

ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL A PARTIR DOS DADOS DE INSOLAÇÃO NO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

Aureliano de Albuquerque Ribeiro¹, Aderson Soares de Andrade Júnior², Everaldo Moreira da Silva³, Edson Alves Bastos², Marcelo Simeão⁴

RESUMO

A quantificação da radiação solar global requer o uso de sensores que apresentam custo elevado. Com isso, este elemento meteorológico normalmente é estimado por equações matemáticas. Assim sendo, objetivou-se com o presente estudo, obter os coeficientes a e b da equação de Angström-Prescott e de posse dos mesmos, realizar a estimativa da radiação solar global a partir dos dados de insolação e comparar com os dados medidos em municípios localizados no Estado do Piauí, a saber: Paulistana, Picos, São João do Piauí, Floriano e Piripiri. Os coeficientes foram determinados em três períodos: anual, chuvoso (janeiro a maio) e seco (junho a dezembro). A partir dos coeficientes encontrados, estimou-se a radiação solar e comparou-se com os valores medidos no período anual, chuvoso e seco. Os valores de a variaram de 0,2485 (Floriano) a 0,3280 (Piripiri) no período chuvoso. No período seco, a variação foi de 0,2626 (Floriano) a 0,3399 (São João do Piauí). Os valores de b variaram de 0,3623 (Floriano) a 0,4748 (Paulistana) no período chuvoso e de 0,3794 (Floriano) a 0,5079 (Paulistana) no período seco. As estimativas da radiação solar global a partir dos dados de insolação por meio da equação de Angström-Prescott utilizando os coeficientes a e b obtidos, quando comparadas com os valores medidos apresentou bom desempenho. Em decorrência disso, pode-se utilizar dados de radiação solar global estimados a partir da insolação nos municípios estudados.

Palavras-chave: agrometeorologia; equação de Angström-Prescott; razão de insolação.

ESTIMATION OF GLOBAL SOLAR RADIATION FROM THE INSOLATION DATA IN THE STATE OF PIAUÍ, BRAZIL

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Av. Mister Hull, s/n - Pici, bloco 804, 60455-760, Fortaleza - CE, alburibeiro@hotmail.com

² Pesquisador Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, aderson.andrade@embrapa.br, edson.bastos@embrapa.br

³ Professor Adjunto II da Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus, PI, everaldo@ufpi.edu.br

⁴ Mestre em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus, PI, marcelosimeao16@gmail.com

ABSTRACT

The quantification of global solar radiation requires the use of expensive sensors. Thus, this meteorological element is usually estimated by equations. The objective of this study was to obtain the coefficients a and b of the Angström-Prescott equation and their possession, to estimate the global solar radiation from the insolation data and to compare it with the data measured in municipalities located in the State of Piauí, namely: Paulistana, Picos, São João do Piauí, Floriano and Piripiri. The coefficients were determined in three periods: annual, rainy (January to May) and dry (June to December). From the coefficients found, the solar radiation was estimated and compared with the values measured in the annual period, rainy and dry. The values of a ranged from 0.2485 (Floriano) to 0.3280 (Piripiri) in the rainy season. In the dry period, the variation was from 0.2626 (Floriano) to 0.3399 (São João do Piauí). The values of b ranged from 0.3623 (Floriano) to 0.4748 (Paulistana) in the rainy season and from 0,3794 (Floriano) to 0,5079 (Paulistana) in the dry period. The estimates of global solar radiation from the insolation data using the Angström-Prescott equation using the coefficients a and b obtained, when compared with the measured values, presented good performance. It is possible to use global solar radiation data estimated from the insolation in the municipalities studied.

Keywords: agrometeorology; equation of Angström-Prescott; insolation ratio.

INTRODUÇÃO

A radiação solar global é um elemento meteorológico essencial para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o), e conseqüentemente para a evapotranspiração da cultura (ET_c) e cálculo da lâmina de irrigação. Sua utilização é muito importante em estudos de modelagem do crescimento, produção vegetal, estudos relacionados às mudanças climáticas, entre outros processos (BORGES et al., 2010).

