



Medidas da Radiação UV-B Difusa em Banda Larga e Estreita

Abel A. Silva¹, Ezequiel Echer², Volker W. J. H. Kirchhoff²

1-Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMG, Belo Horizonte, Brasil

2- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, Brasil

RESUMO

Mesmo em dias de céu encoberto pode-se notar o bronzeamento da pele humana nas pessoas em atividade ao ar livre. Esse fenômeno é devido a ação da componente difusa da radiação solar global UV-B. Estudos anteriores mostram que essa radiação é importante para ângulos solares zenitais elevados, mais comuns nas latitudes altas. Neste trabalho é feito um estudo da relação entre a radiação solar global UV e a sua componente difusa. As atividades foram conduzidas em Cachoeira Paulista (23.1° S, 45.0° W) com radiômetros de banda larga e estreita em dias de céu limpo, tendo sido verificado que a radiação difusa representa pelo menos 40% da global na faixa do UVB.

INTRODUÇÃO

Muitas vezes, em alguma atividade ao ar livre em um dia de céu encoberto, pode-se notar que mesmo assim ocorre bronzeamento da pele. Apesar de não ter radiação solar direta, existe uma componente difusa da radiação solar global (radiação global = radiação direta + radiação difusa) que é resultante dos múltiplos espalhamentos sofridos pela radiação solar direta na atmosfera terrestre.

Embora a energia de radiação ultravioleta (UV) no fluxo solar seja muito pequena, da ordem de 1%, ela influencia diretamente a estrutura e a composição da atmosfera terrestre (Brasseur e Solomon, 1986), além de produzir efeitos biológicos nos seres vivos (Kirchhoff, 1995). Para estudar esta radiação, o Laboratório de Ozônio do INPE estabeleceu uma rede de medidores (Echer et al, 1999) no Brasil e na Antártica chilena (Kirchhoff et al, 1997). A radiação solar UV sofre atenuação na atmosfera por espalhamento em moléculas e partículas, e por absorção molecular. No caso do espalhamento em moléculas (espalhamento Rayleigh), a faixa de radiação UV-B (280 a 320 nm) é mais afetada do que a do UV-A (320 a 400 nm) (Sasaki et al., 1993; Blumthaler et al., 1996). Blumthaler et al mediram a variação espacial da radiação solar, encontrando um fator de 10 para a variação do UV-A e um fator de apenas 2 para a radiação UV- B de um ponto a outro da abóbada celeste, o que indica uma distribuição mais uniforme por parte do UV-B em função do seu maior grau de espalhamento.

É importante saber o quanto da radiação global é direta e o quanto é difusa, em particular nas regiões de baixas latitudes, uma vez que a maioria dos estudos de radiação UV difusa é desenvolvida em altas latitudes (Roy et al, 1994). Neste trabalho é estimada a quantidade de radiação difusa presente na radiação global, a partir de um experimento conduzido em Cachoeira Paulista (23,1° S; 45,0° W) em 24 de novembro de 1998, utilizando os radiômetros UV-Biometer e GUV.

INSTRUMENTAÇÃO

O radiômetro UV-Biometer 501A mede a irradiação UV-B em forma de taxa de dose ponderada pelo espectro de ação McKinlay-Diffey (McKinlay and Diffey, 1987). A curva de resposta desse radiômetro pode ser vista na Figura 1. Ela é centrada em 305 nm, com uma largura de banda igual a 14,5 nm, o que faz dele um radiômetro de banda larga fixa. A integração do espectro da Figura 1 fornece a taxa de dose UV-B medida pelo UV-Biometer, sendo que a unidade de dose é o MED (Minimal Erythema Dosis), e representa a quantidade de radiação UV necessária para produzir eritema 24 horas após a irradiação de uma certa área de pele humana (Kirchhoff, 1995). A radiação que atinge o UV-Biometer é filtrada e mantida apenas a parte do UV-B que por sua vez produz um sinal elétrico. Esse sinal é processado e transmitido a um microcomputador.

