

COEFICIENTES DA EQUAÇÃO DE ANGSTRÖM-PRESCOTT PARA PARNAÍBA, PIAUÍ

ADERSON S. ANDRADE JÚNIOR¹, DARLAN L. BRAGA², DONAVAN H. NOLETO²,
MARIA E. SILVA³ & EDSON A. BASTOS⁴

¹ Eng. Agrônomo, Pesquisador A, Embrapa Meio-Norte, Bolsista PQ-CNPq, Caixa Postal 1, CEP 64.006-220, Teresina, PI. Fone: (86) 3089-9160. E.mail: aderson@cpamn.embrapa.br; ² Estudante de Agronomia, CCA-UFPI, Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.; ³ Eng. Agrônomo, Bolsista NS-CNPq, Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI. ⁴ Eng. Agrônomo, Pesquisador A, Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia
18 a 21 de julho de 2011 – SESC – Guarapari – ES

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estimar os coeficientes a e b da equação de Angström-Prescott, para Parnaíba, Piauí. Foram utilizados dados de radiação solar global, de uma estação agrometeorológica automática, e de insolação, de uma estação convencional, ambas pertencentes ao INMET e instaladas na UEP - Embrapa Meio-Norte, do período de 2004 a 2006 e de 2008 a 2010. Os coeficientes foram determinados por análise de regressão linear múltipla, para os períodos chuvoso (meses de janeiro a maio), seco (meses de junho a dezembro) e anual. Os coeficientes a e b foram iguais a 0,3359 e 0,4491 (período chuvoso) e 0,3354 e 0,4538 (período seco). Os coeficientes anuais a e b foram iguais a 0,3341 e 0,4544. Os coeficientes sazonais e anuais não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo portanto recomendado a adoção dos coeficientes anuais, independentemente da época do ano.

PALAVRAS-CHAVE: balanço de energia, duração de brilho solar, Penman-Monteith.

ANGSTRÖM-PRESCOTT EQUATION COEFFICIENTS IN TERESINA, PIAUI STATE

ABSTRACT: The objective of this work was to estimate a and b coefficients of Angström-Prescott equation for Parnaíba, Piauí State, Brazil. Global solar radiation and duration of sunshine were used. The data were collected, respectively, from weather automatic station and INMET conventional station, installed at UEP - Embrapa Mid North, from 2004 to 2006 and from 2008 to 2010. Coefficients were determined by linear regression analysis considering rainy (from January to May) and dry (from June to December) season and annual periods. Seasonal coefficients a and b were 0.3359 and 0.4491 (rainy season) and 0.3354 and 0.4538 (dry season). Annual coefficients a and b were 0.3341 and 0.4544, respectively. The seasonal and annual coefficients showed no significant differences among themselves, and therefore recommended the adoption of annual coefficients, regardless of season.

KEYWORDS: energy balance, duration of sunshine, Penman-Monteith.

INTRODUÇÃO: Um dos principais parâmetros climatológicos que afeta a evapotranspiração é a radiação solar (PEREIRA et al., 2002). É um elemento meteorológico importante também para realização de zoneamentos agrícolas, estabelecimento e utilização de modelos de crescimento e produção na agricultura (FONTANA & OLIVEIRA, 1996). Porém, para sua medição são exigidos instrumentos de custo elevado (radiômetros, actinógrafos e piranômetros), que requerem calibração e manutenção constantes (DORNELAS et al., 2006). Contudo, para os locais onde não existe disponibilidade de dados de radiação solar, este elemento climatológico pode ser estimado com boa precisão usando-se os coeficientes de regressão a e b da equação de Angström - Prescott. Esses coeficientes dependem, principalmente, das características físicas da camada atmosférica e são influenciados pela