Entretanto, a quantificação da radiação solar global exige instrumentos de custo elevado, como radiômetros, actinógrafos e piranômetros, que requerem calibração e manutenção constantes (DORNELAS et al., 2006). Com isso, poucas estações meteorológicas possuem registros deste elemento meteorológico (BURIOL et al., 2012).

Para os locais onde não existe disponibilidade de dados de radiação solar, este elemento meteorológico pode ser estimado com boa precisão através de modelos matemáticos, como a equação de Angström – Prescott (ANGSTRÖM, 1924), que utiliza a insolação (horas de brilho solar fornecida pelo heliógrafo) para estimar a

radiação solar incidente (BELÚCIO et al., 2014).

A equação de Angström-Prescott pode ser utilizada com base em dados diários, quinzenais, mensais, sazonais e anuais e seus coeficientes (a e b) dependem da latitude, época do ano e altitude, e variam em função das mudanças no tipo e espessura de nuvens e concentração de poluentes. O coeficiente a representa a radiação difusa da irradiação solar global e o b , a radiação direta (DALLACORT et al., 2004). Para localidades que não dispõem destes coeficientes, a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) recomenda a utilização de $a=0,25$ e $b=0,50$ (ALLEN et al., 1998), que foram calculados em condições de clima temperado. Porém, o ideal é que os mesmos sejam calibrados localmente, permitindo-se com isso, obter valores mais confiáveis de radiação solar.

Na literatura existem estudos que definiram esses coeficientes para vários municípios brasileiros, a destacar: Dornelas et al. (2006) em Brasília, DF; Torres et al. (2010) em Canavieiras, BA; Pereira et al. (2010) na região de Pedra Azul, norte de Minas Gerais; Buriol et al. (2012) para Santa Maria, RS e Silva (2014) em Petrolina, PE. No caso específico do Estado do Piauí, foram

ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL A PARTIR DOS DADOS DE INSOLAÇÃO NO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

conduzidos estudos para a definição desses coeficientes nos municípios de Teresina, por Vianella e Alves (1991) e Parnaíba por Andrade Júnior et al. (2012). No entanto, não são encontradas na literatura, informações sobre esses coeficientes para outras localidades do Estado, nem seus efeitos na estimativa da radiação solar global.

Assim sendo, objetivou-se com o presente estudo, obter os coeficientes a e b da equação de Angström-Presecott e de posse dos mesmos, realizar a estimativa da radiação solar global a partir dos dados de insolação e comparar com os dados medidos em

municípios localizados no Estado do Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado a partir de dados obtidos de estações meteorológicas, automáticas e convencionais, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas em cinco municípios do Estado do Piauí: Paulistana, Picos, São João do Piauí, Floriano e Piripiri. A localização geográfica das estações, bem como as coordenadas e período de coleta de dados podem ser visualizadas na Figura 1 e Tabela 1, respectivamente.