O radiômetro GUV 511C é constituído de um conjunto de fotodiodos que medem a radiação UV em 4 comprimentos de onda: 305, 320, 340 e 380 nm em bandas com cerca de 10 nm de largura, o que pode ser considerado de banda estreita. O sistema óptico do GUV seleciona uma faixa de radiação do fluxo solar incidente e transforma-a em um sinal elétrico que é processado e transmitido a um microcomputador. Algumas características desses instrumentos estão relacionadas na Tabela 1.

Em ambos os radiômetros foram adaptadas cintas de alumínio com 0,3 m de raio e 0,02 m de espessura cuja função era bloquear a radiação solar direta, o que permitiu fazer a medição da componente de radiação difusa.

Tabela 1: Comparação entre o UV-Biometer e o GUV.

| Radiômetro | λ centrado (nm) | $\Delta\lambda$ (nm) |
|-------------|-------------------------|----------------------|
| UV-Biometer | 305 | 14,5 |
| GUV | 305 | 7 |
| | 320 | 11 |
| | 340 | 10 |
| | 380 | 10 |

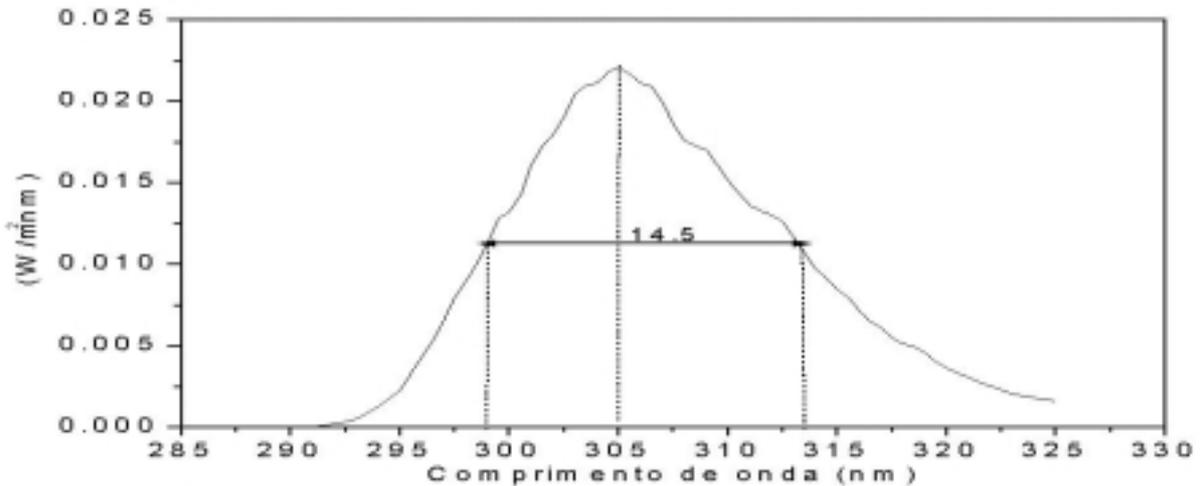


Figura 1: Curva de resposta do UV-Biometer.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental consistiu em comparar as radiações UV em dois dias de céu claro. Num deles, dia 25 de novembro, os radiômetros realizaram medições da radiação global e num outro, dia 24 de novembro, medições da componente difusa; as medidas da radiação difusa foram realizadas no período de 9 às 15 horas (tempo local). Para bloquear a radiação solar direta cada radiômetro foi colocado no centro de uma cinta de alumínio em forma de semi-círculo. De tempo em tempo a posição da cinta era corrigida para garantir que a parte do radiômetro sensível à radiação solar não ficasse exposta à radiação direta; o anteparo utilizado para essa função era pouco maior do que a parte sensível do radiômetro, o que é muito importante uma vez que a região do céu bloqueada pelo anteparo não deve ser muito maior que a ocupada pelo disco solar. Os radiômetros e suas respectivas cintas foram posicionados no terraço do laboratório, sendo que em redor do mesmo não havia nenhum corpo que pudesse obstruir a radiação solar.

