

## **AJUSTE DOS PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE ANGSTRON-PRESCOTT NA ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO GLOBAL EM MUNICÍPIOS GOIANOS**

E. J. Antunes Júnior<sup>1</sup>, D. Casaroli<sup>2</sup>, J. Alves Junior<sup>2</sup>, A. W. P. Evangelista<sup>2</sup>

**RESUMO:** Para a agricultura a radiação solar ( $R_s$ ) é indispensável, pois esta é transformada em energia química no processo da fotossíntese, promovendo assim o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas cultivadas. Para a obtenção da  $R_s$  são necessários equipamentos específicos, de elevado custo, que demandam manutenção periódica e pessoal técnico especializado para o manuseio. Entretanto, esta variável climática pode ser obtida a partir da equação de Angstrom-Prescott. Assim, o objetivo deste trabalho foi estimar os coeficientes  $a$  e  $b$  da equação de Angstrom-Prescott para municípios goianos. Foram utilizados dados de  $R_s$  e de insolação do período de 2007 a 2015, para os municípios de Aragarças, Cidade de Goiás, Jataí e Itumbiara. Os coeficientes foram determinados por análise de regressão linear, para os períodos mensais, estação chuvosa (outubro-abril) e seca (maio-setembro) e anual. Os indicadores estatísticos demonstraram que para o período mensal e anual em todos os municípios analisados a  $R_s$  pode ser estimada a partir da equação de Angstrom-Prescott. No entanto, para maior acurácia na estimativa da  $R_s$ , é recomendado utilizar as equações no período mensal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Insolação, irradiação global, radiação extraterrestre.

## **SET THE PARAMETERS OF ANGSTROM-PRESCOTT EQUATION TO ESTIMATE THE GLOBAL RADIATION IN MUNICIPALITIES IN STATE OF GOIAS**

**ABSTRACT:** For agriculture, the solar radiation ( $H$ ) is indispensable because it is transformed into chemical energy in the process of photosynthesis, thus promoting the growth, development and production of cultivated plants. Obtaining the  $H$  requires specific, high-cost equipment that requires periodic maintenance and specialized technical personnel for handling. However, this climate variable can be obtained from Angstrom-Prescott equation. The aim of this study was to estimate the coefficients  $a$  and  $b$  of Angstrom-Prescott equation for municipalities in State

<sup>1</sup> Doutorando, Depto da Escola de Agronomia, UFG, Goiânia, Goiás. e-mail: elson.j.jr@gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Depto da Escola de Agronomia, UFG, Goiânia, Goiás.

of Goiás. They were used H data and bright sunshine from 2007 to 2015, to the municipalities of Aragarças, Cidade de Goiás, Jataí and Itumbiara. The coefficients were determined by linear regression analysis for monthly, rainy (October to April) and dry (May to September) seasons and general period. Statistical indicators showed that, for the monthly and general period and to all municipalities analyzed, the H can be estimated from the Angstrom-Prescott equation. However, for greater accuracy in estimating the H, is recommended to use the equations in the monthly period.

**KEYWORDS:** Bright sunshine, global irradiation, extraterrestrial radiation.

## INTRODUÇÃO

A radiação solar é uma fonte praticamente inesgotável de energia limpa, ou seja, não poluente, capaz de sustentar a vida na terra, além de ser uma ótima alternativa às fontes atuais de energia. A radiação solar é a força motriz de vários fenômenos atmosféricos, tais como: a circulação geral da atmosfera, furacões, tornados, sistemas de baixa e alta pressão, evapotranspiração, processos convectivos, formação de chuvas, dentre outros.

Em sistemas agrícolas, a radiação solar global incidente ( $R_s$ ) é indispensável para atingir os potenciais produtivos de diferentes espécies vegetais, pois esta energia é transformada em energia química no processo da fotossíntese, promovendo assim o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas cultivadas. Ainda, estímulos provenientes da radiação solar também estão envolvidos em diferentes processos metabólicos nas plantas, como por exemplo, o início do subperíodo reprodutivo em plantas de dias curtos e longos, sendo esta resposta denominada de fotoperiodismo (Taiz & Zeiger, 2012).