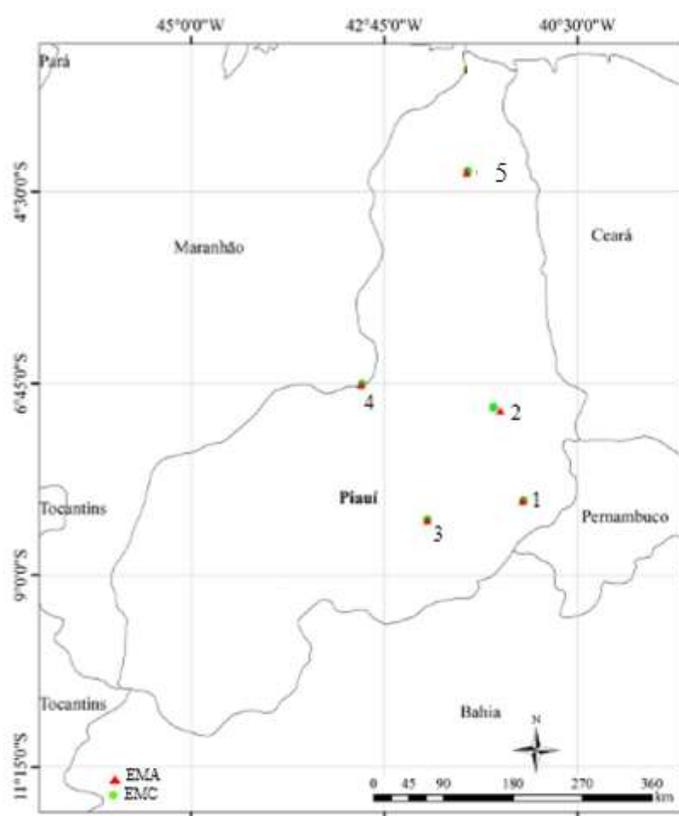


Figura 1. Mapa identificando os municípios com as estações meteorológicas convencionais (EMC) e automáticas (EMA) do INMET utilizadas no estudo (1. Paulistana; 2. Picos; 3. São João do Piauí; 4. Floriano; 5. Piripiri).

Tabela 1. Municípios, identificação das estações, coordenadas geográficas do período da análise comparativa dos dados meteorológicos das estações automáticas e convencionais do Estado do Piauí selecionadas para avaliação.

Municípios	Estação (ID) *	Coordenadas Geográficas			Período (anos)
		Lat	Long	Alt (m)	
1. Paulistana	A330	-8,13°	-41,14°	374,0	2008-2014
	82882	-8,13°	-41,13°	374,2	

2. Picos	A343	-7,07°	-41,40°	233,0	2009-2014
	82780	-7,03°	-41,48°	207,9	
3. São João do Piauí	A331	-8,36°	-42,25°	235,0	2008-2014
	82879	-8,35°	-42,25°	235,3	
4. Floriano	A311	-6,77°	-43,02°	123,3	2008-2014
	82678	-6,76°	-43,01°	123,2	
5. Piripiri	A335	-4,28°	-41,79°	161,0	2008-2014
	82474	-4,26°	-41,78°	161,1	

*Identificação da estação na rede de estações automáticas (linha superior) e número sinótico da estação convencional (OMM) (linha inferior).

Nas estações convencionais foram obtidos os dados diários de insolação (n) e nas automáticas, os dados de radiação solar global (R_s). Os coeficientes foram determinados em três períodos: anual (todos os meses do ano), chuvoso (janeiro a maio) e seco (junho a dezembro). Os coeficientes foram obtidos por análise de regressão linear, com todos os dados diários de n e R_s medidos nos períodos, usando-se uma planilha eletrônica Excel. Com a equação de Angström - Prescott correlacionou-se a radiação solar global (R_s) com a razão de insolação (n/N), por meio da expressão (Pereira et al., 2002):

$$\frac{R_s}{R_a} = a + b \left(\frac{n}{N} \right) \quad (1)$$

em que R_s é a radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); n representa as horas de insolação real (h d^{-1}); N é a duração máxima possível do brilho solar (h d^{-1}); R_a é a radiação solar no topo da atmosfera ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); a é o coeficiente que expressa a fração da radiação no topo da atmosfera que atinge a Terra em dias totalmente nublados, correspondente à fração difusa, e b é o coeficiente complementar que expressa o total de radiação solar global. As estimativas de R_a e de N foram efetuadas conforme as equações abaixo (Pereira et al., 2002):

(2)

$$R_a = 37,586 \text{ dr} (\omega_s \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s)$$

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

$$\omega_s = \cos^{-1} (-\tan \varphi - \tan \delta) \quad (4)$$

$$\delta = 0,4093 \sin \left(J \frac{2\pi}{365} - 1,405 \right) \quad (5)$$

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

em que: dr é a distância relativa Terra - Sol; ω_s o ângulo horário do pôr do Sol (rad); φ a latitude do local (rad); δ a declinação solar (rad) e J o número do dia do ano.

