

ANTICORRELAÇÃO ENTRE A COLUNA TOTAL DE OZÔNIO E A RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA DO TIPO ERITEMA NOS ANOS DE 2005 A 2008

Nicolle Cordero Simões dos Reis^{1,2}; Felipe Raphael Theodorovitz Mendoza^{1,2};
Lucas Vaz Peres^{2,3}; Natália Machado Crespo^{1,2}; Otávio Krauspenhar da Silva^{1,2};
Naiara Hupfer^{1,2}; Damaris Kirsch Pinheiro^{2,3}; Nelson Jorge Shuch¹;
Neusa Maria Paes Leme⁴.

¹Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE-MCTI

²Laboratório de Ciências Espaciais de Santa Maria– LACESM/CT-UFSM

³Programa de Pós Graduação em Meteorologia, UFSM

Santa Maria, RS, Brasil.

⁴Centro Regional do Nordeste – CRN/CCR/INPE-MCTI, Natal, RN, Brasil.

e-mail: nicolle_csr@hotmail.com

1 – INTRODUÇÃO

Análises desenvolvidas nos últimos anos mostram que a concentração de ozônio no Rio Grande do Sul vem sendo afetada por Efeitos Secundários do Buraco de Ozônio Antártico, o qual causa diminuições temporárias da coluna total de ozônio. Por consequência, durante estes períodos a radiação ultravioleta pode aumentar, dependendo de outros fatores, principalmente, da cobertura de nuvens. Grande parte da radiação UV-B (280 – 315 nm) é absorvida pelo ozônio estratosférico, mas como essa concentração vem diminuindo, especialmente em altas latitudes e na primavera, período de ação do Buraco de Ozônio Antártico, por consequência há um significativo incremento na radiação UV-B que atinge a superfície (Herman et al., 1996). Como consequência desse fato, pode ocorrer uma queda no crescimento e produtividade das plantas, além de doenças na pele e problemas na visão (Roy et al., 1994; Kane, 1998; Madronich et al., 1998; Van der Leun et al., 1998).

Para analisar o efeito da radiação solar sobre a pele humana, que vai desde queimaduras até câncer de pele, a medida que melhor correlaciona a radiação UV com estes efeitos é obtida pesando-se os dados de radiação UVB incidente com o espectro de ação de eritema de McKinlay & Diffey (1987), que é a energia mínima de radiação ultravioleta capaz de causar um eritema, que equivale a 23 mJ/cm², sendo este valor válido apenas para o fototipo de pele humana mais sensível (Kirchhoff, 1995; Krzýscin, 1996).

A intensidade da radiação no topo da atmosfera varia com a distância Terra-Sol. Na atmosfera terrestre, a sua variação depende de fatores atmosféricos, concentração de aerossóis, sazonalidade, latitude e altitude do local observado (Guarnieri et al., 2004).

2 – OBJETIVOS

O trabalho, objetiva estudar a relação entre a radiação ultravioleta pesada pelo espectro de ação de Eritema e a coluna total de ozônio nos meses próximos ao solstício de inverno (maio, junho e julho), a partir dos dados obtidos com o espectrofotômetro Brewer MKIII 167, no período de 21 de maio a 21 de julho de 2005 a 2008.

3 – METODOLOGIA

Foram analisados dados da coluna total de ozônio e da radiação UV do tipo Eritema, para observar a relação entre o ozônio e a energia biologicamente ativa sobre a pele humana. Os dados foram coletados pelo espectrofotômetro Brewer MKIII 167, localizado nas coordenadas do Observatório Espacial do Sul - OES/CRS/CCR/INPE-MCTI do Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS/CCR/INPE - MCTI (29,42°S; 53,87°O), em São Martinho da Serra, RS, Brasil. Foram selecionados 31 dias de céu limpo, ou seja, sem presença de nuvens, de 21 de maio a 21 de julho de 2005 a 2008. Os dados coletados para fazer a correlação das variáveis foram a coluna total de ozônio (em UD) e o valor da integral diária de radiação UV do tipo Eritema (em J/m²). Gráficos representando um dia de céu limpo (19 de junho de 2006) (Figura 1a) e um dia de céu com nuvens (24 de junho de 2006) são apresentados na Figura 1b.

