

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA RADIAÇÃO GLOBAL E DA INSOLAÇÃO NA MICRO-REGIÃO DO MATO GROSSO DE GOIÁS

Olívar José da Silva M. Lobato*
Engler José Vidigal Lobato**
Vicente Antônio Gonçalves*

ABSTRACT

This work studies the monthly of daily global solar radiation, daily relative global solar radiation, daily sunshine duration and daily relative sunshine duration, for the conditions Goiânia country and surrounding counties, Goiás - Brazil (latitude: 16°41'S. longitude: 49°17'W GRW, and altitude: 680.00m).

It's observed that:

- a) global solar radiation is maximum in October and minimum in July;
- b) relative global solar radiation is maximum in August and minimum in November
- c) sunshine duration is maximum in June and minimum in November;
- d) relative sunshine duration is maximum in June and minimum in November.

(1) Aceito para publicar em março de 1982.

(*) Docentes do Departamento de Enga. Rural - EA - UFG.

(**) Eng.º Agr.º, em Pós-Graduação em Agrometeorologia, na ES-

Correlation between the monthly of daily relative global solar radiation and of daily sunshine duration allowed to conclude that the linear equation:

$$K_g = K_A (0,49 n/N)$$

Were the letters are monthly means of:

K_g = daily global radiation (ly/day)

K_A = daily solar radiation on the top of atmosphere (ly/day)

n = daily duration of sunshine (hr/day)

N = daily maximum duration of sunshine (hr/day)

The methodology adoted was the one proposed by PRESCOTT (1940) and PENMAN (1948), as cited by BLACK et alii (1954), in order to estimate parameters "a" and "b", in the equation

$$K_g/K_A = a + b \frac{n}{N}$$

Whick correlates the sunshine ratio (n/N) to the relative solar radiation (K_g/K_A) by linear regression analysis.

The equation found showed a correlation coefficient wich was great that 0,95 with significance at 0,1 probability level.

RESUMO

O presente trabalho analisa as mēdias mensais de radiação solar global diāria, radiação solar global relativa diāria, insolação diāria do Mato Grosso de Goiās. Os dados utilizados foram obtidos na Estação Evaporimétrica de 1a. classe, Modelo DNAEE - CPRM, localizada na Escola de Agronomia - UFG, latitude: 16°41'S, longitude 49°17'W GRW, altitu de 680,00m e na Estação do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - EMBRAPA, Goiānia - Go.

A correlação entre as médias mensais da radiação solar global relativa diária e da insolação relativa diária permitiu concluir que a equação linear para região do Mato Grosso de Goiás é o seguinte:

$$K_g = K_A (0,27 + 0,49 n/N)$$

onde,

K_g = radiação solar global diária (ly/dia)

K_A = radiação solar global diária, no topo da atmosfera (ly/dia)

n = insolação diária

N = insolação máxima diária (h/dia)

A metodologia adotada foi a proposta por PRESCOTT (1940) e PANMAN (1948), citada por BLACK et al (1954) para estimativa dos parâmetros a e b .

A equação linear determinada mostrou um coeficiente de correlação igual a 0,95, e significância de 0,1% de probabilidade, sendo sua utilização recomendada para estimativas de valores médios de radiação solar recebida na superfície da terra, em período de cinco ou mais dias.

INTRODUÇÃO

A importância da radiação solar na agricultura é fundamental e merece ser considerada como o principal fator climatológico desta afirmação, pelos motivos seguintes:

a) a quantidade de radiação solar recebida rege os processos fundamentais que intervêm na elaboração da matéria orgânica mediante a fotossíntese;

b) a quantidade de radiação solar recebida em qualquer ponto da superfície terrestre e as sequências da troca de radiação de ondas curtas e longas entre a terra e a atmosfera condicionam a temperatura local e as variações estacionais e anuais desta temperatura regulando deste modo

a distribuição das culturas na superfície terrestre e também em grande escala na distribuição da população animal;

c) a radiação solar constitui a fonte fundamental de energia do ciclo hidrológico na biosfera e exerce grande influência nas possibilidades agrícolas de cada região através das características da distribuição de chuva, que por sua vez esta sujeita a influência, nas zonas tropicais, do movimento aparente estacional do sol e das variações da distribuição da radiação.