Com a obtenção dos coeficientes a e b de Angström- Prescott, realizou-se a estimativa da radiação solar global por meio da equação de Angström - Prescott e comparou-se os dados estimados com os medidos no período anual, chuvoso e seco. Para avaliar o desempenho dos dados de radiação solar global (R_s) foi realizada a análise de regressão linear e determinado o coeficiente de determinação (R^2), que indica precisão máxima quando R^2 tende a 1. Além disso, utilizou-se o índice de concordância de Willmott (d) (Willmott et al., 1985), o coeficiente de confiança (c) proposto por Camargo e Sentelhas (1997), coeficiente de correlação (r) e o erro absoluto médio (EAM):

$$d = 1 - \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (7)$$

$$c = d \cdot r \quad (8)$$

$$r = \sqrt{R^2} \quad (9)$$

ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL A PARTIR DOS DADOS DE INSOLAÇÃO NO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

$$EAM = \left[\frac{1}{n} \right] \sum_{i=1}^n (O_i - P_i) \quad (10)$$

em que: O_i são os dados coletados na EMC, P_i os dados coletados na EMA, \bar{O} as médias dos dados da EMC; n é o número de observações.

Os valores dos coeficientes de correlação (r) e dos índices de desempenho ou confiança (c) encontrados foram classificados seguindo-se a classificação proposta por Hopkins (2000) (Tabela 2) e por Camargo e Sentelhas (1997) (Tabela 3), respectivamente.

Tabela 2. Classificação das correlações de acordo com Hopkins (2000).

Coefficiente de Correlação (r)	Correlação
0,0 - 0,1	Muito baixa
0,1 - 0,3	Baixa
0,3 - 0,5	Moderada
0,5 - 0,7	Alta
0,7 - 0,9	Muito alta
0,9 - 1,0	Quase perfeita

Tabela 3. Critério de interpretação do desempenho pelo índice “ c ”, segundo Camargo e Sentelhas (1997).

Valor de “ c ”	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de a e b da equação de Angström - Prescott para as localidades estudadas foram apresentados na Tabela 4. Os valores de a variaram de 0,2485 (Floriano) a 0,3280 (Piripiri) no período chuvoso. No período seco, a variação foi de 0,2626 (Floriano) a 0,3399 (São João do Piauí) (Tabela 4). Comparando-se os valores de

a estimados com o sugerido pela FAO (ALLEN et al., 1998), que é de 0,25, verificou-se diferenças de 10,92% (Picos) e 28,32% (Piripiri) no período chuvoso e de 5,05% (Floriano) e 33,16% (São João do Piauí) no período seco. Andrade Júnior et al. (2012) em Parnaíba, PI e Dornelas et al. (2006) em Brasília, DF, encontraram diferenças de 24,3% e 36%, respectivamente.

Tabela 4. Valores anuais e sazonais dos coeficientes a e b da equação de Angström - Prescott para os municípios do Estado do Piauí.

Municípios	Período anual		
	a	b	R^2
Paulistana	0,2786	0,4894	0,784
Picos	0,2525	0,4948	0,753
São João do Piauí	0,3010	0,4656	0,700
Floriano	0,2402	0,3969	0,677

Piripiri	0,3315	0,4091	0,665
Período chuvoso			
Paulistana	0,2883	0,4748	0,746
Picos	0,2773	0,4338	0,689
São João do Piauí	0,2966	0,4504	0,603
Floriano	0,2485	0,3623	0,661
Piripiri	0,3280	0,4167	0,613
Período seco			
Paulistana	0,2640	0,5079	0,804
Picos	0,2645	0,4863	0,712
São João do Piauí	0,3399	0,4083	0,538
Floriano	0,2626	0,3794	0,519
Piripiri	0,3200	0,4041	0,504

Os valores de b variaram de 0,3623 (Floriano) a 0,4748 (Paulistana) no período chuvoso e de 0,3794 (Floriano) a 0,5079 (Paulistana) no período seco (Tabela 4). Ao se comparar os valores de b encontrados com o sugerido pela FAO (ALLEN et al., 1998), que é 0,50, constataram-se diferenças de 27,54% (Floriano) e 5,04% (Paulistana) no período chuvoso e de 24,12 % (Floriano) e 1,58% (Paulistana) no período seco. Para o mesmo coeficiente, Andrade Júnior et al. (2012) em Parnaíba, PI encontraram diferenças de 7,7% (período chuvoso) e 1,7% (período seco).

