

MODELO DE ESTIMATIVA DA INSOLAÇÃO DIÁRIA PARA MARINGÁ-PR

Elcio Silvério **KLOSOWSKI**¹, Dalva Martinelli **CURY LUNARDI**², Emerson **GALVANI**³,
Antonio Ribeiro da **CUNHA**⁴

RESUMO

Através de valores médios diários de cobertura de céu dos anos de 1979, 1981, 1983, 1985, 1987 e 1989 e de comprimento do dia que entraram como variáveis independentes e da insolação média diária como variável dependente, foi obtido, por regressão múltipla, um modelo de estimativa da insolação para a região de Maringá, Estado do Paraná. O modelo foi validado para os anos de 1990, 1991 e 1992 e os dados estimados apresentaram boa correlação com o valor observado, apresentando coeficiente de correlação 0,85; 0,82 e 0,82, respectivamente.

Palavras-chave: Cobertura de céu, Comprimento do dia, Insolação.

INTRODUÇÃO

A quantidade de energia solar que determinado ponto da superfície terrestre recebe em determinado período pode ser estimada pela insolação e seus valores são influenciados pela percentagem de cobertura de céu e tipo de cobertura, assim como, época do ano e turbidez atmosférica.

Para Varejão-Silva (1973), a insolação designa o intervalo de tempo em que, num período, um ponto selecionado da superfície terrestre permanece exposto à radiação solar direta, representando o tempo (hora, dia, mês, etc.) em que houve incidência da radiação direta sobre aquele ponto e local considerado. A partir do momento em que a irradiância solar direta atinge 100W.m^{-2} , os registros no heliógrafo passam a ser realizados.

Segundo a definição proposta pelo Departamento Nacional de Meteorologia (1977), a insolação é a duração de sol descoberto ou de brilho solar, livres de quaisquer nuvens capazes de

¹ Dep. de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Doutorando em Energia na Agricultura FCA/UNESP, e-mail: esklosowski@fca.unesp.br.

² Dep. de Ciências Ambientais, FCA, UNESP, Botucatu, SP, Brasil. Caixa Postal 237, C.E.P. 18.603-970.

³ Dep. de Ciências Ambientais, FCA, UNESP, Botucatu, 18603-970, Cx. P. 237, Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: galvani@fca.unesp.br. Bolsista FAPESP processo nº 08974/7.

⁴ Dep. de Ciências Ambientais, FCA, UNESP, Botucatu, SP, Brasil. Caixa Postal 237, C.E.P. 18.603-970. E-mail: arcunha@fca.unesp.br.

interrompê-la, fator que pelo seus múltiplos efeitos, tem grande importância e sua observação sistemática, além de valiosa para a agricultura, concorre poderosamente para a determinação dos climas.

Na condição de atmosfera totalmente límpida, isenta de impurezas e de vapor de água, o disco solar jamais seria ocultado por nuvens ou outros fenômenos meteorológicos. Neste caso, exceto quando ocorressem eclipses do sol, para determinado dia do ano e local, a insolação diária coincidiria com o comprimento do dia (insolação máxima estimada). Entretanto, a diferença entre a insolação que realmente ocorreu e o comprimento do dia para um local é devida a fenômenos meteorológicos que interferem nos registros. Estes fenômenos são provocados pela presença na atmosfera, da substância água e de outras partículas condicionando o aparecimento de nuvens e de outros fenômenos, como por exemplo os nevoeiros, que reduzem a insolação.

Davies (1965) utilizando dados de brilho solar de seis estações do oeste da África para determinar os coeficientes “a” e “b” da equação de Angstron, encontrou variação pronunciada destes coeficientes no ciclo anual atribuída a variação de cobertura de nuvens e turbidez atmosférica.

Para Tubelis & Nascimento (1992), a relação entre a insolação real e o comprimento do dia é definida como razão de insolação ou insolação relativa. O seu complemento em relação a unidade denomina-se cobertura relativa do céu ou razão de cobertura do céu. O curso da insolação relativa da região sul é inverso do das outras regiões. Atinge seus valores máximos em janeiro, fevereiro e março, e os mínimos em junho, julho e agosto. Os valores médios mensais extremos são 57% em fevereiro e 39% em junho, representando cobertura relativa média do céu de 43% em fevereiro e de 61% em junho.

