

# **PESQUISAS SOBRE RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA: APLICAÇÕES PARA A CIÊNCIA E A SOCIEDADE**

MARCELO DE PAULA CORRÊA

Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais – CPTEC/INPE  
Rodovia Pres. Dutra, km 40 – Cachoeira Paulista – SP – CEP 12630-000  
mpcorrea@cpotec.inpe.br

**Abstract.** This paper shows a summary about the research lines involving ultraviolet radiative transfer actually developed at DSA/CPTEC. The first section presents the goals of this work. After that some characteristics of the UV spectral range and possible applications to the scientific research are commented. The final part shows two UV-softwares recently developed in brazilian institutions, present works and perspectives using theoretical models, satellite data and surface measurements, and products specially developed for public policies for preventing excess sun exposure of the human being.

**Keywords.** ultraviolet radiation, ozone, radiative transfer, satellites, human health.

## **1. Objetivo do trabalho**

O principal objetivo deste trabalho é divulgar pesquisas, aplicações e produtos sobre radiação ultravioleta (R-UV), desenvolvidos na Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do CPTEC/INPE. A divulgação destas informações é de relevante importância, tanto para conhecimento pelos estudantes e pesquisadores, quanto para a realização de futuras colaborações e aplicações envolvendo diferentes áreas da meteorologia.

## **2. A radiação ultravioleta**

A R-UV, representada pela faixa do espectro eletromagnético entre os comprimentos de onda de 100 e 400nm ( $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ), corresponde à cerca de 7% do total de radiação emitida pelo sol (Liou, 1980). Esse tipo de radiação é responsável por um grande número de reações fotoquímicas que ocorrem principalmente nas regiões mais altas da atmosfera, agindo como catalisador de reações químicas e tendo influência marcante nos mecanismos de aquecimento dessas camadas. Quando atinge a superfície, a R-UV exerce diversos tipos de efeitos sobre os seres vivos e materiais inorgânicos. Dentre esses efeitos, geralmente causados pelo excesso e longo prazo de exposição, podem ser destacados: a atenuação do crescimento de lavouras e frutos (Caldwell et al., 2003), a diminuição da produção de fitoplâncton (Häder et al., 2003), os cânceres e mutações genéticas em peixes e anfíbios (Tiegte et al., 2001), o desgaste e deterioração de tintas e polímeros (Andrady et al., 2003), dentre outros. Sobre os seres humanos a R-UV também exerce uma série de efeitos nocivos, tais como: queimaduras, envelhecimento precoce, depleção do sistema imunológico, catarata e diversos tipos de cânceres de pele (Diffey, 1991). Por outro lado, a exposição à R-UV também é necessária por proporcionar efeitos benéficos como a síntese da vitamina D<sub>3</sub>, fundamental para as funções osteoblástica e paratireóide (Webb e Holick, 1988). Quando se estudam os efeitos fotobiológicos e fotoquímicos da R-UV, é comum subdividi-la em três partes: UVA: entre 315 e 400nm; UVB: entre 280 e 315nm; e UVC: entre 100 e 280nm. A R-UV do tipo C é totalmente absorvida pelo oxigênio e ozônio presentes nas camadas superiores da atmosfera e tem influência relevante sobre as reações fotoquímicas dessa região. Apesar de

não atingir a superfície, a R-UVC, gerada artificialmente através de lâmpadas, é utilizada para esterilizar a água e equipamentos cirúrgicos. A R-UVB é fortemente absorvida pelo ozônio presente principalmente na estratosfera e atinge a superfície terrestre em quantidades muito tênues. Este tipo de radiação é muito nocivo aos seres vivos, provocando principalmente queimaduras e diversos tipos de cânceres. Por fim, tem-se a R-UVA que é pouco absorvida pelos gases presentes na atmosfera e atinge a superfície terrestre em maiores quantidades. No entanto, não é somente a absorção pelo ozônio que controla os níveis de R-UV em superfície. Esses fluxos sofrem espalhamento por moléculas (espalhamento Rayleigh) e aerossóis, além de serem refletidos pelas nuvens. Devido à complexidade dessas interações, a influência exercida por esses elementos ainda está longe de ser quantificada de maneira precisa e é o principal objeto de estudo dos pesquisadores sobre transferência radiativa nessa região do espectro.

### 3. Pesquisas sobre R-UV desenvolvidas na Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do CPTEC

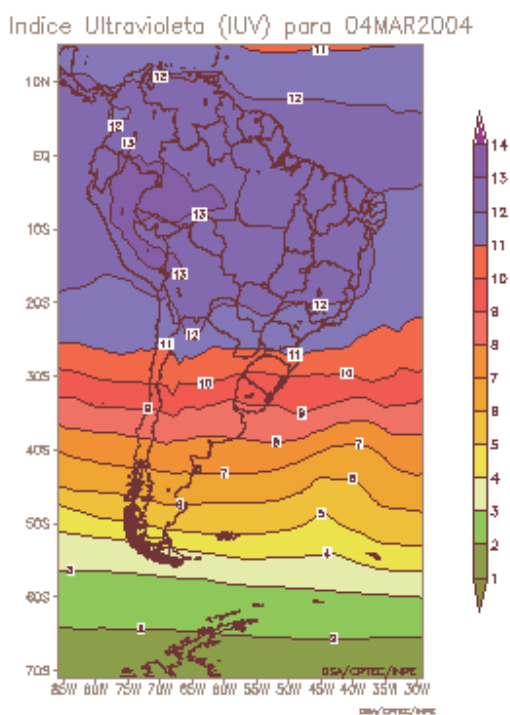


Figura 1 – Previsão do índice ultravioleta (IUV)

