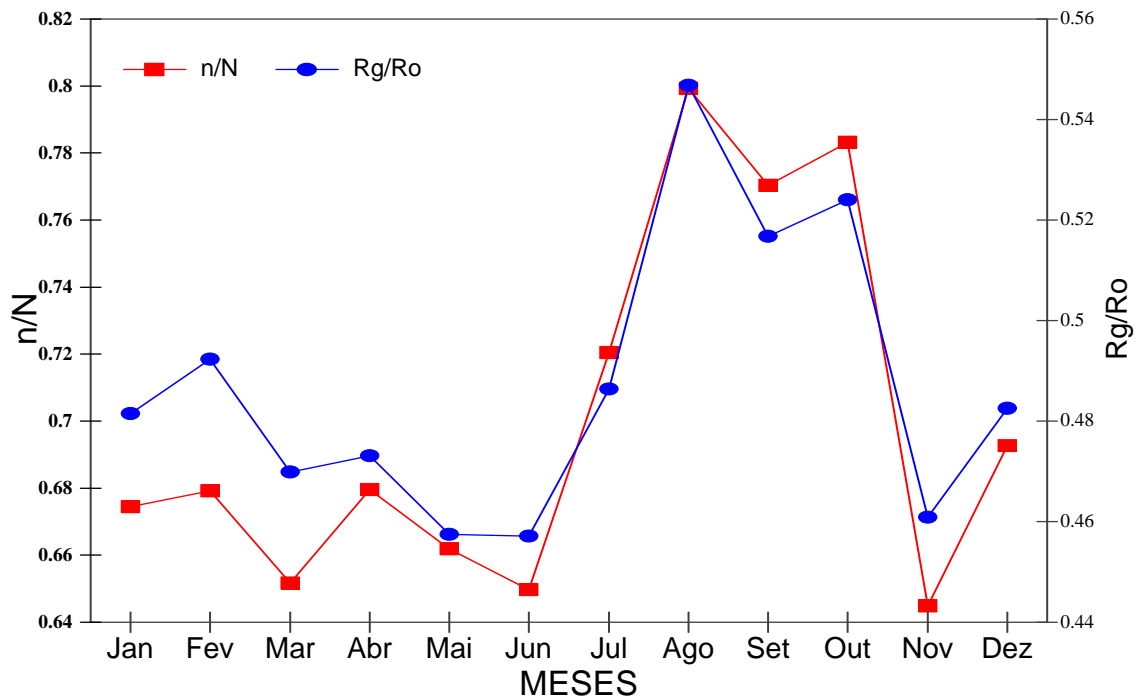


Figura1. Valores médios mensais de  $n/N$  e  $R_g/R_o$  em Juazeiro, BA

De fevereiro a abril o sol também culmina na região, porém ocorre uma menor transmissividade da atmosfera nessa época do ano, que corresponde ao período chuvoso da região.

Os valores de  $a_s$  mostraram-se semelhantes aos encontrados por Black et al. (1954), Ometto (1981) e Fontona & Oliveira (1996) e inferiores aos de McDonald (1949) e Mateer (1955), enquanto que os valores de  $b_s$  se apresentaram inferiores a todos esses autores citados.

Os coeficientes médios diários para cada mês obtidos nesse estudo podem ser utilizados para estimar a radiação solar global diária para suprir os dados faltosos do local e em locais dentro da mesma região ecoclimática, que possuam medições de insolação e sejam carentes de instrumentos de medição da radiação solar global, podendo ainda serem usados na estimativa do saldo de radiação, que é necessário para a obtenção da evapotranspiração de referência.

### CONCLUSÕES

- Para a região do município de Juazeiro-BA é possível estimar a radiação solar global incidente, em nível diário para cada mês, a partir de dados de insolação, em locais onde estes últimos se encontram disponíveis.
- Os coeficientes determinados podem ser usados, ainda, na estimativa do saldo de radiação, para a obtenção da evapotranspiração de referência na Região
- No período com escassez de dados de radiação solar global na Estação Agrometeorológica de Mandacaru (Juazeiro-BA), é possível suprir os dados faltosos pela estimativa através de dados de insolação.
- Na região, constata-se uma pequena variabilidade interanual nos coeficientes  $a_s$  e  $b_s$  da equação de Ångström. Os maiores valores de  $b_s$  ocorrem nos meses de agosto e outubro, período que envolve a culminação do sol na latitude da região de estudo, coincidindo com o fim do período seco. De fevereiro a abril o sol culmina novamente na região, porém os valores de  $b_s$ ,  $n/N$  e  $Rg/Ro$  se apresentam menores do que nos meses citados anteriormente. Neste período ocorre uma menor transmissividade da atmosfera correspondendo ao período chuvoso da região.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, Roma, n. 56, 300p.,1998.
- ÅNGSTRÖM, A . Solar and terrestrial radiation . **Quartely Journal of Royal Meteorological Society**, v.50, p. 121-126, 1924.
- CHANG, J. **Climate and Agriculture. an Ecological Survey**. Aldine. Chicago. 304p., 1968.
- FONTANA, D. C., OLIVEIRA, D. Relação entre radiação solar global e insolação para o estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n.1, p. 87-91, 1996.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo. 425p. 1981.