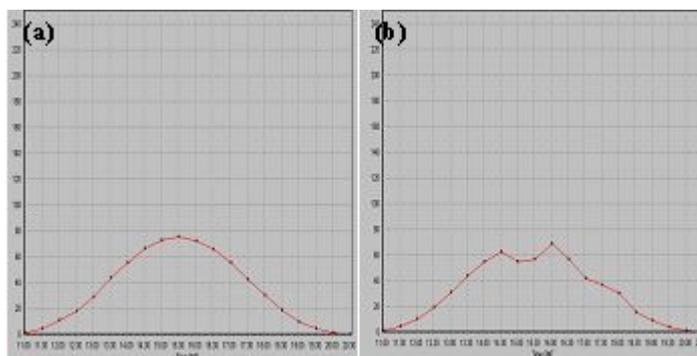


Figura 1: Exemplos de influência das nuvens nas medidas de radiação Eritema incidente no solo para (a) um dia de céu claro e (b) um dia com a presença de nuvens, sendo que estes últimos não foram usados nesta análise.

Com os dados de ozônio e radiação eritema incidente obtidos pelo Brewer, foram calculadas as médias diárias de ozônio (UD) e a integral diária da radiação UV pesada pelo espectro de ação Eritema (J/m²), daqui em diante chamada apenas de Eritema.

Para estudar a anticorrelação entre o ozônio e o eritema, foram analisados apenas dias de céu limpo para minimizar os efeitos das nuvens (Guarnieri et al., 2004), tendo em vista que estas podem variar consideravelmente a intensidade da radiação ultravioleta que atinge a superfície devido ao seu tipo e densidade.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos dados analisados, observou-se que, enquanto há um aumento na concentração da coluna total de ozônio, há uma diminuição da incidência da radiação Eritema, resultando em uma anticorrelação. Por exemplo, no dia 3 de junho de 2007 observou-se um valor mínimo para a integral diária de Eritema (969,2 J/m²) e um valor máximo para a coluna total de ozônio (322,2 UD), conforme mostra a Figura 2.

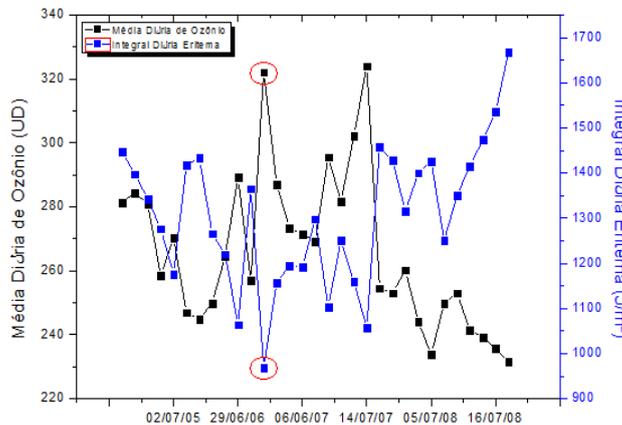


Figura 2: Anticorrelação entre a coluna total de ozônio e a radiação Eritema nos períodos de 21 de maio a 21 de julho, de 2005 a 2008, para o Observatório Espacial do Sul.

Foi feito um ajuste linear para se calcular a variação da radiação Eritema (J/m²) com a coluna total de ozônio (UD), obtendo-se a função: $RUV = 2683,11 - 5,17 O_3$. O valor do coeficiente de correlação encontrado foi $R^2=0,64$. A função obtida, mostrada na Figura 3, confirma a anticorrelação de Eritema com o conteúdo total de ozônio na atmosfera.