Os pesquisadores, recentemente, estão sendo motivados a dirigir suas pesquisas para encontrar outras fontes de energia, em face a atual crise mundial, oriunda da elevação do preço do petróleo. Por essa razão pesquisadores de diversos países estão empenhados em descobrir maneiras, economicamente viáveis, de utilizar a energia solar para os mais variados fins, assim o aquecimento solar pouco empregado no Brasil, é largamente difundido no Japão, em Israel, e em menor escala, nos Estados Unidos da América do Norte e na França, em relação aos secadores solares, os Estados Unidos, a Rússia e a Austrália, já vem utilizando em grande escala. No Brasil, principalmente, nos Estados de São Paulo e na Paraíba, estudam-se modelos para secagem de grãos, frutas, carnes e peixes. Destiladores, refrigeradores, fogões, fornos e eletricidade são outras aplicações oriundas da energia solar. Entretanto, para que essas pesquisas possam ser efetuadas, torna-se indispensável o conhecimento prévio da quantidade de energia solar que é posta a disposição da superfície da terra, por unidade de área e por unidade de tempo ou seja, é necessário quantificar, através de medições diretas da radiação solar global.

Entretanto, em face do número insuficiente de aparelhos registradores no Brasil e principalmente no Estado de Goiás, medidas diretas da radiação global são disponíveis em poucas localidades.

O presente estudo, visa contribuir para o cálculo dos totais da radiação solar global, e estabelecendo relações empíricas para sua estimativa, a partir dos registros da insolação ou brilho solar, obtido por Helio-Pirógrafo, no município de Goiânia, Goiás, em face às condições semelhantes do tempo e do clima, com as da micro-região do Mato-Grosso de Goiás,

considera-se os valores obtidos válidos para toda a micro-região homogênes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As estimativas do total de radiação solar recebida em uma superfície horizontal, ao nível do solo, foi engedrada pela primeira vez em 1924 por ANGSTROM, utilizando a relação entre a radiação solar e horas de insolação, que usando a princípio o seguinte modelo:

$$Q_g = Q_0 a' + (1,00 - a') \frac{n}{N}$$

onde,

- Q_g = radiação solar global recebida em uma superfície horizontal ao nível do solo em cal/cm².dia
- Q_0 = radiação solar global recebida em sua superfície horizontal ao nível do solo, em dia completamente límpido (sem nuvens);
- n = total de horas de insolação obtida pelo registro Heliógrafo, seg. CAMPBELL-STOKES;
- N = duração máxima possível da insolação, em horas;
- a' = proporção média de radiação solar recebida em um dia completamente coberto por nuvens.

O valor de a' varia diariamente dependendo da densidade e tipo de nuvens. O valor médio de a' proposto por KIMBALL e HAND (1936), foi de 0,22. De acordo com BLACK *et alii* (1954), FRITZ e MAC DONALD (1949), propuzeram para estimativa da radiação solar global, o seguinte modelo matemático:

$$Q_g = Q_0 (a + b \frac{n}{N})$$

estabelecendo os seguintes valores, $a = 0,35$ e $b = 0,61$ para os Estados Unidos.

PRESCOTT (1940) e PENMAN (1948), usando valores de ANGSTROM-BRUNT (1939), propuzeram o seguinte modelo:

$$Q_g = Q_A \left(a + \frac{b}{N} \right)$$

Isto é, modificando o modelo original, substituindo Q_0 por Q_A , que é o valor da radiação solar recebida no topo da atmosfera, ou que atingiria a superfície do solo se a atmosfera fosse perfeitamente transparente. Q_A recebeu a denominação de valor de ANGOT, e a e b são parâmetros obtidos através da regressão linear.

BLACK et alii (1954) realizaram estudos bastante preciosos para diversas localidades dos Estados Unidos, Canadá, Austrália e Europa, propuseram os valores gerais para $a=0,23$ e $b=0,48$. GLOVER e MC CULLOCH (1958), realizaram trabalhos de pesquisa em Kabete, em Kênia, determinaram os valores $a=0,23$ e $b=0,62$. SMITH (1959), encontrou para TRINIDAD, os valores $a = 0,20$ e $b = 0,59$ e em 1960 os valores $a = 0,27$ e $b = 0,49$.

WOODHEAD (1960), combinando dados de quinze Estações do Kênia, Tanzânia e Uganda propôs, os seguintes valores médios para os coeficientes de regressão: $a = 0,23$ e $b = 0,57$. DURAND (1974) para Versailles, Paris, obteve os valores $a = 0,243$ e $b = 0,455$.

No Brasil, a estimativa da radiação solar global pelo modelo ANGSTRÖM modificada por PRESCOTT-PENMAN, esta sendo utilizado por vários pesquisadores, porém, são poucos os locais que tem modelos estabelecidos através deste processo.

