

# ANÁLISE DOS COEFICIENTES DE REGRESSÃO MÚLTIPLA PARA EXTRAPOLAÇÃO DA ESTIMATIVA DA IRRADIAÇÃO SOLAR GLOBAL EM LOCALIDADES DISTINTAS NO ESTADO DA PARAÍBA

Hudson Ellen Alencar **MENEZES**<sup>1</sup>, Renilson Targino **DANTAS**<sup>2</sup>, Juaceli Araújo **LIMA**<sup>3</sup>

## INTRODUÇÃO

A irradiação solar global condiciona a evaporação da água em superfícies líquidas e de solo úmido e é necessária para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Embora a mesma possa ser medida por radiômetros ou piranômetros, existem diversos métodos para sua estimativa, sendo o modelo empírico proposto por Angstron(1924) e modificado por Prescott(1940) o mais utilizado.

O alto custo na aquisição e manutenção dos instrumentos que medem as componentes da irradiação solar fazem com que a mesma não seja observada de forma contínua nas estações meteorológicas.

O objetivo deste trabalho foi estimar a Irradiação Solar Global à Superfície em Campina Grande-PB para a condição de céu claro a parcialmente nublado e parcialmente nublado a nublado, utilizando a equação de Angstron com a inclusão da razão de pressão, e analisar os coeficientes de regressão múltipla para extrapolação da estimativa da Irradiação Solar Global à Superfície em localidades distintas no Estado da Paraíba através da variação sazonal, nebulosidade e pressão atmosférica.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados referem-se ao período de janeiro de 1987 a dezembro de 1989 da estação de Campina Grande (07°13'S; 35°52'W; 540m), a qual faz parte da Rede Solarimétrica do Estado da Paraíba, pertencente ao Departamento de Ciências Atmosféricas do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande.

Foram utilizados dados de irradiação solar global na superfície( $I_g$ ), insolação real( $n$ ) e pressão atmosférica( $P$ ) medidas através de Piranômetros, Heliógrafos e Barômetros respectivamente. A irradiação solar incidente no topo da atmosfera( $I_0$ ) será determinada por (Ometto, 1981):

$$I_0 = 916,7 E_0 (h_p \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin \rho) \quad (1)$$

A nebulosidade  $\rho$  será identificada em função da razão de insolação( $n/N$ ). A partir dessas informações pode-se estimar a

irradiação solar global à superfície por meio da equação de Angstron(1924) incluindo a razão de pressão, dada por:

$$I_g = I_0 [a + b(n/N) + c(P/P_0)] \quad (2)$$

$$\text{ou, } K_g = a + br + cR; \text{ onde } K_g = I_g/I_0, r = n/N \text{ e } R = P/P_0 \quad (3)$$

$P_0 = 1013,25 \text{ hPa}$  e  $P$  é a pressão média diária medida em hPa.

Onde a pressão atmosférica é identificada pela razão de pressão ( $P/P_0$ ) e representa a contribuição do vapor d'água e de todos os outros componentes químicos existentes na atmosfera.

Neste trabalho foram considerados dias claros a parcialmente nublados ( $0,5 \leq r < 1,0$ ) e dias parcialmente nublados a nublados ( $0 \leq r < 0,5$ ). Os coeficientes **a**, **b** e **c** serão determinados para cada mês do ano mediante as curvas que relacionam a razão das irradiações solar na superfície da Terra e no topo da atmosfera com a razão de insolação e a razão de pressão. Estatisticamente, essas correlações serão avaliadas por meio do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Em que,  $Y_{\text{obs}}$  corresponde aos valores observados,

$Y_{\text{est}}$  corresponde aos valores estimados e  $\bar{Y}$  corresponde às médias.

O erro padrão da estimativa (EPE) determina o grau de confiança de uma função de regressão múltipla ou não linear.