Entretanto, um dos problemas encontrados para a utilização da  $R_s$  está na obtenção dos dados, pois há necessidade de equipamentos específicos, de elevado custo, que demandam manutenção periódica e pessoal técnico especializado para o manuseio (Dornelas et al., 2006).

Assim, os valores de radiação solar global podem ser estimados para qualquer local da superfície terrestre em função da razão de insolação ( $n/N$ ), a qual relaciona insolação real ( $n$ ) e fotoperíodo ( $N$ ). Estes dados são mais facilmente encontrados, pois  $n$  é dado pelo heliógrafo, que é um equipamento de baixo custo de aquisição e manutenção, e o  $N$  é determinado por cálculos. Esta metodologia foi proposta primeiramente por Angstrom (1924) e, posteriormente, modificada por Prescott (1940), sendo o modelo de Angstrom-Prescott amplamente utilizado nas estimativas de  $R_s$  (Almorox et al., 2005; Liu et al., 2009).

O produto do modelo matemático de Angstrom-Prescott são os coeficientes  $a$  e  $b$  que representam, respectivamente, a radiação difusa e direta da  $R_s$  (Dallacort et al., 2004). No Brasil, existem trabalhos que determinaram estes coeficientes, tais como: estado de São Paulo (Cervellini et al., 1966), Juazeiro-BA, Sumé e Souzam-PB (Azevedo et al., 1990), Lavras-MG (Dantas et al., 2003), Palotina-PR (Dallacort et al., 2004), Cascavel-PR (Valiati & Ricieri, 2005), Brasília-DF (Dornelas et al., 2006), Seropédica-RJ (Carvalho et al., 2011), Parnaíba-PI (Andrade Júnior et al., 2012). No entanto, para o estado de Goiás apenas a cidade de Goiânia (Lobato et al., 1982) apresenta os coeficientes  $a$  e  $b$  do modelo de Angstrom-Prescott.

O Estado de Goiás apresenta grande importância para o cenário nacional na produção agrícola, sendo que no ano de 2015, este ocupou a 4ª posição nacional na produção de cereais, leguminosas e oleaginosas, apresentando produção total de 19.558.011 ton. Dentre estes o milho (9.483.548 ton) e a soja (8.595.672 ton) são os principais produtos, seguido do feijão (315.109 ton). A cana-de-açúcar apresentou, em 2015, uma produção de 69.127.015 ton (IBGE, 2016). No ano de 2014 os dez municípios que mais produziram a cana-de-açúcar foram: Quirinópolis, Itumbiara, Goiatuba, Mineiros, Bom Jesus de Goiás, Rio Verde, Jataí, Santa Helena de Goiás, Chapadão do Céu e Gouvelândia (IMB, 2016).

Este trabalho objetivou estimar os coeficientes  $a$  e  $b$  do modelo de Angstrom-Prescott para os municípios goianos de Aragarças, Cidade de Goiás, Jataí e Itumbiara.

## MATERIAL E MÉTODOS

A radiação solar global incidente ( $R_s$ , MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) e a insolação real ( $n$ , horas) foram obtidas a partir de medidas de um piranômetro e de um heliógrafo, respectivamente. Estes dados encontram-se disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016).

A localização geográfica dos municípios utilizados, o período de coleta de dados e o número total de dados utilizados, excluindo os dias sem registro, encontram-se na Tabela 1.

Os coeficientes  $a$  e  $b$  da equação de Angstrom-Prescott (Eq.[1]) foram determinados a partir de uma análise de regressão em função de dados meteorológicos diários, sendo os coeficientes médios obtidos para cada cidade em escala mensal, estação seca, chuvosa e anual (Ahmad & Tiwari, 2011):

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

Em que,

$R_s$  - radiação solar global incidente ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ )

$Q_0$  - radiação solar no topo da atmosfera ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ )

$n$  - insolação real ( $\text{h dia}^{-1}$ )

$N$  - duração astronômica do dia ( $\text{h dia}^{-1}$ ).