As diferenças constatadas entre os coeficientes obtidos no presente estudo em relação aos encontrados na literatura são decorrentes das diferenças climáticas entre os locais, calibração dos sensores e a série de dados utilizados. Este fato evidencia a importância da calibração local desses coeficientes, tornando os resultados estimados da radiação global mais próxima dos valores medidos (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

Os valores de a e b variaram pouco ao longo dos períodos chuvoso e seco, possivelmente em virtude da pequena amplitude nos valores diários de insolação e radiação solar ao longo do ano (TORRES et al., 2010) nos municípios onde o estudo foi realizado. Dessa forma, pode-se adotar a estimativa da radiação solar a partir dos coeficientes anuais, sem cometer erros significativos na estimativa da radiação solar global para os municípios. Comportamento similar foi observado em Parnaíba, PI, por Andrade Júnior et al. (2012); Canavieiras,

BA, por Torres et al. (2010) e em Macapá, AP, por Belúcio et al. (2014).

Os coeficientes de determinação (R^2) variaram de 0,665 (Piripiri) a 0,784 (Paulistana) no período anual, de 0,603 (São João do Piauí) a 0,746 (Paulistana) no período chuvoso e 0,504 (Piripiri) a 0,804 (Paulistana) no período seco (Tabela 4). Andrade Júnior et al. (2012) em Parnaíba, PI obtiveram valores de R^2 iguais a 0,714 (período chuvoso) e 0,515 (período seco), portanto, semelhantes aos obtidos no presente estudo. Em contrapartida, Torres et al. (2010), Carvalho et al. (2011) e Jerszurki e Souza (2013) obtiveram valores de R^2 superiores aos obtidos neste estudo, oscilando de 0,81 a 0,95 para a região de Canavieiras, BA, Soropédica, RJ e Telêmaco, PR, respectivamente. Possivelmente, estes melhores ajustes ocorreram devido à maior série de dados utilizados para estimar os coeficientes a e b nesse locais e/ou as diferenças climáticas entre as regiões.

A comparação dos dados de radiação solar global medidos e estimados no período anual, chuvoso e seco nos municípios abrangidos pelo estudo encontra-se na Tabela 5. No período anual, verificou-se que o valor de R^2 foi similar em todos os municípios: Paulistana ($R^2= 0,817$), Picos ($R^2= 0,815$), São João do Piauí ($R^2= 0,829$), Floriano ($R^2= 0,840$) e Piripiri ($R^2= 0,830$), sendo superior ao obtido por Dornelas et al. (2006) em Brasília, DF, igual a 0,760. Este comportamento é atribuído ao fato dos coeficientes a e b da equação de Angström-Prescott terem sido calibrados

ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL A PARTIR DOS DADOS DE INSOLAÇÃO NO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL

especificamente para cada município, permitindo assim, uma maior proximidade

dos dados de radiação solar estimados pela EMC em relação aos medidos pela EMA.

Tabela 5. Indicadores estatísticos para a análise de concordância da radiação solar global medida e estimada no período anual, chuvoso e seco para municípios situados no Estado do Piauí.