CERVELLINI et alii (1966) determinaram os valores de $a = 0,24$ e $b = 0,58$ para o Estado de São Paulo. OMETTO (1968), propôs, para Piracicaba - SP, os seguintes valores para as constantes de regressão $a = 0,026$ e $b = 0,51$, BERLATO (1970) para o Estado do Rio Grande do Sul, entre as latitudes de 27° e 34° S, encontrou as constantes $a = 0,23$ e $b = 0,46$. LOPES et alii (1971), para Pelotas - RS, obteve $a = 0,202$ e $b=0,488$. REIS et alii (1973), determinaram para Recife - PE, as constantes $a = 0,26$ e $b = 0,31$. SÃ (1973) para região de Mandacaru - BA, obteve $a = 0,251$ e $b = 0,511$. MOTA (1976), obteve os valores $a = 0,26$ e $b = 0,51$ para Pelotas - RS. TUBELIS et alii (1977), para Botucatu - SP obteve $a = 0,244$ e $b = 0,471$. GOMES & SANTOS (1978) para Londrina - PR, obteve os valores $a = 0,31$ e $b = 0,49$. No quadro 1, os valores dos coeficientes de correlação da equação de regressão para Estações Solarimétricas em 19 localidades brasileiras, dados obtidos pelo Centro de Radiação Solar - INEMET.

Outro modo de determinação dos coeficientes a e b é o proposto por FRÈRE *et alii* (1975), é um método gráfico, onde se estabelece as relações entre as constantes a e b em função de um valor médio anual de n/N.

RIETVELD (1978) propôs outro método gráfico de determinação dos valores de a e b, onde o critério para seleção dos dados foi que, o modelo matemático, na qual os valores de a e b eram usados, o coeficiente de correlação deveria ser conhecido e ser maior que 0,80.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para o cálculo foram obtidos na Estação Evaporimétrica de 1ª classe modelo D N A E E C P R M; localizada na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia - Go, definida pela latitude: 169 41 S, longitude: 49 + 17'W GRW, altitude: 680,0m e na Estação do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - EMBRAPA, Goiânia-Go, respectivamente os dados de horas de insolação ou brilho solar foram obtidos pelo Hêlio-Pirógrafo, seg. CAMPBELL STOKES, fabricação LAMBRECHT, tendo sido feitas cotações horárias e de décimos de horas de insolação (n). A radiação solar global (K_g) foi obtida em $\text{cal/cm}^2\cdot\text{dia}$ ou langley/dia, por Piranímetro, fabricação Lambda Instruments Corporation, Lincoln, Nebraska (USA). Foram utilizados na análise 516 observações diárias de horas de insolação e da radiação global, no período de abril 1979 a dezembro de 1981.

Procurou-se estabelecer uma equação linear, que possibilitasse o cálculo da média diária da radiação global diária para cada mês (K_g), em função da insolação (n).

Os dados foram analisados procurando-se estimar os valores de a e b, através da análise de regressão linear simples, pelo método dos quadrados mínimos, da seguinte expressão:

$$K_g = K_A \left(a + b \frac{n}{N} \right)$$

onde, K_g = radiação global diária, recebida em uma superfície horizontal ao nível do solo em langley/dia ($\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{dia}$).

K_A = radiação solar diária recebida por uma superfície horizontal no topo de atmosfera em langley/dia, ou valor de Angot.

n = insolação ou brilho solar, observação diária (h/dia).

N = duração astronômica do período diurno ou fotoperíodo máximo, obtida da expressão:

$$N = 0,133 H, \text{ onde}$$

$$H = \arcsen - \text{th} () \text{tg}(\theta)$$

$$H = \text{Semi-arco diurno (Graus)}$$

$$= \text{declinação média do mês}$$

$$\theta = \text{latitude do local}$$

a e b = são parâmetros obtidos estatisticamente

Os dados do total diário de radiação solar global (K_g) foram transformados na relação diária K_g/K_A . Os valores diários de K_A foram obtidos das tabelas publicadas por SALATI *et alii* (1967).

Os totais de horas de insolação (n) foram transformados na relação (n/N). Os valores de duração máxima (N) de insolação ou fotoperíodo máximo (N), representam dados interpolados das tabelas meteorológicas do Smithsonian Institution (1951).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias mensais dos totais diários de radiação solar global (K_g), radiação solar no topo da atmosfera (K_A), insolação máxima ou fotoperíodo máximo (N), radiação solar global relativa (K_g/K_A) e insolação relativa (n/N) para micro-região do Mato-Grosso de Goiás, são apresentadas no Quadro 2 e na Figura 1.