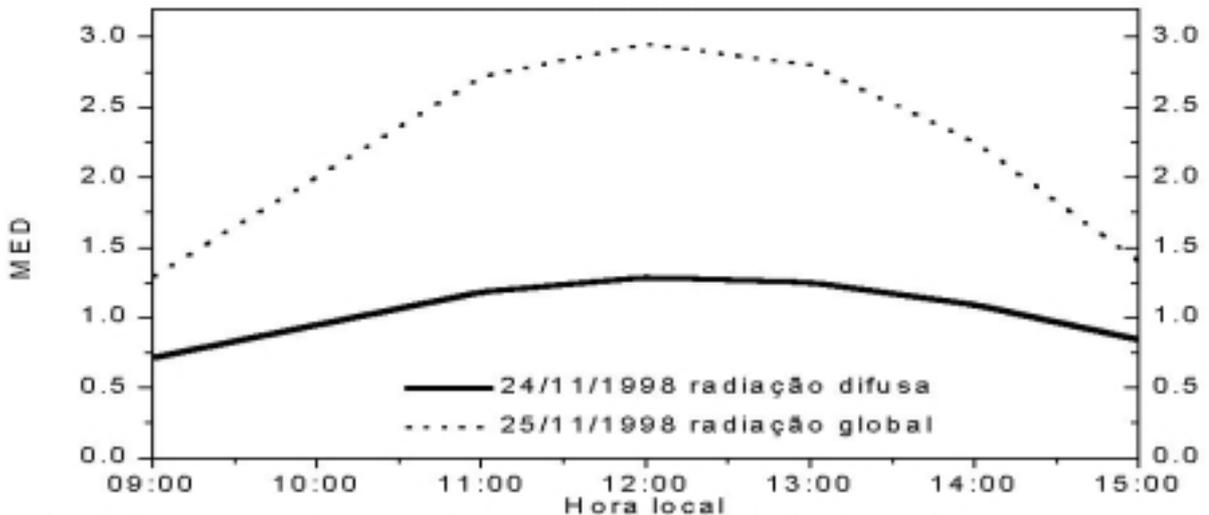


Fig. 2: Dose de radiação UVB em Cachoeira Paulista, obtida com radiômetro de banda larga.

RESULTADOS

As medições de radiação difusa, realizadas no dia 24 de novembro, foram comparadas com as de radiação global, realizadas no dia 25 de novembro, sendo que nesses dois dias o céu esteve livre de núvens. A Figura 2 mostra as curvas diárias de dose para a radiação global e para a radiação difusa medidas com o UV-Biometer. Pode-se notar a diminuição de ambas as radiações com o aumento do ângulo solar zenital: ao meio-dia (hora local) ocorre o menor valor de ângulo solar zenital e, portanto, o maior valor de irradiação global.

Outro aspecto importante da Figura 2 é o fato da radiação difusa representar uma grande fração da radiação global, o que a Figura 3 torna bastante evidente. Esta Figura mostra a razão entre as curvas diárias da radiação difusa e da global; note que a primeira é pelo menos 45% da segunda. O aumento do ângulo solar zenital leva à redução de ambas as radiações, contudo, como pode ser visto na Figura 3, a redução na radiação difusa é menor do que a que ocorre na global, por isso, a razão entre elas é mínima ao meio-dia e vai se tornando maior à medida que se avança para os extremos do período diurno.

As Figuras 4 e 5 mostram as curvas diárias das irradiâncias UV difusa e global para os comprimentos de onda de 305 e 380 nm em medidas obtidas com o radiômetro GUV. Aqui, também, a radiação difusa é uma porção significativa da radiação global.

A Figura 6 mostra as razões entre as radiações difusa e global obtidas das curvas diárias de irradiâncias das Figuras 4 e 5. Pode-se ver que a razão para a radiação de 305 nm é maior do que para a radiação de 380 nm, o que deve ser causado pelo espalhamento Rayleigh; uma vez que este efeito é proporcional ao inverso da quarta potência do comprimento de onda, há uma porcentagem maior de radiação difusa a 305 nm do que a 380 nm.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com os dois radiômetros de UV-B mostraram que a componente difusa da radiação UV é bastante significativa; ela é pelo menos 40% da global. É interessante notar, também, que embora o UV-Biometer seja um instrumento de banda larga, as medidas obtidas nele estão em boa concordância com aquelas obtidas no GUV, que é um radiômetro de banda mais estreita.