O **Nº** das Tabelas 01 e 02 representa o número de observações.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da Tabela 01 verifica-se que na equação de regressão múltipla, os coeficientes **a** e **c** apresentam-se muito variados no decorrer do ano, enquanto que, o coeficiente **b** apresenta-se homogêneo, sendo aproximadamente 0,47 o seu valor em média, o mesmo varia de 0,26 a 0,68 durante todo ano para a condição de céu claro a parcialmente nublado. O restante da Tabela 01 estão o coeficiente de determinação, o erro padrão da estimativa da Irradiação Solar Global à Superfície em Campina Grande-PB para esta condição e o número de observações. Para a condição de céu claro ( $n/N \approx 1,0$ ), observa-se que a Irradiação Solar Global à Superfície em Campina Grande é máxima, principalmente para locais onde a pressão atmosférica é menor do que 1013,25 hPa, pois a Irradiação Solar Global à Superfície será função do coeficiente **b** na maior parte, ou seja, em altitudes mais elevadas, a contribuição da pressão não é anulada pelo coeficiente **a** da equação

<sup>1</sup> Aluno do Curso de Graduação em Meteorologia do DCA/CCT/UFCG, bolsista do CNPq. E-mail:

[HUDSONELLEN@BOL.COM.BR](mailto:HUDSONELLEN@BOL.COM.BR)

<sup>2</sup> Professor Doutor do DCA/CCT/UFCG. E-mail: [RENILSON@DCA.UFPB.BR](mailto:RENILSON@DCA.UFPB.BR)

<sup>3</sup> Aluna do Curso de Graduação em Administração do DA/CH/UFCG, bolsista do PIBIC/CNPq. E-mail:

[JUACELI@ZIPMAIL.COM.BR](mailto:JUACELI@ZIPMAIL.COM.BR)

de regressão múltipla, tendo em vista através da Tabela 01 que os coeficientes **a** e **c** apresentam-se a mesma magnitude.

Tabela 01 – Coeficientes estatísticos para estimativa da irradiação solar global à superfície em Campina Grande-PB para a condição de céu claro a parcialmente nublado

mês	a	b	c	R <sup>2</sup>	EPE	Nº
jan	8,16	0,58	-8,60	0,61	0,05	23
fev	2,57	0,44	-9,96	0,61	0,04	19
mar	-0,74	0,42	1,08	0,65	0,03	35
abr	-1,58	0,46	1,89	0,65	0,04	15
mai	18,37	0,26	-19,26	0,59	0,04	20
jun	-10,61	0,68	11,29	0,64	0,05	17
jul	-22,30	0,43	23,94	0,76	0,02	10
ago	5,62	0,39	-5,73	0,66	0,03	46
set	2,23	0,53	-2,24	0,73	0,03	43
out	20,26	0,49	-21,41	0,67	0,04	54
nov	-2,87	0,58	3,14	0,66	0,03	25
dez	14,80	0,42	-15,55	0,65	0,03	42

Na Tabela 02 encontram-se os coeficientes da equação de regressão múltipla para estimativa, com seu devido erro padrão da Irradiação Solar Global à Superfície em Dias de Céu Parcialmente Nublado a Nublado em Campina Grande-PB. Por intermédio desta Tabela, verifica-se que existe variações muito grande nos coeficientes **a** e **c** e que o coeficiente **b** apresenta-se mais homogêneo, em média de aproximadamente 0,38. Na equação de regressão múltipla, pode-se também verificar que, em caso da pressão atmosférica ao Nível da Estação se aproximar da pressão atmosférica ao Nível Médio do Mar, o peso maior para estimativa da Irradiação Solar Global à Superfície naquele local será função basicamente da razão de insolação e da contribuição do coeficiente **b**, variando de 0,29 a 0,51.