Os valores mensais dos totais diários da radiação solar no topo da atmosfera, acompanham a variação anual da declinação do sol, alcançam valores mínimos do mês de julho, 622 ly/dia, época do solstício de inverno, e máximo no mês de dezembro, 973 ly/dia, quando do solstício de verão. A variação dos valores médios mensais ocorre entre 622 ly/dia, a 973 ly/dia sendo contínua crescendo de junho a dezembro, e decrescendo de dezembro a junho.

Também, os valores mensais dos totais diários da radiação solar global são apresentados no Quadro 2 e Figura 1. Consta-se a tendência da radiação global acompanhar a radiação do topo da atmosfera, porém, com irregularidade no decorso do ano. Os valores mínimos são alcançados no inverno, sendo que no mês de julho a superfície do solo recebe em média de 453 ly/dia. O mês de dezembro embora possuindo os maiores valores de K_a , isto é, 973 ly/dia recebe em radiação solar global menos que outubro, fevereiro e março. Tal fato deve estar ligado a maior presença de nebulosidade neste mês, refletindo grande parte da radiação solar. Com a diminuição da nebulosidade em janeiro e fevereiro a radiação global novamente aumenta, e depois decresce de fevereiro a julho.

As médias mensais da radiação solar global relativa (K_g/K_A) são apresentadas, também, no Quadro 2 e na Figura 2. Como a radiação solar global relativa é a relação entre a radiação solar global e a radiação solar no topo da atmosfera, o seu complemento para unidade é uma aproximação à extinção da radiação solar na atmosfera.

A radiação global no inverno, como se vê na Figura 1, representa um percentual maior da radiação solar no topo da atmosfera que no verão.

A insolação máxima ou número possível de horas do brilho solar representa o intervalo de tempo, em cada dia do ano, em que o sol se desloca acima do plano horizontal local. Para um local, o seu valor é função da declinação do sol. Seus valores médios mensais estão no Quadro 2 e Figura 1. Sua variação é contínua tendo dois mínimos (11,2 h/dia) em junho e julho e um máximo (13,1 h/dia) em dezembro.

A insolação real (efetiva) representa o número de horas, em cada dia, em que a radiação solar atinge, sem obstrução pelas nuvens, a superfície do solo. As médias mensais dos totais diários de insolação observada são mostradas no Quadro 2 e na Figura 1. Observa-se que não se evidencia tendência em a insolação real acompanhar a insolação máxima no período de março a junho. A insolação real é mínima (4,2 h/dia) em novembro, no mês em que a insolação possível alcance o valor (12,9 h/dia), isto é, um dos mais altos valores alcançados. Ao contrário do número possível de horas do brilho solar, a insola-

ção real é máxima em junho (8,1 h/dia) e decrescente de junho e julho, torna-se crescente de julho a agosto, em seguida decresce até fevereiro e cresce em seguida até junho, onde atinge o máximo no período de março a maio se estabiliza no valor médio (6,4 h/dia).

Os valores médios mensais da insolação relativa são mostrados no Quadro 2 e seu curso anual na Figura 2. Como a insolação relativa é a relação entre a insolação real e a máxima, o seu complemento em relação a unidade é uma aproximação do percentual de tempo em que a nebulosidade obstruiu os raios solares. De maneira geral o curso de insolação relativa acompanha, em tendência, o curso da radiação solar global relativa. Os menores valores de n/N ocorrem em novembro, com uma média de 0,33, indicando que em 67% do tempo possível de insolação ocorre obstrução dos raios solares pela nebulosidade. O valor máximo ocorre em junho (0,72), com apenas 28% de horas com nebulosidade. Como tendência geral decrescente de dezembro a junho, e crescente de junho a dezembro.

A média mensal dos valores da radiação solar global, em $ly/mês$, medida, estimada e a discrepância para micro-região do Mato Grosso de Goiás, são mostradas no Quadro 3.

A análise de regressão linear entre os valores médios mensais da radiação solar global relativa e da insolação relativa, contida no Quadro 2, conduziu a seguinte equação linear, para Micro-Região do Mato Grosso de Goiás:

$$K_g = K_A (0,27 + 0,49 n/N)$$

Com um coeficiente de correlação de 0,95, significativo ao nível de 0,1% de probabilidade.

CONCLUSÕES

A análise das médias mensais da radiação solar global diária e da insolação diária, na micro-região do Mato Grosso de Goiás, permitiu concluir que:

- a) a radiação solar global é máxima em outubro e mínima em julho;

Quadro I - Valores dos coeficientes de correlação da equação de regressão para 19 estações solarimétricas no Brasil.