Local	Radiação solar global (MJ.m ⁻² dia ⁻¹)					
	R ²	EAM	R	d	c	Desempenho
Período anual						
Paulistana	0,817	0,514	0,903	0,700	0,632	Mediano
Picos	0,815	0,270	0,902	0,732	0,660	Bom
São João do Piauí	0,829	0,548	0,910	0,788	0,717	Bom
Floriano	0,840	-0,441	0,916	0,817	0,748	Bom
Piripiri	0,830	0,199	0,911	0,762	0,694	Bom
Período chuvoso						
Paulistana	0,899	0,260	0,948	0,704	0,667	Bom
Picos	0,867	-0,220	0,931	0,867	0,807	Muito Bom
São João do Piauí	0,869	-0,251	0,932	0,888	0,827	Muito Bom
Floriano	0,860	-0,285	0,927	0,810	0,751	Bom
Piripiri	0,812	-0,216	0,901	0,779	0,701	Bom
Período seco						
Paulistana	0,919	0,220	0,958	0,889	0,852	Ótimo
Picos	0,864	0,115	0,929	0,871	0,809	Muito Bom
São João do Piauí	0,874	-0,108	0,934	0,831	0,776	Muito Bom
Floriano	0,837	-0,869	0,914	0,802	0,733	Bom
Piripiri	0,871	0,580	0,933	0,825	0,769	Muito Bom

R²= coeficiente de determinação; EAM= o erro absoluto médio, r= coeficiente de correlação; d= coeficiente de concordância e c= índice de desempenho

As maiores diferenças entre os dados foram observadas em São João do Piauí (EAM= 0,548 MJ m⁻² dia⁻¹) e as menores em Piripiri (EAM= 0,199 MJ m⁻² dia⁻¹) (Tabela 5), ambas superiores às encontradas por Silva (2014), em Petrolina, PE e Dornelas et al. (2006), em Brasília, DF, que foi de 0,09 MJ m⁻² dia⁻¹ e 0,08 MJ m⁻² dia⁻¹ respectivamente.

A correlação dos dados foi quase perfeita em todos os municípios: Paulistana (r= 0,903), Picos (r= 0,902), São João do Piauí (r= 0,910), Floriano (r= 0,916) e Piripiri (r= 0,911). Porém, a concordância não foi boa, com valores iguais a 0,700; 0,732; 0,788; 0,817 e 0,762 para os municípios de Paulistana, Picos, São João do Piauí, Floriano e Piripiri (Tabela 5). Mesmo assim, o desempenho estatístico dos dados foi considerado mediano em Paulistana, e bom nos demais locais (Tabela 5), corroborando com Silva (2014). Carvalho

et al. (2011) e Dornelas et al. (2006) que encontraram índices de desempenho variando entre ótimo e muito bom.

No período chuvoso, constatou-se um leve incremento na precisão dos dados: Paulistana (R²= 0,899), Picos (R²= 0,867), São João do Piauí (R²= 0,869) e Floriano (R²= 0,860), a exceção do município de Piripiri (R²= 0,812). As menores discrepâncias dos dados continuaram sendo observadas em Piripiri (EAM= 0,216 MJ m⁻² dia⁻¹) (Tabela 5).

A correlação dos dados, assim como no período anual, foi quase perfeita em todos os municípios: Paulistana (r= 0,948), Picos (r= 0,931), São João do Piauí (r= 0,932), Floriano (r= 0,927) e Piripiri (r= 0,901). A concordância dos dados permaneceu baixa, com valores inferiores a 0,90: Paulistana (d= 0,704), Picos (d= 0,867), São João do Piauí (d= 0,888), Floriano (d= 0,810) e Piripiri (d=

0,779). Os desempenhos obtidos foram: Paulistana (bom), Picos (muito bom), São João do Piauí (muito bom), Floriano (bom) e Piri-piri (bom), bastante similares aos observados no período anual.

No período seco, a análise comparativa dos dados de radiação solar apresentou ajustes similares aos constatados no período chuvoso e levemente superior aos do período anual: Paulistana ($R^2= 0,919$), Picos ($R^2= 0,864$), São João do Piauí ($R^2= 0,874$), Floriano ($R^2= 0,837$) e Piri-piri ($R^2= 0,871$). As diferenças entre os dados das duas estações foram maiores no município de Floriano ($EAM= 0,869 \text{ MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$) e menores em São João do Piauí ($EAM= 0,108 \text{ MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$).