O objetivo do presente trabalho é apresentar um modelo para estimativa da insolação diária a partir de regressão múltipla entre dados de cobertura média de céu e comprimento do dia para a região de Maringá - PR.

MATERIAL E MÉTODOS

A estimativa de insolação diária a partir de dados de comprimento do dia e de cobertura do céu foi realizada com dados coletados na Estação Climatológica Principal de Maringá localizada na porção Nordeste do Câmpus Universitário da Universidade Estadual de Maringá nas coordenadas geográficas de latitude 23° 25'S, longitude 51° 57'W e altitude 542 m, operando em convênio com o Instituto Nacional de Meteorologia na cidade de Maringá-Pr.

O comprimento do dia (N) foi calculado por:

$$N = 0,133 * H$$

(01)

H = angulo horário ao nascer do sol, onde:

$$H = \arccos(-\operatorname{tg}\delta * \operatorname{tg}\phi) \quad (02)$$

ϕ = latitude do local (23° 25'S)

δ = declinação do sol (Spencer, 1971):

$$\delta = [0,006918 - 0,399912 * \cos\theta + 0,070257 * \operatorname{sen}\theta - 0,006758 * \cos(2*\theta) + 0,000907 * \operatorname{sen}(2*\theta) - 0,002697 * \cos(3*\theta) + 0,001480 * \operatorname{sen}(3*\theta)] * 180 / \pi \quad (03)$$

$$\theta = 2 * \pi * (i - 1) / 365 \text{ onde } i = \text{dia juliano, varia de 1 a 365} \quad (04)$$

A média diária de cobertura de céu (nebulosidade) foi calculada a partir de valores em décimos de céu encoberto obtidos visualmente nas observações das 09h00min e 15h00min local (12h00min e 18h00min Tempo Médio de Greenwich).

O modelo de estimativa da insolação diária foi gerado através de regressão múltipla a partir da média diária dos anos de 1979, 1981, 1983, 1985, 1987 e 1989 dos dados de cobertura do céu e do comprimento do dia que entraram como variáveis independentes e de insolação média como variável dependente. O modelo, então obtido, foi validado para os anos de 1990, 1991 e 1992.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontram-se na Tabela 01 os valores médios mensais de cobertura do céu, de comprimento do dia e de insolação obtidos a partir dos dados dos anos de 1979, 1981, 1983, 1985, 1987 e 1989.

Tabela 01. Valores médios mensais de cobertura do céu, de comprimento do dia e de insolação para o período em estudo.

Mês	Cobertura de Céu (Décimos)	Comprimento do dia (horas)	Insolação (horas)
Janeiro	6,59	13,27	7,09
Fevereiro	6,77	12,77	6,56
Março	5,23	12,12	7,51
Abril	5,62	11,44	6,86
Maiο	4,97	10,87	6,80
Junho	4,89	10,58	6,55
Julho	4,43	10,71	6,92
Agosto	3,99	11,18	7,08
Setembro	5,87	11,82	5,85

Outubro	5,81	12,50	7,00
Novembro	5,58	13,10	8,19
Dezembro	6,55	13,41	6,86

Aplicando-se regressão múltipla aos dados diários de cobertura média do céu e de comprimento do dia obteve-se a seguinte equação para estimar valores diários de insolação para Maringá:

$$\text{INSO} = 3,438 - 0,917 * \text{NEB} + 0,731 * \text{N} \quad (05)$$

Onde:

INSO = Insolação estimada (horas)

NEB = Cobertura de céu (décimos)

N = Comprimento do dia (fotoperíodo em horas).

O coeficiente de determinação da equação obtida foi de 0,631 e a raiz do erro sistemático médio de 0,913.

Os resultados de validação do modelo aplicado aos anos de 1990, 1991 e 1992 foram apresentados nas Figuras 01, 02 e 03, respectivamente.