Os valores de radiação solar no topo da atmosfera ( $Q_0$ ), correção da excentricidade terrestre ( $f$ ), declinação solar ( $\delta$ ), ângulo horário do nascer do sol ( $\omega_s$ ) e os valores de  $N$  foram determinados segundo metodologia apresentada por Ahmad & Tiwari (2011).

A validação dos modelos foi realizada a partir dos seguintes índices estatísticos: índice de concordância “ $d$ ” proposto por Willmott (1981), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), coeficiente residual de massa (CRM), raiz quadrada do erro médio (RQEM), erro médio (EM) e  $t$ -estatístico, dados pelas equações a seguir:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^k (\hat{y}_i - y_i)}{\sum_{i=1}^k (|\hat{y}_i - \bar{y}| + |y_i - \bar{y}|)} \quad (2)$$

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^k (y_i - \bar{y})^2}} \right)^2 \quad (3)$$

$$\text{CRM} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^k \hat{y}_i - \sum_{i=1}^k y_i}{\sum_{i=1}^k y_i} \right] \quad (4)$$

$$\text{RQEM} = \left[ \frac{\sum_{i=1}^k (\hat{y}_i - y_i)^2}{k} \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$\text{EM} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\hat{y}_i - y_i) \quad (6)$$

$$t = \left[ \frac{(k-1)\text{EM}^2}{\text{RQEM}^2 - \text{EM}^2} \right]^{1/2} \quad (7)$$

Em que,

$x_i$  - valor observado da razão de insolação ( $n/N$ )

$\bar{x}$  - média dos valores observados da razão de insolação ( $n/N$ )

$y_i$  - valor observado da razão de radiação ( $R_s/Q_0$ )

$\bar{y}$  - média dos valores observados da razão de radiação ( $R_s/Q_0$ )

$\hat{y}_i$  - valor estimado da razão de radiação ( $R_s/Q_0$ )

$k$  - número de observações.

O CRM fornece informações sobre a condição ótima de ajuste, ou seja, valor igual a zero (0). Representando a tendência do modelo em superestimar ou subestimar os valores observados, desta maneira valores positivos indicam tendência à superestimação e vice-versa (Togrul et al., 2000; Andrade Júnior et al., 2012).

O uso isolado do RQEM e EM não é um método adequado para avaliação de desempenho de modelos, desta forma a utilização do  $t$ -estatístico em conjunto com o RQEM e EM apresenta resultados mais confiáveis e explicativos para a avaliação e comparação de modelos de radiação solar (Stone, 1993).

Para determinar se as estimativas de um modelo são estatisticamente significativos, basta determinar um valor de  $t$ -crítico obtido a partir de tabelas estatísticas, isto é,  $t_{\alpha/2}$  é o nível de significância e  $(k - 1)$  os graus de liberdade. Para as estimativas do modelo a ser julgados estatisticamente significativos ao nível de confiança  $1 - \alpha$ , o valor  $t$ -estatístico deve ser menor que o valor  $t$ -crítico. Desta maneira, quanto menor o valor de  $t$ -estatístico, melhor é o desempenho do modelo (Stone, 1993).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média geral da relação  $R_s/Q_0$ , bem como o desvio-padrão, dos dados observados para Aragarças, Cidade de Goiás, Jataí e Itumbiara, foi de  $0,58 \pm 0,12$ ;  $0,58 \pm 0,14$ ;  $0,58 \pm 0,13$  e  $0,57 \pm 0,13$ , respectivamente. A relação  $R_s/Q_0$  indica a quantidade de radiação que penetra a atmosfera e chega à superfície terrestre. Como observado anteriormente, os municípios avaliados apresentaram um valor médio de  $R_s/Q_0$  bem próximo, indicando uma quantidade de  $R_s$  semelhante, independentemente da localização geográfica ou altitude, sendo que estes fatores condicionam a  $R_s$  (Allen et al., 1998).

Outro fator que altera a  $R_s$  é a presença de nuvens. Allen et al. (1998) relataram que durante um dia sem nuvens a  $R_s$  é de aproximadamente 75% da  $Q_0$ , e que em dias nublados esta reduz para valores em torno de 25% da  $Q_0$ . A insolação real ( $n$ , horas) média, bem como o desvio-padrão, dos dados observados para Aragarças, Cidade de Goiás, Jataí e Itumbiara, foi de  $6,81 \pm 3,21$ ;  $7,10 \pm 2,96$ ;  $6,52 \pm 3,21$  e  $7,10 \pm 3,35$ , respectivamente.