A correlação dos dados em todos os municípios variou de 0,90 a 1, sendo classificada como quase perfeita. Este mesmo comportamento foi constatado nos períodos chuvoso e anual.

A concordância dos dados, de maneira geral, continuou apresentando valores inferiores a 0,90. Mesmo assim, os desempenhos obtidos foram altos: Paulistana (ótimo), Picos (muito bom), São João do Piauí (muito bom), Floriano (bom) e Piri-piri (muito bom), semelhantes às performances observadas no período chuvoso e anual.

CONCLUSÕES

As estimativas da radiação solar global a partir dos dados de insolação por meio da equação de Angström-PreScott utilizando os coeficientes a e b obtidos, quando comparadas com os valores medidos, apresenta bom desempenho. Em decorrência disso, pode-se utilizar dados de radiação solar global estimados a partir da insolação nos municípios estudados.

AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos. A Embrapa Meio-Norte e ao Instituto Nacional de

Meteorologia (INMET), que cederam os dados meteorológicos para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Pan evaporation method. In: **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Roma: FAO, p. 78-85, 1998. (Irrigation and Drainage, 56).

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; NOLETO, D.H.; SILVA, M.E.; BRAGA, D.L.; BASTOS E.A. Coeficientes da equação de Angström-PreScott para Parnaíba, Piauí. **Comunicata Scientiae**, v.1, n.3, p.50-54, 2012.

ANGSTROM, A. Solar and terrestrial radiation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 50, n. 210, p.121-126, 1924.

BELÚCIO, L.P.; SILVA, A.P.N.; SOUZA, L.R.; MOURA, G.B.A. Radiação solar global estimada a partir da insolação para Macapá (AP). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n.4, p.494-504, 2014.

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M.; PAMPONET, B. M. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 74-80, 2010.

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. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1563-1567, 2012.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil.

Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CARVALHO, D. F.; SILVA, D. G.; SOUZA, A. P.; GOMES, D. P.; ROCHA, H. S. Coeficientes da equação de Angstrom-Prescott e sua influência na evapotranspiração de referência em Seropédica, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 838-844, 2011.

DALLACOR, T. R.; FREITAS, P. S.L.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; BERTONHA, A.; TRINTINALHA, F. F. S. M. Determinação dos coeficientes da equação de Angstrom para a região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**. Agronomy, v.26, n.3, p.329-336, 2004.

DORNELAS, K.D.S.; SILVA, C.L.; OLIVEIRA, C.A.S Coeficientes médios da equação de Angström-Prescott, radiação solar e evapotranspiração de referência em Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.8, p.1213-1219, 2006.

HOPKINS, W.G. **Correlation coefficient: a new view of statistics**. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>, 2000. Acesso em: 23 fevereiro. 2016.

JERSZURKI, D.; SOUZA, J.L.M Parametrização das equações de Hargreaves-Samani e Angström-Prescott para estimativa da radiação solar na região de Telêmaco

Borba, Estado do Paraná. **Ciência Rural**, v.43, n. 3, p.383-389, 2013.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba, Agropecuária. 478p, 2002.

PEREIRA, S.T.; SANTOS, W.C.P.; AMORIM,J.S.; ROCHA, F.A.; SILVA, J.O (2010) Estimativa da radiação solar global para a região de Pedra Azul, Norte de Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n. 11,,p.1-9, 2010.

SILVA, A.O Coeficientes de Angström-Prescott e sua influência na radiação solar e ETo no Perímetro irrigado de Bebedouro em Petrolina. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 8, n. 4, p.333-342, 2014.

TORRES, C.J.F.; SILVA, N.L.; BARROS, F.M.; ROCHA, F.A.; SILVA, J.O. Determinação dos coeficientes do modelo de Angstrom - Prescott para a região de Canavieiras, Estado da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 11, p.1-7, 2010.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, Imprensa Universitária. 449 p, 1991.

WILLMOTT, C.J Some comments on the evaluation of model performance. Buletin of the American. **Meteorological Society**, v.63, p.1309-1313, 1985.