latitude e altitude do local e pela época do ano (PEREIRA et al., 2002). Alguns estudos foram executados para a definição desses coeficientes nas condições brasileiras (DORNELAS et al., 2006; CONCEIÇÃO & MANDELLI, 2006; TORRES et al., 2010). No caso específico do Piauí, VIANELLO & ALVES (1991) apresentam valores médios anuais dos coeficientes da equação de Angström - Prescott, para Teresina de $a = 0,31$ e $b = 0,37$. No entanto, não foram encontradas, na literatura, informações sobre esses coeficientes para outras localidades, dentre elas Parnaíba. Dessa forma, conduziu-se este trabalho para estimar os coeficientes a e b da equação de Angström-Prescott, para as condições de Parnaíba, Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados meteorológicos foram coletados na UEP - Parnaíba / Embrapa Meio-Norte, situada em Parnaíba, a $03^{\circ}05'S$, $41^{\circ}46'W$ e altitude de 46,8 m. O clima do município, segundo Thornthwaite & Mather (1955), é sub-úmido seco, megatérmico, com pequeno excedente hídrico no verão (BASTOS et al., 2008). A precipitação média anual é de 1.130 mm (média histórica de 1978 a 1990) (BASTOS et al., 2000), com temperaturas médias anuais: máxima de $32,8^{\circ}C$ e mínima de $23,3^{\circ}C$ (BASTOS et al., 2008). Os dados de radiação solar global (R_g) foram obtidos de um piranômetro de fotodiodo de silício instalado em uma estação meteorológica automática. Os dados de insolação (n) foram obtidos de um heliógrafo de uma estação meteorológica convencional, ambas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O período de coleta dos dados compreendeu os anos de 2004 a 2006 e de 2008 a 2010, em um total de 1.479 registros diários, subtraindo-se os dias sem registros. Os coeficientes foram determinados em três períodos de tempo: período chuvoso (meses de janeiro a maio), período seco (meses de junho a dezembro) e anual. Os coeficientes foram obtidos por análise de regressão linear, com todos os dados diários de n e R_g medidos nos períodos, usando-se a planilha eletrônica Excel. A equação de Angström - Prescott correlaciona a radiação solar global (R_g) com a razão de insolação (n/N), por meio da expressão (PEREIRA et al., 2002):

$$\frac{R_g}{Q_0} = a + b \left(\frac{n}{N} \right) \dots\dots\dots (1)$$

em que R_g é a radiação solar global ($MJ m^{-2} d^{-1}$); n representa as horas de insolação real ($h d^{-1}$); N é a duração máxima possível do brilho solar ($h d^{-1}$); Q_0 é a radiação solar no topo da atmosfera ($MJ m^{-2} d^{-1}$); 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 Q_0 e de N foram efetuadas conforme as equações abaixo (PEREIRA et al., 2002):

$$Q_0 = 37,586 \cdot dr \cdot (\omega_s \cdot \sin\phi' \cdot \sin\delta + \cos\phi' \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_s) \dots\dots\dots (2)$$