Na Figura 1 é apresentada a variação para o período mensal, estação seca, chuvosa e geral dos coeficientes  $a$  e  $b$  e seus respectivos erros-padrão. Verifica-se que apenas a Cidade de Goiás apresentou valores dos coeficientes  $a$  e  $b$  próximos aos propostos por Allen et al. (1998) de 0,25 e 0,50, respectivamente, apresentando também o maior valor de coeficiente de determinação (0,8823). As demais cidades possuem valores dos coeficientes  $a$  e  $b$  próximos entre si, obtendo-se uma média de 0,3244 e 0,4181, respectivamente.

Como pode ser observado, ainda, na Figura 1, os coeficientes  $a$  e  $b$  para os municípios de Aragarças (A) e Itumbiara (D) apresentaram uma inversão de valores nos meses de julho e agosto, enquanto que em Jataí (C) esse comportamento foi observado nos meses de abril e agosto, não ocorrendo para a Cidade de Goiás (B).

A magnitude do coeficiente  $a$  depende do tipo e espessura de nuvens prevalentes enquanto que  $b$  diz respeito às características de transmissão da atmosfera livre de nuvens, determinada principalmente pelo seu teor total de água e turbidez (Gopinathan, 1988; Rietveld, 1978). Nuvens altas absorvem menos irradiação de ondas curtas do que as nuvens mais baixas, pois são mais secas, permitindo assim que mais luz possa penetrar as nuvens, resultando em um maior coeficiente  $a$  (Rietveld, 1978). Da mesma forma, nuvens finas também possibilitam uma maior penetração de luz e, conseqüentemente, obtém-se um maior valor de  $a$ .

Em todas os municípios avaliados o coeficiente  $a$  foi sempre maior na estação seca (maio-setembro) em relação à estação chuvosa (outubro-abril), entretanto, o coeficiente  $b$  apresentou maiores valores na estação chuvosa (Figura 1), corroborando com as afirmações realizadas por Rietveld (1978) e Andrade Júnior et al. (2012). Isto ocorre devido a transmissividade da atmosfera ser maior na estação chuvosa que na estação seca, pois há uma menor concentração de partículas suspensas no ar e também devido a frequente entrada de massas de ar quente e úmida provenientes da região equatorial continental (Blanco & Sentelhas, 2002).

A partir da soma dos coeficientes  $a$  e  $b$  obtém-se a transmitância (Figura 2), que representa a quantidade de radiação solar que efetivamente chega até a superfície terrestre.

A estação seca apresentou os menores valores de transmissividade em todos os municípios analisados, porém não se diferenciando da estação chuvosa e período anual, exceto para Aragarças, onde o período chuvoso apresenta os maiores valores desta variável (Figura 2).

Na estação chuvosa, a  $R_s$  possui maior intensidade em função da declinação solar apresentar valores negativos, ou seja, o hemisfério sul está com sua face mais voltada para o sol. Esta é a possível explicação para que a soma dos coeficientes  $a$  e  $b$  tenham sido maiores durante a estação chuvosa. Além disto, Dornelas et al. (2006) afirmaram que nos meses que compreendem a estação seca, é comum o aumento de partículas sólidas na atmosfera em razão

da menor umidade; estas partículas são provenientes da poeira e, principalmente, das queimas que ocorrem na região Centro-Oeste, ocasionando um impedimento físico à penetração da  $R_s$  na atmosfera, gerando menores valores de transmissividade para a maioria dos municípios, exceto Cidade de Goiás, que apresentou valores quase que idênticos para os três casos.

Os índices estatísticos das equações no período mensal, estação seca, chuvosa e anual para os municípios avaliados são apresentados na Tabela 2. O valor de  $d$  igual a 1,00 foi obtido para todos os municípios no período mensal e anual, no entanto, nas estações seca e chuvosa este índice apresentou valor mais baixos, principalmente na estação seca em todas os municípios avaliados. Seguindo esta mesma tendência os valores do  $t$ -estatístico comprovaram que as estações seca e chuvosa, não fornecem valores significativos para estimativa da equação de Angstrom-Prescott, exceto para Cidade de Goiás e Itumbiara na estação chuvosa.