ESTAÇÃO	a	b
Manaus - AM	0,27	0,43
Belem - PA	0,31	0,41
São Luiz - MA	0,31	0,35
Carolina - MA	0,26	0,47
Fortaleza - Ce	0,29	0,43
Florianópolis - PI	0,29	0,42
Petrolina - PE	0,30	0,43
Salvador - BA	0,28	0,47
B.J. Lapa - BA	0,30	0,43
Carvela - BA	0,27	0,45
Brasília - DF	0,28	0,48
B. Horizonte - MG	0,25	0,46
R. Janeiro - RJ	0,27	0,49
São Paulo - SP	0,21	0,53
Curitiba - PR	0,23	0,56
Foz Iguaçu - PR	0,21	0,57
Porto Alegre - RS	0,23	0,54
Cuiabá - MT	0,28	0,45
C. Grande - MS	0,20	0,49

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INEMET,
Centro de Radiação Solar - Divisão de Observações Meteorológicas, 1980.

Quadro 2 - Médias mensais dos valores diários da radiação solar global (K_g), radiação solar no topo da atmosfera (K_A), insolação observada (n), insolação máxima (N), radiação solar global relativa (K_g/K_A) e insolação relativa (n/N), para micro região do Mato Grosso de Goiás.

MESES	K_g ly/d	K_A ly/d	n h/d	N h/d	K_g/K_A	n/N
JAN	417	971	4,4	13,0	0,43	0,34
FEV	446	943	5,3	12,7	0,47	0,42
MAR	448	875	6,5	12,2	0,51	0,53
ABR.	414	773	6,2	11,7	0,54	0,53
MAI	374	674	6,7	11,4	0,56	0,59
JUN	374	622	8,1	11,2	0,60	0,72
JUL	364	642	7,0	11,2	0,57	0,63
AGOS	449	722	8,0	11,6	0,62	0,68
SET	416	824	6,0	12,0	0,51	0,50
OUT	453	908	5,6	12,4	0,50	0,45
NOV	405	956	4,2	12,9	0,42	0,33
DEZ	436	973	4,7	13,1	0,45	0,36

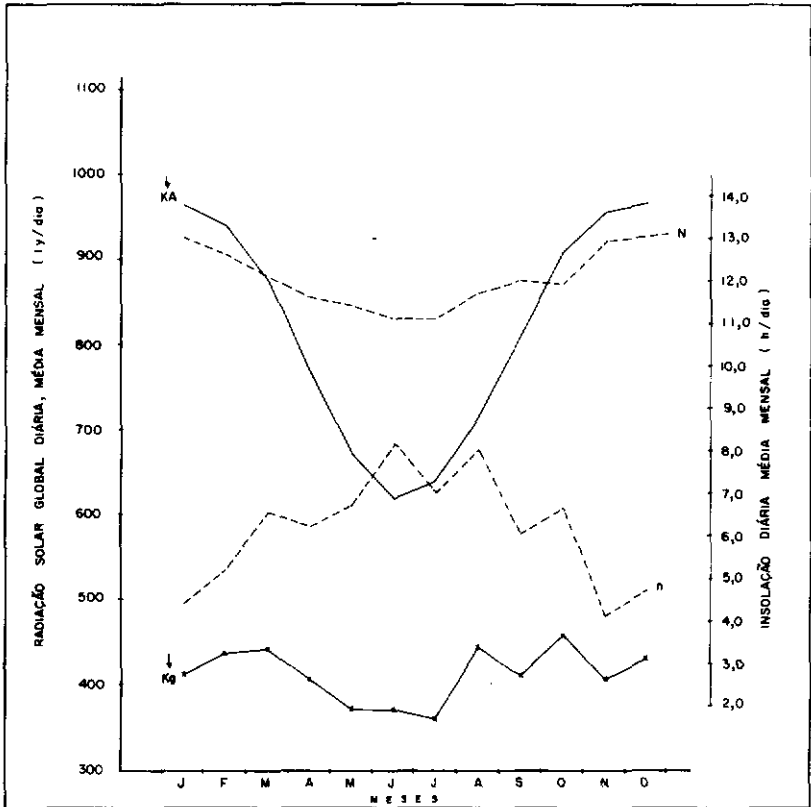
Quadro 3 - Médias mensais dos valores da radiação solar global (K_g), em ly/mês, medida, estimada e a discrepância para micro-região do Mato Grosso de Goiás.