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

$$\omega_s = \arccos(-\tan\phi' \cdot \tan\delta) \dots\dots\dots (4)$$

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

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

em que dr - distância relativa Terra - Sol; ω_s - ângulo horário do pôr do Sol (rad); ϕ' - latitude do local (rad); δ - declinação solar (rad) e J - dia do ano pelo calendário juliano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores sazonais de a variaram de $0,3354 \pm 0,0119$ (período seco) a $0,3359 \pm 0,0068$ (período chuvoso), enquanto a variação para o coeficiente b foi de $0,4491 \pm 0,0121$ (período chuvoso) a $0,4538 \pm 0,0164$ (período seco). Pode-se inferir que os valores de a e b variaram pouco ao longo dos períodos chuvoso e seco, ficando muito próximos aos valores obtidos a partir da média anual. Este fato pode ter ocorrido porque o município está situado na região litorânea, com pouca amplitude térmica (TORRES et al., 2010). 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 o município. Comparando-se com os valores sugeridos pela FAO (ALLEN et al., 1998) que são 0,25 (a) e 0,50 (b), os coeficientes obtidos neste trabalho apresentaram diferenças de 34,2% para a e de 10,2% para b , respectivamente. Diferenças com essa mesma ordem de grandeza também foram observadas por DORNELAS et al. (2006) ao estimar os valores de a e b para Brasília, DF. Os coeficientes de correlação de Pearson (R^2), iguais a 0,658 (período chuvoso) e 0,478 (período seco), não foram muito elevados, notadamente, no período seco do ano, o que, provavelmente, pode ter ocorrido em função do reduzido número de anos com dados utilizados no estudo (CONCEIÇÃO & MANDELLI, 2006). De fato, DORNELAS et al. (2006) obtiveram valores de R^2 oscilando de 0,82 a 0,95 ao utilizarem 25 anos de dados para estimar os coeficientes a e b para Brasília, DF. Porém, apesar disso, os valores de a e b obtidos nesse estudo aproximaram-se bastante dos valores recomendados pela FAO (ALLEN et al., 1998). Os maiores desvios observados nos valores de a e b ocorreram no período seco ($\pm 0,0119$ e $\pm 0,0164$), respectivamente, enquanto os menores desvios foram constatados no período chuvoso ($\pm 0,0064$ e $\pm 0,0121$), respectivamente. Em Brasília, DF, DORNELAS et al. (2006) evidenciaram que nos meses mais chuvosos e quentes (outubro a abril) ocorreram os menores desvios nos coeficientes a e b em comparação com os meses frios e secos (maio a setembro). Esse comportamento é reflexo da melhor distribuição dos valores da relação R_g/Q_o e n/N durante o período chuvoso em comparação ao período seco, onde houve uma concentração maior de valores elevados dessas relações devido a redução da nebulosidade e aumento da radiação solar nessa época do ano (Figura 1). Os coeficientes para o período anual foram $0,3341 \pm 0,0058$ e $0,4544 \pm 0,0088$ ficando 33,6% acima de 0,25 e 9,1% abaixo de 0,50, valores sugeridos pela FAO (ALLEN et al., 1998) para a e b , respectivamente. Essas diferenças reduzidas, notadamente, para o coeficiente b sugerem que ambos podem ser utilizados na estimativa da radiação solar global em Parnaíba, PI. Comparando-se os valores dos coeficientes a e b anuais da equação de Angström - Prescott, determinados neste estudo ($a = 0,3341$ e $b = 0,4544$), com os valores anuais dos municípios de Teresina ($a = 0,31$ e $b = 0,37$) (VIANELLO & ALVES, 1991) e Brasília ($a = 0,278$ e $b = 0,498$) (DORNELAS et al., 2006), observa-se que, neste caso, o valor de a aproximou-se bastante do obtido para essas localidades. Como o valor de a representa a fração da radiação difusa no topo da atmosfera que ocorre em dias nublados, é naturalmente menos sujeito a variações sensíveis decorrentes de fenômenos atmosféricos próximos da superfície. Entretanto, o valor de b foi superior ao de Teresina e mais próximo ao valor recomendado para Brasília, DF, e pela FAO (0,50). O comportamento esperado, devido à posição geográfica (latitude), seria de uma aproximação maior com o valor de b definido para Teresina, já que a diferença de latitude entre os dois locais é de apenas dois graus e apresentam altitudes próximas (46 m, em Parnaíba, e 76 m, em Teresina). Esse comportamento, provavelmente, deveu-se as diferenças metodológicas para as estimativas de Q_o e N e aos equipamentos utilizados na medição da radiação solar global e insolação.

CONCLUSÕES: i) Não houve diferenças sensíveis entre os coeficientes a e b obtidos para o período chuvoso e seco em comparação com o período anual; ii) Os coeficientes anuais a e b da equação de Angström - Prescott são iguais a 0,3341 e 0,4544, podendo ser indicados sem prejuízos para o cálculo da radiação solar global, em Parnaíba, em qualquer época do ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BASTOS, E.A.; RODRIGUES, B.H.N.; ANDRADE JÚNIOR, A.S. **Dados agrometeorológicos para o município de Parnaíba, PI (1990 – 1999)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 27p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 46).
- BASTOS, E.A.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; RODRIGUES, B.H.N. **Boletim agrometeorológico para o município de Parnaíba, Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 37p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 182).
- CONCEIÇÃO, M.A.F.; MANDELLI, F. **Estimativa diária da radiação solar incidente com base no número de horas de brilho solar para a região de Bento Gonçalves, RS**. Embrapa Uva e Vinho, 2006. 12 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 12).
- DORNELAS, K.D.S.; SILVA, C.L.; OLIVEIRA, C.A.S. Coeficientes médios da equação de Angstrom - Prescott, radiação solar e evapotranspiração de referência em Brasília. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.8, p.1213-1219, ago, 2006.
- FONTANA, D. C.; OLIVEIRA, D. Relação entre radiação solar global e insolação para o Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, p. 87-91, 1996
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.
- 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 / Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 6, n. 11, 2010, 6p.
- VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1991, 449p.

