

ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA EM PIRACICABA-SP¹

Hildeu Ferreira da ASSUNÇÃO² e Valter BARBIERI³

RESUMO

Medidas radiométricas diárias, MJ/m².dia, tomadas em Piracicaba-SP (22° 42' S; 47° 38' W e 570 m de altitude), compreendendo as faixas global (290 a 2800 nm), fotossinteticamente ativa (400 a 700 nm) e infravermelha (700 a 2800 nm) possibilitaram separar a banda ultravioleta (290 a 400 nm) do espectro global. O resíduo UV=Qg-(PAR+NIR) foi correlacionado linearmente com a radiação extraterrestre (Qo) e a razão de insolação (n/N), o qual resultou na equação UV=Qo[0.019+0.054n/N], cujos valores não diferiram estatisticamente daqueles estimados pela equação UV=0.104Qg. Foram isoladas as densidades de fluxos radiantes horárias, W/m², para os dias com céu totalmente desprovidos de nuvens e para os dias com céu totalmente nublados. Por meio de regressão linear obteve-se as estimativas da irradiância ultravioleta (UV) em função da radiação global (Qg) e do ângulo de elevação solar (β°), cujo ajuste foi UV=Qg[0.0759+0.0006β] em condição de céu limpo e UV=Qg[0.0766+0.0003β] em condição de céu nublado.

INTRODUÇÃO

O espectro ultravioleta, faixa compreendida entre 200 a 400 nm, pode ser dividido em A (400 a 300 nm), B (300 a 290 nm) e C (290 a 200 nm). A faixa de 290 a 400 nm é parcialmente transmitida pela atmosfera, e pode causar efeitos biológicos de grande importância. Felizmente todo comprimento de onda abaixo de 290 nm, potencialmente nocivo, é absorvido por gases atmosféricos, principalmente pelo ozônio (ROBINSON, 1966). Dado o importante papel do ozônio em bloquear a radiação ultravioleta, é esperado que qualquer redução na ozonoesfera afetará o nível da radiação ultravioleta incidente na superfície da Terra, a qual trará conseqüências significativas à saúde humana e à produção biológica (ZIGMAN, 1977).

Medidas tomadas por satélite e na superfície revelaram uma redução na camada de ozônio na Antártida durante os meses de primavera (STOLARSKI et al., 1986; FARMAN et al., 1985 citados por NUNEZ et al., 1994). Os mais recentes estudos confirmam que esta redução do ozônio não é somente confinado na Antártida, mas sim, um fenômeno global que se intensifica na região polar (ATKINSON et al., 1989; LEHMAN et al., 1992a,b citados por NUNEZ et al., 1994). Medidas espectrais isoladas na Antártida (LUBIN & FREDERICK, 1989, 1990; FREDERICK & ALBERTS, 1991 citados por NUNEZ et al., 1994) e Nova Zelândia (SECKMEYER & MCKENZIE, 1992 citados por NUNEZ et al., 1994) confirmaram um aumento na radiação ultravioleta, o qual está relacionado ao baixo nível de ozônio. Segundo GATES 1980, radiação ultravioleta que chega à superfície do solo é muito pouca, sendo as maiores intensidades deste fluxo observados em lugares altos como topos de montanhas, chegando ao nível de até 9% da radiação global.

O propósito do presente trabalho foi determinar a radiação ultravioleta incidente em Piracicaba-SP, considerando as condições atmosféricas locais e sugerir estimativas que, futuramente poderão ser úteis.

MATERIAIS E MÉTODOS

As observações radiométricas foram conduzidas na Estação Agrometeorológica da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", ESALQ-USP, Campus de Piracicaba, Estado de São Paulo, 22°

¹Parte da dissertação do primeiro autor para obtenção do grau de Mestre em Agrometeorologia (ESALQ/USP).

²Professor, M.Sc., CENACA/CAJ/UFG, Caixa Postal 03, CEP 75800-000, Jataí-GO.

³Professor, Dr., ESALQ/USP, Caixa Postal 09, CEP 13418-970, Piracicaba-SP.

42' S, 47° 38' W e 570 m de altitude, onde registrou-se as densidades de fluxo radiante global, Fotossinteticamente ativa e Infravermelha próxima, em 211 dias, a 1,5 m acima da superfície do solo, durante os meses de junho a dezembro de 1993.