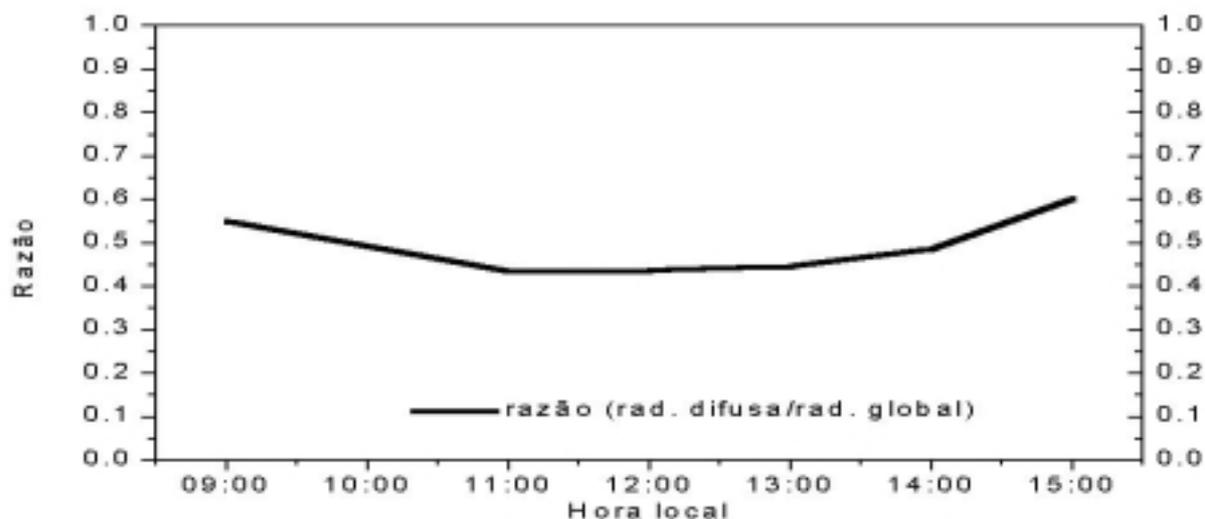


Fig. 3: Razão radiação difusa/global em Cachoeira Paulista, com dados da Figura 2.

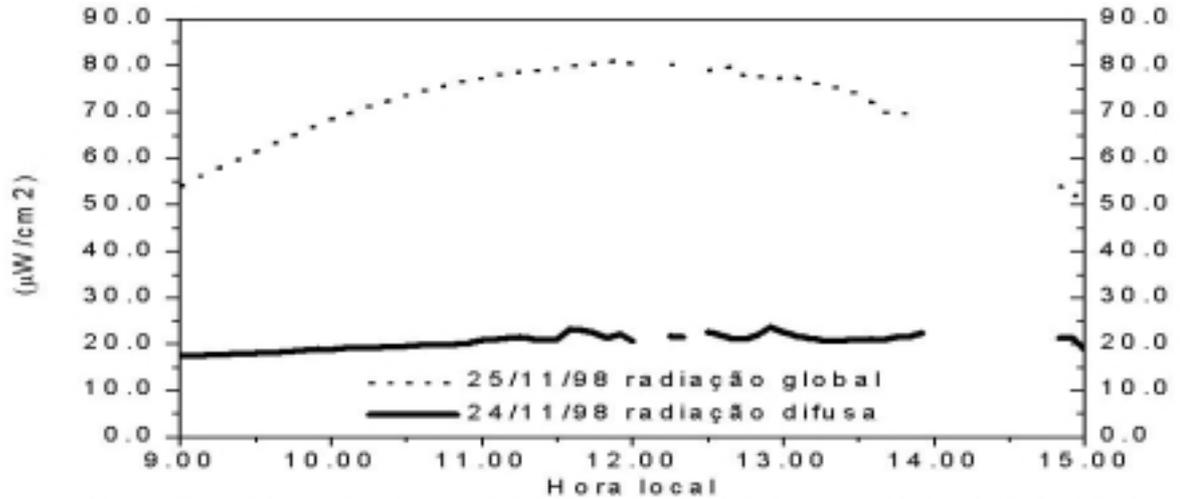


Fig. 5: Irradiância a 380 nm em Cachoeira Paulista, obtida com o GUV.