Apesar de o  $R^2$ , CRM, EM e a RQEM terem apresentado valores satisfatórios para todas estações seca e chuvosa o valor de  $t$ -estatístico demonstra que a equação de Angstrom-Prescott não deve ser utilizada para estes casos, exceto para Cidade de Goiás e Itumbiara na estação chuvosa. Corroborando com a afirmação realizada por Stone (1993) de que os indicativos de EM e a RQEM, quando utilizados isoladamente podem fornecer uma decisão errônea de qual modelo utilizar.

Em todos os municípios analisados o período geral fornece uma equação satisfatória para estimativa da  $R_s$  a partir da equação de Angstrom-Prescott, comprovado estatisticamente pelo índice de concordância “ $d$ ” proposto por Willmott e  $t$ -estatístico. No entanto, para maior acurácia desta estimativa é recomendado utilizar as equações no período mensal para todos os municípios analisados, pois mensalmente há uma variação dos dados.

## CONCLUSÃO

1. A  $R_s$  pode ser determinada a partir da equação de Angstrom-Prescott para o período mensal e anual em todos os municípios analisados;
2. A equação de Angstrom-Prescott não deve ser utilizada para determinação da  $R_s$  em escala sazonal (estação seca e chuvosa), exceto para Cidade de Goiás e Itumbiara na estação chuvosa;
3. Recomenda-se a estimativa da  $R_s$  pela equação de Angstrom-Prescott em escala mensal, a fim de obter-se os menores erros.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, M. J.; TIWARI, G. N. Solar radiation models – A review. *International Journal of Energy Research*, v.35, p.271-290, 2011.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998, 297p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- ALMOROX, J.; BENITO, M.; HONTORIA, C. Estimation of monthly Angstrom-Prescott equation coefficients from measured daily data in Toledo, Spain. *Renewable Energy*, v.30, p.931-936, 2005. (Nota Técnica)
- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; NOLETO, D. H.; SILVA, M. E.; BRAGA, D. L.; BASTOS, E. A. Coeficientes da equação de Angstrom-Prescott para Parnaíba, Piauí. *Comunicata Scientiae*, v.3, p.50-54, 2012.
- ANGSTROM, A. Solar and terrestrial radiation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v.50, p.121-126, 1924.
- AZEVEDO, P. V.; LEITÃO, M. DE M. V. B. R.; SOUZA, I. F.; MACIEL, G. F. Balanço de radiação sobre culturas irrigadas no semi-árido do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.5, p.403-410, 1990.
- BLANCO, F. F.; SENTELHAS, P. C. Coeficientes da equação de Angström-Prescott para estimativa da insolação para Piracicaba, SP. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 10, p. 295-300, 2002.
- 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.
- CERVELLINI, A.; SALATI, E.; GODOY, H. Estimativa da distribuição da energia solar no estado de São Paulo. *Bragantia*, v.23, p.31-39, 1966.
- DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L.; GONÇALVES, A. C. A.; REZENDE, R.; BERTONHA, A.; SILVA, F. F.; TRINTINALHA, M. A. Determinação dos coeficientes da equação de Angstrom para a região de Palotina, estado do Paraná. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.26, p.329-336, 2004.



DANTAS, A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Estimativa da radiação solar global para a região de Lavras, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, p.1260-1263, 2003.

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, p.1213-1219, 2006.

GOPINATHAN, K. K. A general formula for computing the coefficients of the correlation connecting global solar radiation to sunshine duration. *Solar Energy*, v. 41, p. 499–502, 1988.

**IBGE.** Indicadores IBGE: estatística da produção agrícola. Março de 2016. 76p. Disponível em: [http://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/estProdAgr\\_201603.pdf](http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201603.pdf) . Acesso em 02 de maio 2016.

**IMB.** Estatísticas Municipais (Séries Históricas). 2016. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/> . Acesso em 15 de maio 2016.