Os dados foram tomados com os sensores da Tabela 1, acoplados a um registrador potenciométrico com 3 canais para registro contínuo, cuja integração corresponde ao horário solar verdadeiro.

Tabela 1: Sensores Utilizados nas observações radiométricas.

SENSOR	Qg	PAR	NIR
Modelo	Eppley PSP	LI-190SB	Eppley PSP
Sensibilidade	9,05mV/kW.m ⁻²	5mV/mE.m ⁻² .s ⁻¹	10,48mV/kW.m ⁻²
Espectro	290 a 2800 nm	400 a 700 nm	700 a 2800 nm
Filtro	WG 295		RG 695
Erro	± 5%	±5%	±5%

As unidades das densidades de fluxos radiantes foram determinadas em W/m² e MJ/m².dia para a radiação global e a radiação infravermelha próxima. O fator 4,57 µE/J para céu limpo e 4,24 µE/J para céu totalmente

nublado foi aplicado para converter a PAR em W/m² e MJ/m².dia. A radiação ultravioleta foi determinada, em MJ/m².dia e W/m², pela expressão: UV=Qg-(PAR+NIR).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

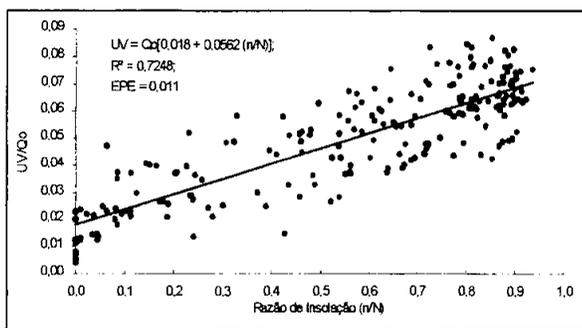


Figura 1: UV=f(Q₀, n/N), MJ/m².dia. Piracicaba-SP.

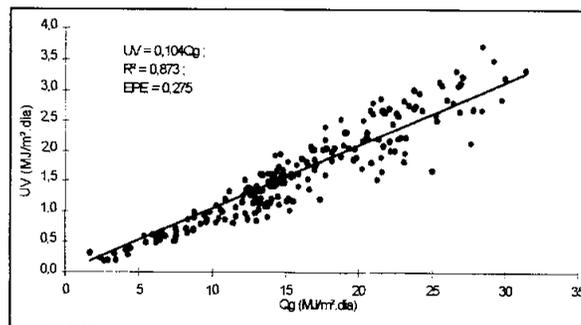


Figura 2: UV=f(Q_g), MJ/m².dia. Piracicaba-SP.

A densidade de fluxo radiante ultravioleta (UV) se ajustou linear e simultaneamente com as variações da irradiância extraterrestre (Q₀) e da razão de insolação (n/N) segundo a equação da Figura 1: UV=Q₀(0,019+0,054n/N). A estimativa da densidade de fluxo ultravioleta em função da irradiância solar global (Q_g) também se ajustou ao modelo UV=0,104Q_g como mostra a Figura 2. Estes métodos para estimar UV, comparados entre si, mostraram um erro não significativo de 2,5% com =0,05.

Considerando a cobertura por nuvens, a série de dados da radiação ultravioleta foi correlacionada com a radiação global dentro de cada classe: para n/N<0,10 resultou em UV=0,090Q_g e R²=0,872; para 0,10 ≤ n/N ≤ 0,80 obteve-se UV=0,102Q_g e R²=0,817; e finalmente para n/N>0,80, UV=0,109Q_g e R²=0,885. Tais variações não diferiram entre si ao nível de significância de 0,05.

ZAVODSKA (1984) encontrou, para dia limpo, irradiâncias UV-A de 4 a 7% e, em dias nublados de 3 a 5% da Irradiância solar global. Segundo NUNEZ et al. (1994) a fração UV pode aumentar de 8 a 11% em condições de nebulosidade. MADRONICH (1992) argumenta que, até a latitude de 45°S na primavera, este aumento pode variar de 5 a 10%, independente das condições de nebulosidade ou aerossóis.

Em média a densidade de fluxo ultravioleta que chega à superfície em Piracicaba-SP, equivale a 5% da radiação solar extraterrestre e 10,4% da radiação solar global, independente das condições atmosféricas.