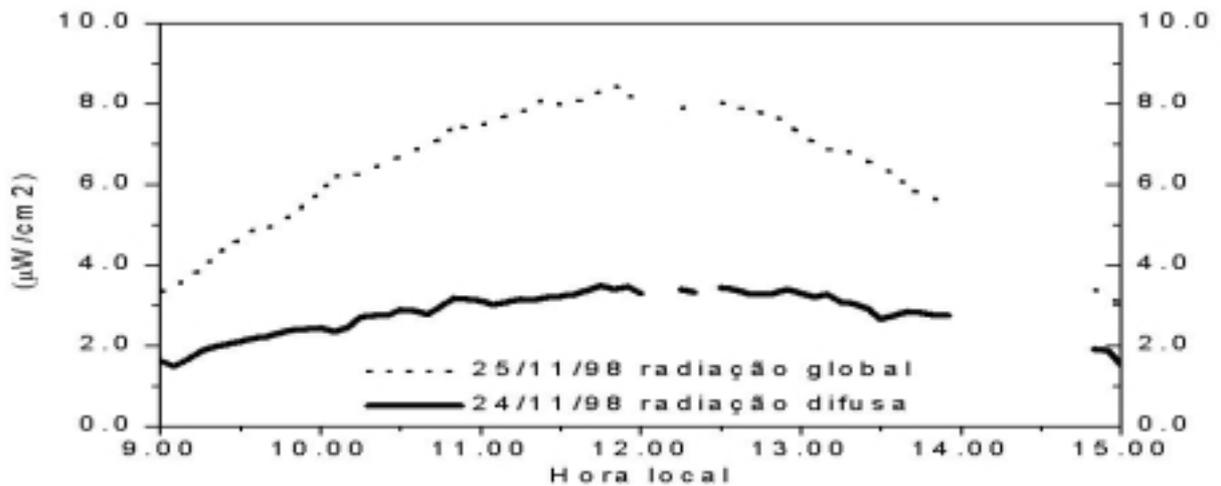


Fig. 4: Irradiância a 305 nm em Cachoeira Paulista, obtida com o GUV.

Fig. 6: Razão radiação difusa/global a 305 e 380 nm.

REFERÊNCIAS

- Blumthaler, M.; Gröbner, J.; Huber, M.; Ambach, W., 1996, *Measuring spectral and spatial variations of UVA and UVB sky radiations: Geophys. Res. Lett.*, 23, 547-550.
- Brasseur, G. and Solomon, S., 1986, *Aeronomy of the Middle Atmosphere: D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holanda.*
- Echer, E.; Kirchoff, V.W.J.H.; Sahai, Y.; Leme, N. P.; Silva, A. A.; Pavão, H.; Schuch, N. J.; Zaratti, F.; Valderrama, V., 1999, *A Rede de Detectores de Radiação Ultravioleta Solar do INPE: Sexto Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, Rio de Janeiro.*
- Kirchoff, V. W. J. H., 1995, *Ozônio e Radiação UVB: Transtec Editorial, São José dos Campos, Brasil.*
- Kirchoff, V. W. J. H.; Casiccia, C. A. R.; Zamorano, F., 1997, *The Ozone Hole Over Punta Arenas, Chile: J. Geophys. Res.*, 102, 8945-8953.
- McKinlay, A. and Diffey, B. L., 1987, *Human Exposure to Ultraviolet Radiation; Risks and Eegulations: Elsevier, Amsterdam, 83-87.*
- Roy, C. R.; Gies, H. P.; Tomlinson, D. W., 1994, *Effects of ozone depletion on the ultraviolet radiation environment at the australian station in Antarctica: Antarctic Research Series, 62, 1-15.*

Sasaki, M.; Takeshita, S.; Sugiura, M.; Sudo, N.; Miyake, Y.; Furusawa, Y.; Sakata, T., 1993, Ground based observation of biologically active solar ultraviolet-B irradiance at 35° N latitude in Japan: J. Geomag. Geoelectr., 45, 473-485.