LIU, X.; MEI, X.; LI, Y.; ZHANG, Y.; WANG, Q.; JENSEN, J. R.; PORTER, J. R. Calibration of the Angstrom-Prescott coefficients (a, b) under different time scales and their impacts in estimating global solar radiation in the Yellow River basin. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.149, p.696-710, 2009.

LOBATO, O. J. S. M.; LOBATO, E. J. V.; GONÇALVES, V. A. Contribuição ao estudo da radiação global e da insolação na micro-região do Mato Grosso de Goiás. *Anais da Escola de Agronomia e Veterinária*, v.12, p.55-75, 1982.

PRESCOTT, J. A. Evaporation from water surface in relation to solar radiation. *Transactions of the Royal Society of Australia*, v.64, p.114-122, 1940.

RIETVELD, M. R. A new method for estimating the regression coefficients in the formula relating solar radiation to sunshine. *Agriculture Meteorological*, v. 19, p. 243-252, 1978.

STONE, R. J. Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models. *Solar Energy*, v. 51, p. 289-291, 1993.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Trad. Santarém, E. R., et al. 3.ed, Porto Alegre: Artmed, 2012.

TOGRUL, I. T.; TOGRUL, H.; EVIN, D. Estimation of global solar radiation under clear sky radiation in Turkey. *Renewable Energy*, v.21, p.271-287, 2000.

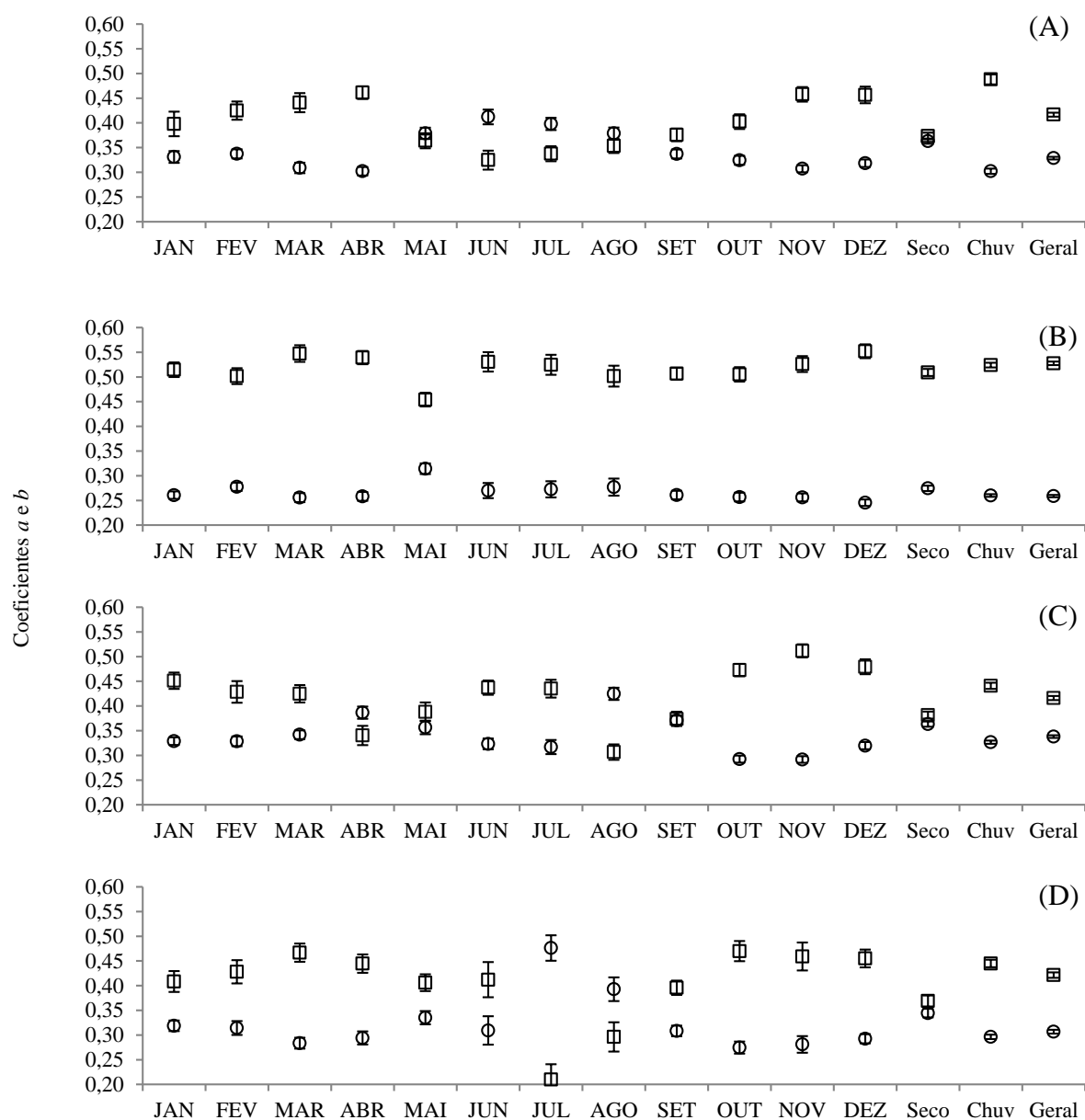
VALIATI, M. I.; RICIERI, R. P. Estimativa da irradiação solar global com partição mensal e sazonal para região de Cascavel, PR. Engenharia Agrícola, v.25, p.76-85, 2005.

