

RELAÇÃO ENTRE RADIAÇÃO SOLAR E INSOLAÇÃO NA REGIÃO DE PENTECOSTE, CEARÁ

Zairo Ramos Silva*
Antônio José Parente de Carvalho**
Ivan Martins de Albuquerque***

RESUMO

Usando-se dados básicos de radiação solar global e insolação de Pentecoste, Ceará, relativos a três anos, um com precipitação abaixo do normal, outro normal e outro acima do normal, foi feita análise de regressão desses dados visando a adaptação do modelo de Angstron, na estimativa da radiação solar, para as condições do Sertão do Ceará e mais especificamente para o município de Pentecoste.

As análises de regressão linear, geométrica e exponencial apresentaram coeficientes de correlação significativos, sendo a seguinte a equação linear de Angstron adaptada a Pentecoste:

$$Q/Q_0 = 0,32 + 0,34 I/I_0$$

Onde:

Q = radiação solar global (cal.cm⁻²)

Q₀ = radiação solar no limite superior da atmosfera (cal.cm⁻²)

I/I₀ = insolação relativa

Essa equação poderá ser usada como auxílio na estimativa do termo energético da equação de Penman, utilizada na determinação da evapotranspiração potencial.

PALAVRAS-CHAVES: Radiação, insolação, Angstron, Penman.

(*) Professor do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará e Bolsista do CNPq

(**) Professor do Centro de Ciências Agrárias da UFC

(***) Engenheiro Agrônomo do Centro de Ciências Agrárias da UFC

SOLAR IRRADIATION AND ISOLATION RELATIONSHIP IN PENTECOSTE COUNTY, CEARA, BRAZIL

SUMMARY

Using basic data of global solar radiation (Q), solar radiation at the top of the atmosphere (Q₀) and relative sunshine (I/I₀) in Pentecoste county, Ceara, Brazil a regression analysis was made to adapt the Angstron model to local conditions. The formula obtained was:

$$Q/Q_0 = 0.32 + 0.34 I/I_0$$

KEY WORDS: Solar irradiation, insolation, Angstron, Penman.

INTRODUÇÃO

A radiação é a causa geratriz primária dos processos físicos que ocorrem no sistema terra-atmosfera, representando 99,97% da energia utilizada naqueles processos.

O conhecimento da radiação solar que chega à superfície da Terra é de fundamental importância nos estados de balanço de calor e de balanço d'água.

A pequena rede de radiômetros instalados no Brasil tem estimulado os pesquisadores a fazer uso de modelos empíricos, como o de ANGSTRON¹, para estimativa da radiação solar. O tempo energético de algumas equações, como Penman, é calculado através da radiação solar estimada.

Entretanto, a experiência tem demonstrado que modelos empíricos necessitam de adaptação quando são usados em regiões diferentes daquelas onde foram desenvolvidos. No Brasil, além de outros autores, DECIDO & SANTOS² e REIS et alii³ adaptaram o modelo original de Angstron para áreas específicas.

As adaptações dos modelos de Angstron e de Penman para uso no estado do Ceará, especialmente para a região de Pentecoste, constituem o principal objetivo deste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados básicos da radiação solar e insolar, usados nesse trabalho, foram objetivos na Estação Agrometeorológica da Fazenda Experimental Vale do Curu, situada no município de Pentecoste, Ceará, a 3°47' de latitude S, 39°17' de longitude W e 78,0 metros de altitude.

Nas medidas da radiação solar e da insolação foram usados, respectivamente, um actinógrafo do tipo Robitzsch, rotação semanal, e um heliógrafo de Campbell Stores. Foram escolhidos os dados referentes aos anos de 1970, 1972 e 1973 por representarem, respectivamente, anos de precipitação abaixo da normal (481 milímetros), normal (675 milímetros) e acima da normal (1.117 milímetros). A precipitação normal de Pentecoste é 711 milímetros.

Foram tabulados 1.095 dados de radiação solar diários (Q), expressos em langley e 1.095 dados de insolação (I) expressos em horas. Para determinar a relação Q/Q₀, onde Q₀ é a radiação solar diária no limite superior da atmosfera, foram feitas 1.095 interpolações referentes aos 1.095 dias a partir dos dados correspondentes ao 15º dia do mês, publicados por TUBELIS⁴.

A relação I/I₀, que representa a duração do dia, foi calculada considerando-se os valores de I₀ correspondentes ao 15º dia de cada mês.

A análise de regressão entre Q/Q₀ e I/I₀ foi feita, inicialmente, utilizando-se médias correspondentes a períodos de dez dias, formando-se uma série de 108 pares. Foram realizadas, em micro-computador,

análises de regressão linear, geométrica e exponencial dos tipos:

$$\begin{aligned} Q/Q_0 &= a + b \cdot I/I_0 && \dots\dots\dots \text{Linear} \\ Q/Q_0 &= c(I/I_0)^d \dots && \dots\dots\dots \text{Geométrica} \\ Q/Q_0 &= e \cdot f^{I/I_0} \dots && \dots\dots\dots \text{Exponencial} \end{aligned}$$

Foram determinados para cada análise os coeficientes de determinação (R²).

O mesmo tipo de análise de regressão foi feito por grupos de insolações: 0,0-1,9; 2,0-3,9; 4,0-5,9; 6,0-7,9; 8,0-9,9 e 10,0-12,0 horas.