MÊSES	MEDIDA*	ESTIMADA**	DISCREPÂNCIA MÉDIA
JAN	12.925	13.144	+ 219
FEV	12.480	12.572	+ 92
MAR	13.891	14.384	+ 493
ABR	12.420	12.270	- 150
MAI	11.588	11.687	+ 99
JUN	11.237	11.610	+ 373
JUL	11.274	11.532	+ 258
AGOS	13.868	13.516	- 352
SET	12.266	12.720	+ 454
OUT	14.035	13.795	- 240
NOV	13.133	12.390	- 743
DEZ	13.992	13.454	- 538
ANUAL	153.109	153.074	+ 35

* Valores medidos - 1977/79

** Valores estimados 1979/81.

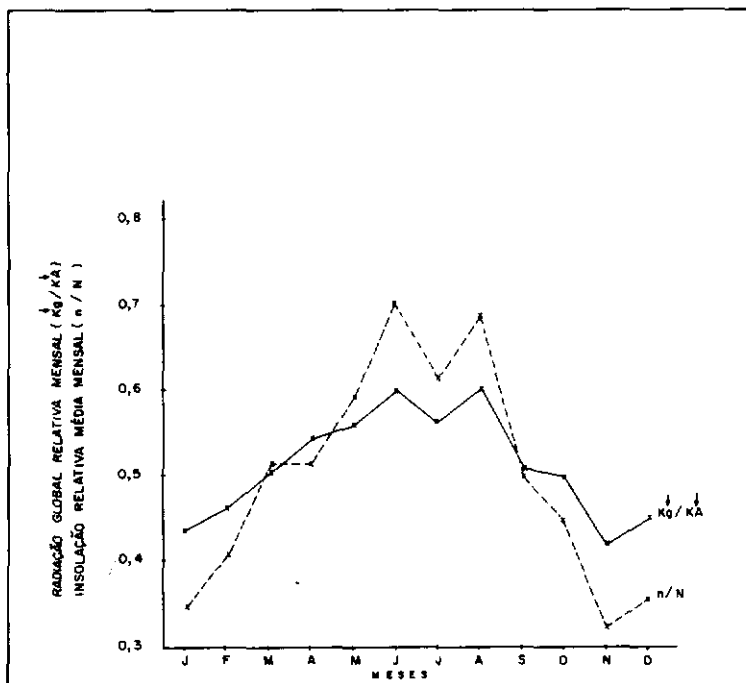
FIGURA CURSO DAS MÉDIAS DA RADIAÇÃO DIÁRIA NO TOPO DA ATMOSFERA (K_A),
 RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL DIÁRIA (K_G), INSOLAÇÃO OBSERVADA DIÁRIA (n)
 E INSOLAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA (N) PARA MICRO-REGIÃO DO MATO GROSSO
 DE GOIÁS PERÍODO 1.977/79* - 1.979/81**



* VALORES MÉDIOS

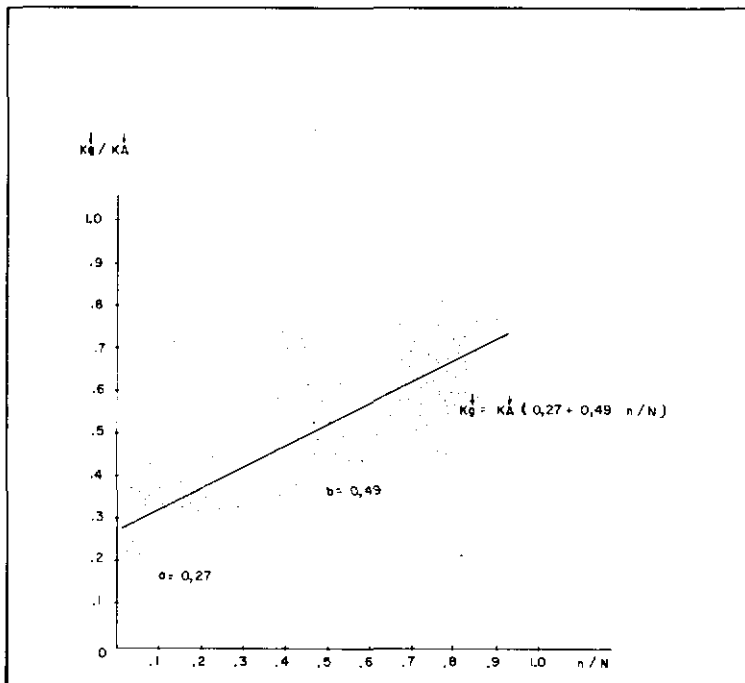
** VALORES ESTIMADOS

FIGURA 2: CURSO DAS MÉDIAS MENSIS DE RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL RELATIVA (K_g/K_A) E INSOLAÇÃO RELATIVA (n/N) PARA MICRO-REGIÃO DO MATO GROSSO DE GOIÁS
PERÍODO: 1.977/79* - 1.979/81**