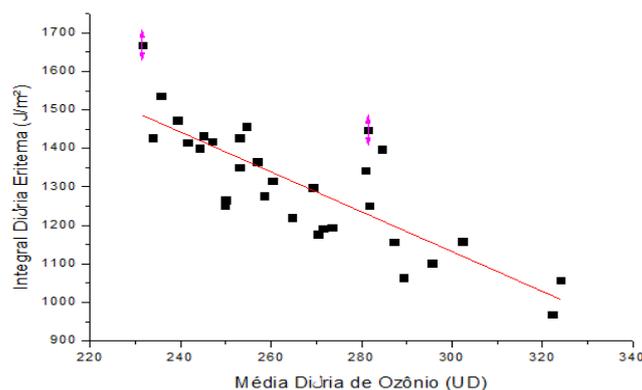


Figura 3: Ajuste linear entre os valores da média diária de ozônio e a integral diária de radiação Eritema no período analisado para o Observatório Espacial do Sul.

Do resultado, calculou-se a média total de ozônio para o período observado e, da média, retirou-se 1% para o cálculo de quanto varia a radiação Eritema quando há uma variação de 1% da coluna total de ozônio, e o resultado foi de que para cada 1% de queda de ozônio houve um acréscimo de 0,14% de radiação UV-B do tipo Eritema. O resultado encontrado no trabalho é baixo comparado com valores de literatura como o valor de 1% encontrado por Madronich (1993). Acredita-se que a diferença encontrada entre o trabalho e a literatura se deve ao fato do período analisado aqui estar próximo ao solstício de inverno, ou seja, época de menor incidência de radiação UV na superfície no Hemisfério Sul, enquanto que os trabalhos de literatura como o de Madronich (1993) foram desenvolvidos com dados de incidência máxima solar.

5 – CONCLUSÃO

Foi analisada a correlação entre o ozônio e a radiação UV-B do tipo Eritema através do cálculo do ajuste linear e do coeficiente de correlação. Tendo em vista que o ozônio e o Eritema são inversamente proporcionais, assim como o ozônio e a radiação UV-B não pesada, conclui-se que existe uma anticorrelação entre essas variáveis, de forma que, de acordo com a função obtida, no solstício de inverno, uma diminuição da coluna total de ozônio da ordem de 1 % acarreta um aumento de 0,14 % na radiação Eritema.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Guarnieri, R.A., Guarnieri, F.L., Contreira, D.B., et al. Ozone and UV-B radiation anticorrelations at fixed solar zenith angles in southern Brazil. *Geofis. Int.* 43 (1), 17–22, 2004.

- Kane, R.P. Ozone depletion, related UV-B changes and increased skin cancer incidence. *Int. J. Climatol.* 18, 457–472, 1998.
- Herman, J.R., Bhartia, P.K., Ziemke, J., Ahmad, Z., Larko, D. UV-B increases (1979 – 1992) from decreases in total ozone. *Geophys. Res. Lett.* 23,2117–2120, 1996.
- Kirchhoff, V. W. J. H. Ozônio e Radiação UV–B, Transtec Editorial, São José dos Campos, 149p, 1995.
- Krzýscin, J. UV controlling factors and trends derived from the ground-based measurements taken at Belsk, Poland, 1976-1994. *J. Geophys. Res.*, 101(D11): 16797-16805, 1996.
- Madronich S. UV radiation in the natural and perturbed atmosphere. In: TEVINI M (Ed.). *UV-B radiation and ozone depletion*, 1993.
- Madronich, S., McKenzie, R.L., Bjorn, L.O., et al. Changes biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *J. Photochem. Photobiol. B* 46, 5–19, 1998.
- McKinlay, A.F. & Diffey, B.L., A reference action spectrum for ultraviolet-induced erythema in human skin. In *Human exposure to ultraviolet radiation: Risks and regulations*. Passchler and Bosnjakovic eds., Amsterdã, Elsevier. 1987.
- Roy, C.R., Gies, H.P., Tomlinson, D.W., et al. Effects of ozone depletion on the ultraviolet radiation environment at the Australian stations in Antarctica, ultraviolet radiation in Antarctica: measurements and biological effects. *Antarctic Res. Ser.* 62, 1–15, 1994.
- Van der Leun, J.C., Tevini, M., Tang, X., et al. (Eds.). *Environmental Effects of Ozone Depletion: 1998 Update*. United Nations Environment Programme, Nairobi, 1998.