A Figura 3 mostra UV/Q_g crescente com o ângulo de elevação solar (B), variando entre 8 a 12% no decorrer do dia com céu limpo e com ajuste linear UV/Q_g=0,0759+0,0006B. Fato semelhante é

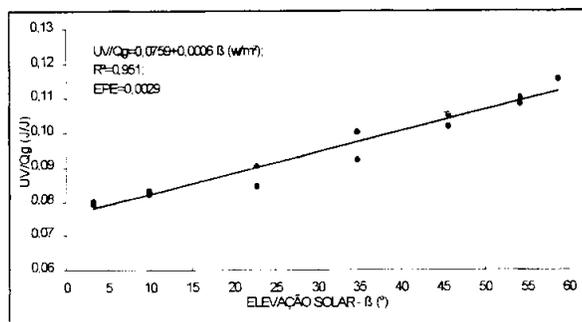


Figura 3: Estimativa de UV/Qg em função de β° , para dia de céu limpo. Piracicaba-SP, 1993.

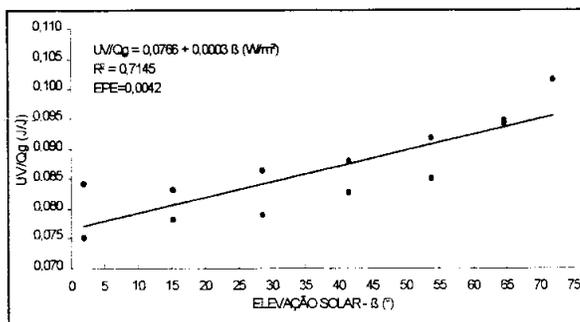


Figura 4: Estimativa de UV/Qg em função de β° , para dia nublado. Piracicaba-SP, 1993.

observado na **Figura 4** onde $UV/Qg = 0,0766 + 0,0003\beta$, portanto a variação horária relativa de UV/Qg sofre pouca influência da nebulosidade, cuja variação encontrada está entre 7 a 10%, atribuída à elevação solar.

Para a climatologia, o campo da radiação ultravioleta ainda está em fase de desenvolvimento, portanto trata-se de um assunto novo. Apesar dessas limitações, há uma crescente demanda por dados da radiação ultravioleta em relação à depleção estratosférica do ozônio.

CONCLUSÕES

Para a cidade de Piracicaba, São Paulo, é possível estimar diariamente a densidade de fluxo da radiação ultravioleta (UV), MJ/m² dia, na faixa de 290 a 400 nm, em função da radiação extraterrestre (Q₀) e da razão de insolação (n/N), bem como em função da radiação global (Qg), dependendo somente dos dados de melhor acesso para a estimativa.

Em trabalhos mais minuciosos, também pode-se estimar a radiação ultravioleta (UV), W/m², a cada hora do dia, em função da radiação global (Qg) e da elevação solar (β°), tanto em condições de nebulosidade, como em condições de céu limpo. Para situações parciais pode-se estimar UV, fazendo-se uma média entre as duas estimativas (céu limpo e céu nublado). Portanto a metodologia utilizada neste trabalho não permite grande precisão nas observações, mas dá uma boa idéia sobre a incidência radiativa ultravioleta em Piracicaba, Estado de São Paulo.

BIBLIOGRAFIA

- ASSUNÇÃO, H. F. da. Relação entre a radiação fotossinteticamente ativa e a radiação global em Piracicaba-SP. Piracicaba, 1994. 48p. (Mestrado em Agronomia/ESALQ/USP).
- GATES, D. M. **Biophysical ecology**. New York. Springer-Verlag, 1980. 611p.
- MADRONICH, S. Implications of recent total atmospheric ozone measurements for biologically active ultraviolet radiation reaching the earth's surface. **Geophysical Research Letter** 19:37, 1992.
- NUNEZ, M.; FORGAN, B.; ROY, C. Estimating ultraviolet radiation at the earth's surface. **Intitute Journal of Biometeorology**, New York. Springer-Verlag, 38: 5-17, 1994.
- ROBINSON, N. **Solar radiation**. New York, Elsevier, 1966. 347p.
- ZAVODSKA, E. The effects of cloudiness, sunshine and snow cover on ultraviolet radiation at Skalnaté Pleso. **Contribution Geophysical Institute Slovak Academy Science Service Meteorology**, 5:21, 1984.
- ZIGMAN, S. Near UV light and cataracts. **Photochemical Photobiology**, 26:437, 1977.