- VALORES MEDIDOS
- VALORES ESTIMADOS

FIGURA 3 RETA DE REGRESSÃO REFERENTE A RELAÇÃO ENERGÉTICA E RELAÇÃO DE INSOLAÇÃO PARA MICRO REGIÃO DO MATO GROSSO DE GOIÁS PERÍODO 1977/79^a - 1979/81^a



- b) a radiação solar global relativa é máxima em agosto e mínima em novembro;
- c) a insolação é máxima em junho e mínima em novembro.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ANGSTROM, A, 1924 - Solar and Terrestrial Radiation, Quart. J. Roy. Met. Soc, 50, 121-126.
- ALVES, A. R.; VIANELLO. R. L.; SEDIYAMA, G. C; COELHO, D. T. 1981 - Irradiação solar global sobre superfícies inclinadas, em Viçosa, Minas Gerais - Experimentia: 27(9):195-210.
- ALVES, A. R.; VIANELLO. R. L.; SEDIYAMA, G. C.; COELHO, D. T. Estimativa da Radiação Solar Global diária, a partir dos dados de Insolação, para Viçosa, Minas Gerais 1981. Experimentia; 27(10):211-222.
- BRICHAMBANT, Ch, P. 1978. Estimation de L'Energie solaire disponible au sol. La Meteorologia VI e. Serie nº 15 Décembre.
- BERLATO, M, 1971. Radiação global no Estado do Rio Grande do Sul, Agronomia Sul Riograndense, Vol. VII, Nº 2, SA. Departamento da Produção Vegetal.
- BLACK, J. N.; BONYTHOW, G. W.; PRESCOTT, J. A., 1954. Solar radiation and the duration of Sunshine Q.J.R. Meteorological Society, Londres, 80(344):232-235.
- COSTA, H. S & FRAIDENRAICH, N. 1981 - Estimativa da componente direta da radiação Solar no Nordeste Brasileiro, Ciência e Cultura, 33(5).
- CERVELLINI, A, SALATI, E, GODOY, H. 1966 - Estimativa da distribuição de Energia Solar no Estado de São Paulo, Bragançtia, Campinas, 25(8):31-40.

- DECICO, A.; SANTOS, J.M., 1980 - Considerações sobre a estimativa do potencial de radiação solar global, *Ciência e Cultura*, 32(2).
- FRÉRE, M; RIJKS, J. ".; REA, J., 1975. Estudio Agroclimatológico de la zona andina - Informe Técnico FAO/UNESCO/OMM.Roma.
- FERRAZ, E. S. B, 1981 - Pesquisa com radiação solar na ESALQ, Anais do II Simpósio sobre Energia solar, publicação ACIE-SP, nº 28 - S.I.C.T. São Paulo.
- GOMES, J; SANTOS, J.M, 1978. Estimativa da radiação solar Global diária em Londrina, a partir da insolação, *Pesq. Agrop. bras.* Brasília, 13(4):51-56.
- GLOVER, J; J.S.G. Mc CULLOCH, 1958 - The Empirical Relation Between Solar Radiation and Hours of Bright Sunshine in the High - Altitude Tropical. *Q.J.R. Meteorological Society*, Londres. 84 (360):172-175.
- GOMES, F.P. 1973 - Curso de Estatística Experimental, 5ª ed. Editora Nobel, São Paulo.
- LOPES, N. F.; GOMES, A. S.; MOTA, F.S.; GARCEZ, J.R.B.GOEDERT C.O, 1971 - Estimativa da radiação solar durante o ciclo vegetativo dos cereais no Rio Grande do Sul, *Boletim técnico* nº 75, IPEAS, Pelotas.
- LIST, R.J. 1957 - *Smithsonian Meteorological Table*, 6ª ed. Smithsonian Institution, Washington.
- MOTA, F.S.; BEIRSDORE, M.I.C.; ACOSTA, M.J.C., 1977. Estimativa preliminar da radiação solar no Brasil, *Ciência e Cultura*, 29(2).
- METEER, C.L. 1955, A preliminary estimative of the average insolation in Canada. *Can. Journ of Agric Sci*, 35:579-94.
- MC WHORTER, J.C.; BROOKS Jr, B.P., 1965 - *Climatological and*

solar Radiation Relationships, Bulletin 715 august - Agricultural Experiment Station, M.S.U. - State College Mississippi.