**Tabela 1.** Cidades, coordenadas geográficas, período e número de observações

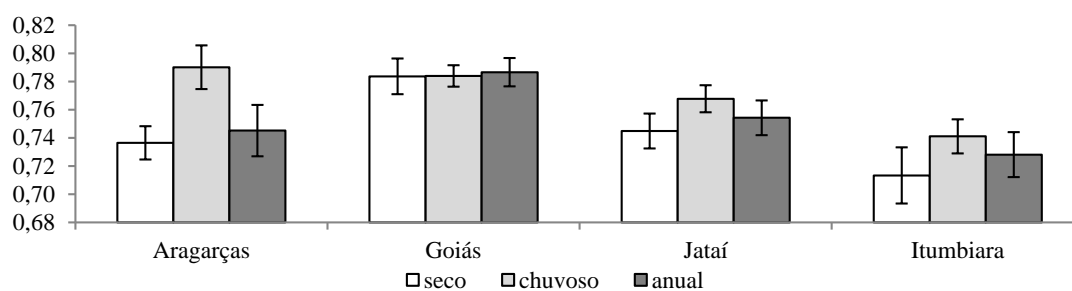
Cidade	Latitude	Longitude	Altitude	Início	Término	Observações
Aragarças	15° 540' S	52° 14' W	347	13/07/2007	30/09/2015	2.556
Cidade de Goiás	15° 56' S	50° 08' W	512	19/07/2007	30/09/2015	2.915
Jataí	17° 55' S	51° 43' W	582	31/05/2007	30/09/2015	2.950
Itumbiara	18° 24' S	49° 11' W	488	02/11/2007	31/05/2012	1.499

**Tabela 2.** Índices estatísticos das equações no período mensal, estação seca, chuvosa e anual para os municípios de Aragarças, Cidade de Goiás, Jataí e Itumbiara