Finalmente, foram feitas adaptações das equações de Angstron e Penman usadas, respectivamente, na estimativa da Radiação Solar e da Evapotranspiração Potencial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Dados Decendiais (dez dias)

Os resultados da análise de regressão encontram-se na TABELA 1.

Em todas as três regressões as correlações foram significativas ao nível de 5% de significância.

As equações de regressão obtidas foram:

Regressão Linear

$$Q/Q_0 = 0,3377136(I/I_0 + 0,3169138) \text{ (I)}$$

$$R^2 = 0,77609$$

Regressão Geométrica

$$Q/Q_0 = 0,6202532 \cdot (I/I_0)^{0,3361761} \text{ (II)}$$

$$R^2 = 0,77377$$

Regressão Exponencial

$$Q/Q_0 = 0,3415815 \times 1,991992^{(I/I_0)} \text{ (III)}$$

$$R^2 = 0,78091$$

Onde:

$$Q = \text{Radiação solar à superfície} \\ (\text{cal.cm}^{-2})$$

TABELA 1

Coeficiente de Determinação (R^2) entre Insolação Relativa a Relação "Radiação Solar/Radiação Solar no Limite Superior da Atmosfera" para Pentecoste, Ceará.

	Regressão		
	Linear	Geométrica	Exponencial
	R^2	R^2	R^2
Dados decendiais	0,77600	0,77400	0,78140
Dados por grupos de insolações (horas)			
0,0 - 1,9	0,04400	0,15200	0,06000
2,0 - 3,9	0,00040	0,00001	0,00040
4,0 - 5,9	0,04180	0,03661	0,03719
6,0 - 7,9	0,23554	0,23117	0,22896
8,0 - 9,9	0,03193	0,03821	0,03972
10,0 -11,9	0,00040	0,00004	0,00002

Q_0 = Radiação solar no limite superior da atmosfera (cal.cm^{-2})

I/I_0 = Insolação relativa

R^2 = Coeficiente de determinação

As correlações encontradas nas análises de regressão foram praticamente as mesmas sendo a equação (1), pela sua simplicidade, mais recomendável para utilização em áreas com características semelhantes a Pentecoste. Essa equação corresponde ao modelo linear de Angstrom adaptado a Pentecoste e, em extensão, ao Sertão do Ceará.

2. Dados por grupos de insolação

Essa análise não mostrou significância apresentando coeficiente de correlação muito baixo (TABELA 1).

3. Adaptação da Equação de Penman

A equação de Penman, usada na estimativa da evaporação e evapotranspiração

potencial, é fundamentada em dois termos: um é a medida do poder evaporativo do ar e o outro da energia disponível para a evaporação.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos conduzem às seguintes conclusões:

- A análise de regressão radiação solar e insolação (Q/Q_0 e I/I_0), para períodos decendiais, revelou significância das correlações nas três regressões: linear, geométrica e exponencial;

O primeiro termo é dado por:

$$E_a = 0,35 (e_a - e_d) (1 + u/100) \text{ mm/dia}$$

Onde:

e_a = pressão máxima do vapor à temperatura média do ar, em mmHg;

e_d = pressão de vapor à temperatura do ponto de orvalho;

u = velocidade do vento em milhas/dia

O termo energético (segundo termo) que representa a energia disponível para evaporação e aquecimento é normalmente, estimado pela equação:

$$H = (1-A).R (a + b.I/I_0) - K.T_a^4.(0,56-0,09 e_d) (0,10 + 0,90 I/I_0) \quad (IV)$$

Onde: A = albedo da superfície;

R = intensidade da radiação solar no limite superior da atmosfera, em mm de água equivalente;

a e b = constantes da equação de Angstron. Para Pentecoste, $a = 0,32$ e $b = 0,34$;

I/I_0 = insolação relativa;

K = constante de Stefan-Boltzmann;

T_a = temperatura média do ar;

e_d = pressão de saturação do vapor ao ponto de orvalho.

— A equação (I) pela sua simplicidade, mostrou-se a mais recomendável para utilização em áreas com características semelhantes a Pentecoste;

A análise por grupos de insolação não mostrou significância, apresentando coeficiente de determinação muito baixo; e

As constantes a e b da equação de Angstron, adaptada para Pentecoste, são $a = 0,32$ e $b = 0,34$. Esses valores podem ser usados na estimativa do termo energético da equação de Penman utilizada na estimativa da evapotranspiração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 . ANGSTRON, A. Uber den Zusammenhang zwischen Strahlung und Sonnenscheindauer. *Bioklimatische Beihefte*, 1:6-10, 1934.
- 2 . DEGICO, A. & SANTOS, J.M. Consideração sobre a estimativa do potencial de radiação solar global. **Cien. e Cult.**, 32(2):204-9, 1980.
- 3 . REIS, A.C. de S., COELHO, T. & ALVES, N.L. de L. Estimativa da energia solar global na área de Recife baseada em registros de insolação. **Pesq. agropec. bras. Ser. Agron.** Brasília, 8(7):177-9, 1973.
- 4 . TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva-fundamentos e aplicações brasileiras**. Livraria Nobel S.A., São Paulo, 1980, 574p.