Na condição de céu nublado (n/N ≈ 0,0), pode-se também verificar, por meio da Tabela 02, que a Irradiação Solar Global à Superfície(Ig), estimada através da equação de regressão múltipla, usando estes coeficientes, será mínima, principalmente em locais cuja pressão atmosférica aproxima-se de 1013,25 hPa, ou seja, locais de altitudes mais baixas. Evidencia-se neste caso que a componente principal de Ig está associada a Irradiação Solar Difusa pelas nuvens, independente do local, pois esta equação permite estimar Ig em outra localidade; neste caso, os efeitos causados pela variação de altitude, e outros coordenados, assim como, principalmente as condições atmosféricas já se encontram corrigidas pela razão de pressão (P/Po). Silva *et al.*(2001) através de estudos sobre a estimativa da irradiação solar global em Campina Grande-PB pela tradicional Equação de Angstrom, concluíram que a nebulosidade é de extrema importância na atenuação atmosférica à irradiação solar.

Quando compara-se esta equação, digamos assim, Equação de Angstrom Modificada, com a tradicional Equação de Angstrom, a mesma torna-se mais abrangente e capaz de ser aplicada em locais que antes necessariamente já tivesse conhecimento dos coeficientes a e b, pois esta equação pondera,

além da nebulosidade, outras condições da atmosfera inerentes à sua composição, corrigidas pela soma das pressões parciais de seus constituintes.

Tabela 02 – Coeficientes estatísticos para estimativa da irradiação solar global à superfície em Campina Grande para a condição de céu parcialmente nublado a nublado

mês	a	b	c	R <sup>2</sup>	EPE	Nº
jan	8,16	0,58	-8,60	0,61	0,05	23
fev	2,57	0,44	-9,96	0,61	0,04	19
mar	-0,74	0,42	1,08	0,65	0,03	35
abr	-1,58	0,46	1,89	0,65	0,04	15
mai	18,37	0,26	-19,26	0,59	0,04	20
jun	-10,61	0,68	11,29	0,64	0,05	17
jul	-22,30	0,43	23,94	0,76	0,02	10
ago	5,62	0,39	-5,73	0,66	0,03	46
set	2,23	0,53	-2,24	0,73	0,03	43
out	20,26	0,49	-21,41	0,67	0,04	54
nov	-2,87	0,58	3,14	0,66	0,03	25
dez	14,80	0,42	-15,55	0,65	0,03	42

## CONCLUSÕES

1 – Pela equação de regressão múltipla para a condição de céu claro, a Irradiação Solar Global à Superfície em Campina Grande é máxima, principalmente para locais onde a pressão atmosférica é menor do que 1013,25 hPa, ou seja, em altitudes mais elevadas.

2 – A estimativa da Irradiação Solar Global à Superfície em Campina Grande através da equação de regressão múltipla para a condição de céu nublado é mínima, principalmente em localidades de altitudes mais baixas.

3 – Independente da condição atmosférica, os coeficientes da equação de regressão múltipla **a** e **c** para estimativa da Irradiação Solar Global à Superfície no município de Campina Grande variam muito no decorrer do ano, apresentando-se aproximadamente a mesma magnitude, enquanto que o coeficiente **b** apresenta-se homogêneo.

4 – Através de dados de insolação real(n) para representação da condição atmosférica, e pressão atmosférica(P) representando a contribuição do vapor d'água e de todos os elementos químicos da atmosfera, pode-se estimar a Irradiação Solar Global à Superfície de uma determinada localidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGSTRON, A. Solar and terrestrial radiation. *Quartely Journal Research Society*, v.50, p. 121-5, 1924.

OMETTO, J. C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1981. 440p.

PRESCOTT, J. A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *Trans. Res. Soc. Aust.*, v.1, p.114-8, 1940.

SILVA, L. A.; DANTAS, R. T. Estimativa da Irradiação Solar Global à Superfície no município de Campina Grande-PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, XII E REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, III, 2001, Fortaleza-CE. *Anais:.....* Fortaleza-CE: SBA, 2001, p. 195-196.