MONTEITH, J.L, 1955 - Radiation and Crops. Experimental Agriculture Review. L, pp 241-251.

MONTEITH, J.L, 1975. Principles of Environmental Physics , Eward Arnold.

NUNES, G.S.S., ANDRÉ, R.G.B.; VIANELLO, R.L. MARQUES, V.S . 1978. - Estudo da distribuição de radiação solar incidente no Brasil. Relatório, nº INPE - NTE/110,52 p.

NIRENBERG, M, 1981 - Atividades solarimétricas do Instituto Nacional de Meteorologia. Anais do II Simpósio sobre Energia Solar, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, Academia de Ciência do Estado de São Paulo, publicação ACIESP, nº28.

OMETTO, J. C. 1968 - Estudos das relações entre: radiação solar global, radiação líquida, insolação - Tese de Doutorado, ESALQ, Piracicaba.

OMETTO, J. C., FERRAZ; E.S.B., COHN, P.E. 1980 - Instrumental utilizado no Estudo da Radiação solar, Anais do II Simpósio sobre Instrumentação, Publicação ACIESP, nº 26 - S.I . C.C.T. Academia de Ciências do Estado de São Paulo.

PEREIRA, Z.R.; SALATI, E; CERVellini, A; GODDOY, C.C.M. 1971 - Radiação Solar: distribuição diária sem considerar os efeitos da atmosfera - Caderno de Ciências da Terra - 10, Instituto de Geografia, USP.

REIS, A.C.S.; COELHO, T.J.F.; ALVES, N.L.L.; 1973 - Estimativa da energia solar global na área do Recife, baseada em registro da insolação, Pesquisa Agropec. Bras. Ser. Agron. 8:177-179.

RIETVELD, M.R, 1978. A New method for estimating the regrass-

- sion coefficients in the formula relating solar radiation I to sunshine. Agricultural Meteorology Amsterdam, 19(3):243-252.
- RIBEIRO, A.M.A. 1980 - Estudo das relações entre Radiação Solar Global (Q_g) e Razão de Insolação (n/N), em algumas Regiões do Brasil. Piracicaba, ESALQ-USP, 69 p (Dissertação de Mestrado).
- ROSEMBERG, N.J.; 1974 - Microclimate: the Biological Environment, John Wiley & Sons, New York. Londres. Sydney Toronto.
- SANTOS, J.M.; PETTA, A; SIMÃO, S., 1960 - Radiação Solar em superfícies horizontal e vertical com exposição Norte - Anais da ESALQ., USP, Piracicaba, 17:381-292.
- SALATI, E; CERVELLINI, A; VILLA NOVA, N.A.; OMETTO, J.C.; SANTOS, J.M.; GODOY, C.R.M., 1967 - Estimativa da Radiação Solar que atinge uma área horizontal unitária admitindo-se a ausência da atmosfera, Boletim Técnico nº 6 - Serviço Nacional de Meteorologia, M.A., RJ.
- SILVA, M.A.V., 1973 - Instrumentos meteorológicos utilizados em Estações de Superfície - SUDENE, Depto de Recursos Naturais.
- SÃ, D.F., 1973 - Alguns aspectos da energia solar em Mandacaru, Boletim de Recursos Naturais da SUDENE, Recife, 11 (1-2): 11-26.
- TARIFA, J.R., 1972 - Estimativa da radiação solar em função da insolação para Presidente Prudente - Caderno de Ciência da Terra - 22 Instituto de Geografia - USP.
- TUBELIS, A., NASCIMENTO, F.J.L., FISCHER, V.A.; FRANCISCHINI, W, 1976 - Estimativa da radiação solar global diária em Botucatu - SP a partir da insolação diária, Botucatu, SP Cient. Ser. A, 26:53-60.
- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.J.L., FAOLNI, LL; 1977 - Radiação

solar global e insolação em Botucatu, AP., média mensal .
Botucatu Científica. Série A. Botucatu 2(1):25-34.

VILLA NOVA, N.A.; RIBEIRO, M.N.G.; NOBRE, C.A.; SALATI, E.
1978. Radiação solar em Manaus, Acta Amazônica. Manaus, 8
(3):417-421.

VILLA NOVA, N.A.; SALATI, 1977 - Radiação Solar no Brasil, Anais do II Simpósio Anual da Academia de Ciências do Estado de São Paulo, Secretaria de Cultura Ciência e Tecnologia.