As pesquisas envolvendo R-UV realizadas na DSA podem ser resumidas em três frentes relacionadas entre si. São elas: **a.)** o desenvolvimento e aperfeiçoamento de códigos computacionais para aplicações em transferência radiativa: UVGAME “*Ultraviolet Global Atmospheric Model*” e 2-SUM “*2-stream ultraviolet model*” (Corrêa, 2004). O primeiro se trata de um modelo computacional de alta resolução espectral, baseado no método de ordenadas discretas (Stamnes et al., 1988), para aplicações que exigem grande precisão numérica (tais como cálculos de radiâncias, fluxos actínicos e estudos envolvendo aerossóis e nuvens). O modelo 2-SUM se baseia no método de dois-fluxos (King e Harshvardhan, 1986) e foi desenvolvido na DSA/CPTEC para avaliações de irradiancias integradas e do índice ultravioleta em aplicações operacionais que requerem alto desempenho computacional. **b.)** estudos sobre a influência de parâmetros atmosféricos

(conteúdo e distribuição vertical de ozônio, aerossóis e nuvens) e geográficos (refletância e altitude da superfície) sobre a R-UV, baseados em medidas teóricas e experimentais obtidas por satélites e sensores em superfície. E, **c.)** divulgação dos níveis de R-UV em superfície (**figura 1**) e de informações sobre prevenção ao excesso de exposição ao sol para a sociedade (<http://satellite.cptec.inpe.br/uv>). Essas informações compreendem temas como prevenção à exposição excessiva ao sol, saúde da pele e dos olhos, bronzamento artificial, protetores solares, dentre outros. Além disso, há extenso material didático sobre R-UV, camada de ozônio e trabalhos desenvolvidos nesta área. Esta frente de pesquisa mostra a importância da atividade

interdisciplinar resultando em aplicações voltadas para diferentes setores da sociedade. Para um país como o Brasil este esforço é de muita importância, uma vez que os altos níveis de R-UV e a falta de conscientização da população podem ser apontados como responsáveis pelo grande número de casos de câncer de pele, principalmente nos estados do sul e sudeste do País onde a população é predominantemente branca (Corrêa et al., 2003). Este problema afeta diretamente a sociedade, por acarretar prejuízos físicos e psicológicos ao indivíduo, e os setores econômicos e da saúde, por representarem prejuízo financeiro aos cofres públicos. Por essas razões, esse tipo de atividade se trata de mais uma importante contribuição e frente de pesquisa para a meteorologia.

## Referências

- Andrady, A.L., H.S. Hamid e A. Torikai. 2003. Effects of climate change and UV-B on materials. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2, 68-72.
- Caldwell, M.M., C.L. Ballaré, J.F. Bornman, S.D. Flint, L.O. Björn, A.H. Teramura, G. Kulandaivelu e M. Tevini. 2003. Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation and interactions with other climatic change factors. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2, 29-38.
- Corrêa, M.P., P. Dubuisson e A. Plana-Fattori. 2003. An overview about the ultraviolet index and the skin cancer cases in Brazil. *Photochem. Photobiol.*, 78(1), 49-54.
- Corrêa, M.P. 2004. Algoritmos para cálculos de transferência radiativa na região ultravioleta do espectro eletromagnético. *Submetido a Rev. Bras. Met.*
- Diffey, B.L. 1991. Solar ultraviolet radiation effects on biological systems. *Phys. Med. Biol.*, 36(3), 299-328.
- King, M.D. e Harshvardhan. 1986. Comparative accuracy of selected multiple scattering approximations. *J. Atmos. Sci.*, 43(8), 784-801.
- Häder, D.P., H.D. Kumar, R.C. Smith e R.C. Worrest. 2003. Aquatic ecosystems: effects of solar ultraviolet radiation and interactions with other climatic change factors. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2, 39-50.
- Liou, K. N. 1980. **An introduction to atmospheric radiation**. Academic Press Inc., 392 p.
- Stamnes, K., S.C. Tsay, W. Wiscombe e K. Jayaweera. 1988. Numerically stable algorithm for discrete-ordinate-method radiative transfer in multiple scattering and emitting layered media. *Appl. Opt.*, 27(12), 2502-2509.
- Tiegte, J.E., S.A. Diamond, G.T. Ankley, D.L DeFoe, G.W. Holcombe, K.M. Jensen, S.J. Degitz, G.E. Elonen e E. Hammer. 2001. Ambient solar UV radiation causes mortality in larvae of three species of rana under controlled exposure conditions. *Photochem. Photobiol.*, 74(2).
- Webb A.R. e M. F. Holick. 1988. The role of sunlight in the cutaneous production of vitamin D3. *Annu. Rev. Nutr.*, 8, 375-99;