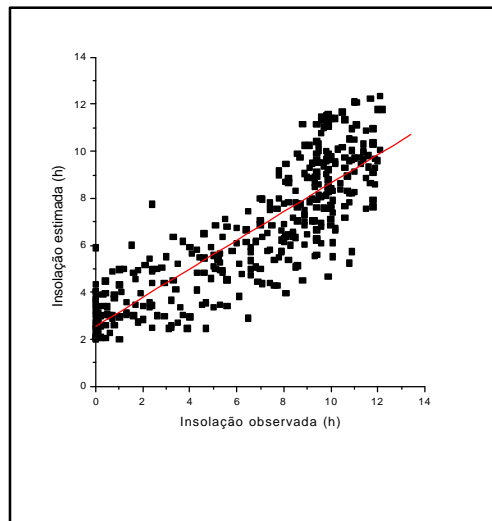


Figura 01. Relação entre insolação observada e a estimada para o ano de 1990.

O coeficiente de correlação entre valor estimado pelo modelo e o observado foi de 0,85, 0,82 e 0,82 para 1990, 1991 e 1992, respectivamente, mostrando boa eficiência para estimativas de

insolação a partir de dados de cobertura do céu e de comprimento do dia, como se observa nas Figuras 01, 02 e 03.

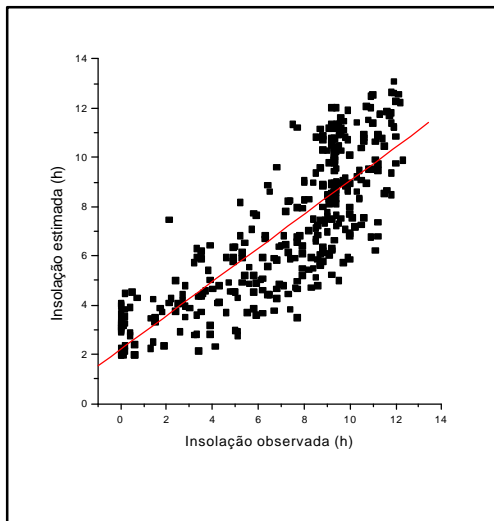


Figura 02. Relação entre insolação observada e a estimada para o ano de 1991.

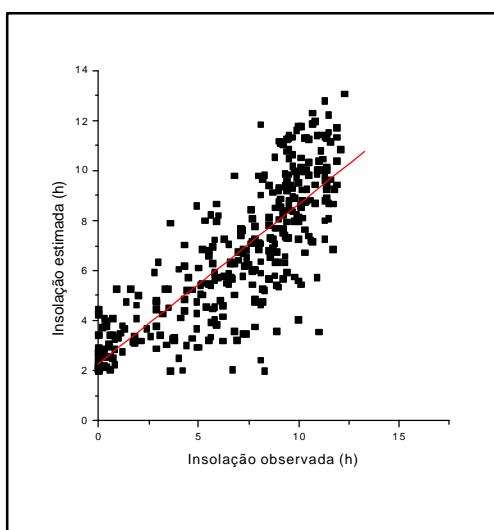


Figura 03. Relação entre insolação observada e a estimada para o ano de 1992.

Os valores de correlação poderiam ser melhores, se houvesse a disponibilidade de dados de hora em hora para insolação e cobertura do céu, e se as observações de cobertura de céu fossem feitas com menor subjetividade possível.

O modelo apresentado pode ser utilizado com boa precisão no preenchimento de falhas em séries de dados de insolação, falhas estas ocasionadas por problemas de instrumento inoperante, falta de leitura e também erros grosseiros associados a leitura da fita heliográfica.

CONCLUSÕES

O modelo apresentado mostrou boa eficiência na estimativa da insolação diária para Maringá, obtendo-se coeficientes de correlação de 0,85, 0,82 e 0,82 para 1990, 1991 e 1992, respectivamente. Melhores resultados poderiam ser obtidos com observação sistemática de cobertura do céu. O modelo apresentado pode ser utilizado no preenchimento de falhas para banco de dados de insolação diária para a região em estudo.

BIBLIOGRAFIA

- BRASIL, Departamento Nacional de Meteorologia. **Manual de observação de superfície**. Brasília, 1977, p.137.
- DAVIES, J. A . Estimation of insolation for West Africa. **Quart. Journal of Royal Meteorology Soc.**, v.91, p. 359-63, 1965.
- SPENCER, J.W. Fourier series representations of the position of the sun. **Search**, v.2, n.5, p.172, 1971.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva**, Ed. Nobel, São Paulo, 374p. 1992.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Instrumentos meteorológicos utilizados em superfície**. 2^a ed., Recife, 1973.