Tabela 1. Valores sazonais e anuais dos coeficientes a e b da equação de Angström - Prescott para Parnaíba, PI.

| Período | a | b | R^2 |
|--------------|----------------------|----------------------|--------------|
| Chuvoso | 0,3359±0,0068 | 0,4491±0,0121 | 0,685 |
| Seco | 0,3354±0,0119 | 0,4538±0,0164 | 0,478 |
| Anual | 0,3341±0,0058 | 0,4544±0,0088 | 0,640 |

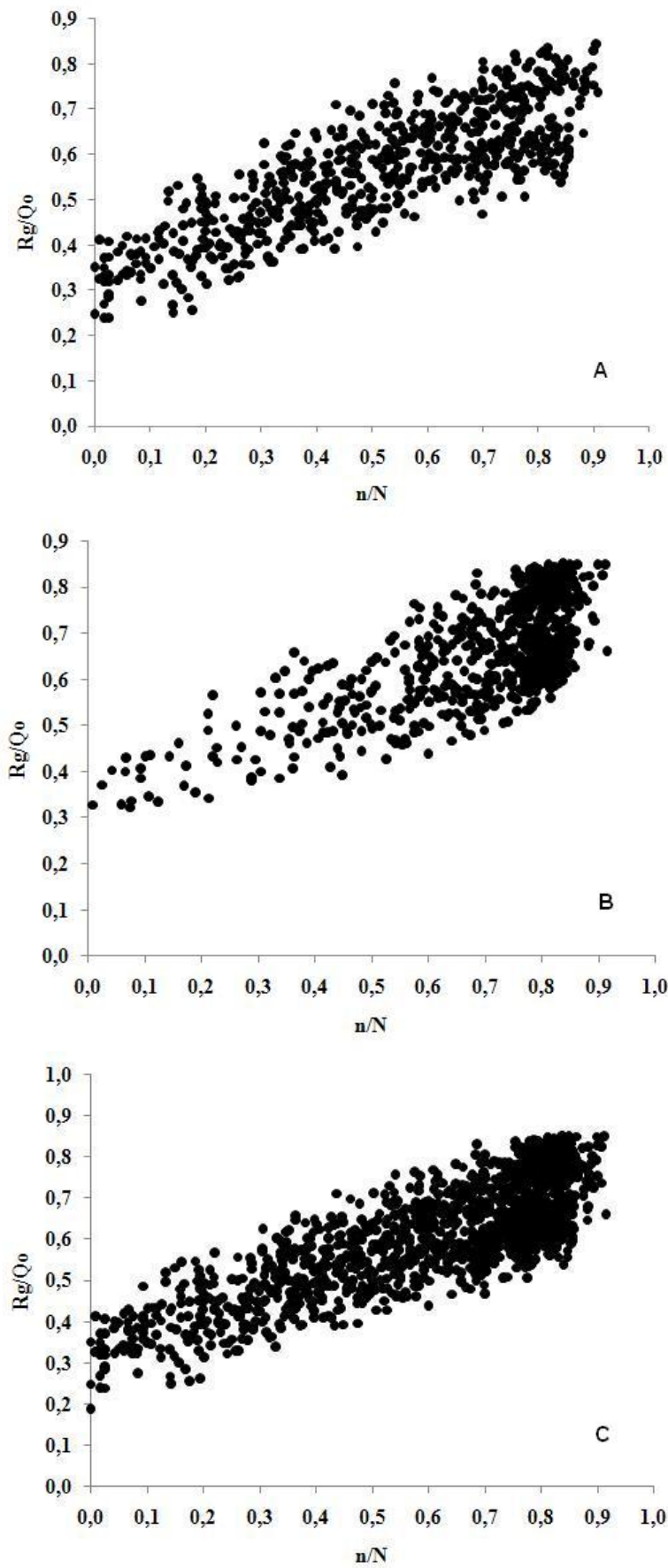


Figura 1. Gráficos de dispersão dos valores da razão de radiação (R_g/Q_0) e razão de insolação (n/N) para os períodos chuvoso (A), seco (B) e anual (C). Parnaíba, PI.