Período	Aragarças						Cidade de Goiás					
	d	R <sup>2</sup>	CRM	EM	RQEM	t-est	d	R <sup>2</sup>	CRM	EM	RQEM	t-est
Jan	1,00	0,5597	0,00	0,00	0,086	0,024	1,00	0,8455	0,00	0,00	0,054	0,000
Fev	1,00	0,7399	0,00	0,00	0,062	0,011	1,00	0,8256	0,00	0,00	0,053	0,000
Mar	1,00	0,7271	0,00	0,00	0,058	0,031	1,00	0,8167	0,00	0,00	0,058	0,000
Abr	1,00	0,8742	0,00	0,00	0,039	0,071	1,00	0,8737	0,00	0,00	0,043	0,000
Mai	1,00	0,7395	0,00	0,00	0,040	0,138	1,00	0,8162	0,00	0,00	0,038	0,000
Jun	1,00	0,5824	0,00	0,00	0,036	0,046	1,00	0,7552	0,00	0,00	0,035	0,000
Jul	1,00	0,6853	0,00	0,00	0,034	0,168	1,00	0,7214	0,00	0,00	0,033	0,000
Ago	1,00	0,7236	0,00	0,00	0,031	0,006	1,00	0,6723	0,00	0,00	0,040	0,000
Set	1,00	0,7985	0,00	0,00	0,044	0,057	1,00	0,8688	0,00	0,00	0,036	0,000
Out	1,00	0,7685	0,00	0,00	0,051	0,016	1,00	0,8352	0,00	0,00	0,054	0,000
Nov	1,00	0,8233	0,00	0,00	0,048	0,031	1,00	0,8284	0,00	0,00	0,056	0,000
Dez	1,00	0,7722	0,00	0,00	0,059	0,044	1,00	0,8658	0,00	0,00	0,054	0,000
Seco	0,82	0,7419	-0,06	-0,042	0,064	28,54	0,78	0,7983	-0,08	-0,055	0,069	48,75
Chuv	0,97	0,6174	0,05	0,028	0,079	14,65	1,00	0,8646	0,01	0,005	0,068	3,19
Geral	1,00	0,8101	0,00	0,00	0,052	0,00	1,00	0,8823	0,00	0,00	0,048	0,000
	Jataí						Itumbiara					
	d	R <sup>2</sup>	CRM	EM	RQEM	t-est	d	R <sup>2</sup>	CRM	EM	RQEM	t-est
Jan	1,00	0,7580	0,00	0,00	0,060	0,000	1,00	0,7263	0,00	0,00	0,063	0,000
Fev	1,00	0,6425	0,00	0,00	0,071	0,000	1,00	0,7246	0,00	0,00	0,070	0,000
Mar	1,00	0,7478	0,00	0,00	0,056	0,000	1,00	0,8192	0,00	0,00	0,060	0,000
Abr	1,00	0,5725	0,00	0,00	0,075	0,000	1,00	0,8035	0,00	0,00	0,061	0,000
Mai	1,00	0,6469	0,00	0,00	0,064	0,000	1,00	0,8001	0,00	0,00	0,038	0,000
Jun	1,00	0,7828	0,00	0,00	0,045	0,000	1,00	0,5408	0,00	0,00	0,033	0,000
Jul	1,00	0,6860	0,00	0,00	0,053	0,000	1,00	0,2823	0,00	0,00	0,048	0,000
Ago	1,00	0,5853	0,00	0,00	0,054	0,000	1,00	0,4909	0,00	0,00	0,056	0,000
Set	1,00	0,7309	0,00	0,00	0,056	0,000	1,00	0,8729	0,00	0,00	0,039	0,000
Out	1,00	0,8626	0,00	0,00	0,050	0,000	1,00	0,8243	0,00	0,00	0,058	0,000
Nov	1,00	0,8692	0,00	0,00	0,049	0,000	1,00	0,7271	0,00	0,00	0,070	0,000
Dez	1,00	0,8178	0,00	0,00	0,052	0,000	1,00	0,8296	0,00	0,00	0,054	0,000
Seco	0,92	0,6945	-0,05	-0,031	0,069	17,63	0,80	0,6502	-0,08	-0,052	0,077	22,370
Chuv	0,96	0,7577	0,06	0,031	0,077	17,49	1,00	0,7905	0,01	0,003	0,076	1,200
Geral	1,00	0,7740	0,00	0,00	0,060	0,000	1,00	0,7892	0,00	0,00	0,060	0,000



**Figura 1.** Variação para o período mensal, estação seca, chuvosa e geral dos coeficientes  $a$  (círculos) e  $b$  (quadrados) e seus respectivos erros-padrão, para os municípios de Aragarças (A), Cidade de Goiás (B), Jataí (C) e Itumbiara (D).



**Figura 2.** Somatória dos coeficientes  $a$  e  $b$  e seus respectivos erros-padrão considerando-se a estação seca, chuvosa e o período anual, para Aragarças, Cidade de Goiás, Jataí e Itumbiara.