

Aspectos da radiação ultravioleta solar em Natal/RN

George Santos Marinho¹

Francisco Raimundo da Silva

Resumo

Foi estudado o comportamento da radiação ultravioleta (RUV) solar em quatro comprimentos de ondas (305 nm, 320 nm, 340 nm e 380 nm), medidos em Natal – RN – Brasil, no período de janeiro de 2001 a dezembro de 2007, por meio do radiômetro GUV (ground ultraviolet radiometer) instalado no teto do Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais – LAVAT, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Centro Regional do Nordeste – INPE-CRN. Valores elevados de RUV foram registrados durante todos os anos considerados no estudo. Observou-se uma periodicidade na variação da radiação nos anos considerados, diminuindo nos meses de junho e julho e aumentando a partir de outubro. São apresentadas hipóteses para explicação do fenômeno e comentários sobre as implicações para a saúde da população local.

Palavras-chave: Radiação solar; Radiômetro; Saúde pública.

Abstract

It was studied the behavior of the ultraviolet radiation with wavelengths of 305 nm, 320 nm, 340 nm and 380 nm, measured in Natal - RN - Brazil, in the period from January 2001 to December 2007. The measurements were carried out using the GUV (ground ultraviolet radiometer) of the Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais – LAVAT / INPE – CRN. High levels of UV were recorded during all the years considered in the study. It was observed a periodicity in the variation of the radiation in the period considered, decreasing in the months of June and July and increasing from October. Hypotheses are advanced for explanation of the phenomenon and comments on the implications for the health of the local population.

Key words: Solar radiation; Radiometer; Public health.

Introdução

Emitida pela fotosfera, região mais estável do Sol, a maior parte da energia solar situa-se na faixa da luz visível. Por outro lado, na cromosfera, região mais instável do Sol, a radiação ultravioleta (RUV) é mais variável, com efeitos diretos nas camadas mais externas da atmosfera terrestre (KIRCHHOFF, 1991).

Descoberta em 1801 pelo físico alemão Johann Wilhelm Ritter (1776 – 1810), a RUV constitui cerca de 7% da energia emitida pelo Sol. Situada entre os comprimentos de onda de 100 e 400 nm, é dividida para estudos fotobiológicos em: UV-A ($\lambda \cong 320 - 400$ nm), não absorvida pela atmosfera, atenuada apenas por espalhamento; UV-B ($\lambda \cong 280 -$

¹ Graduação em Física. Dpto. de Eng. Mecânica da UFRN.

Agradecimentos ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, à Chefia do INPE – CRN e à Direção do INPE – SJC.

320 nm), absorvida pelo gás ozônio (O_3); e UV-C ($\lambda \cong 100 - 280$ nm) totalmente absorvida (ROBINSON, 1966).

A evolução da vida na Terra está diretamente ligada à RUV. Com base nessa hipótese, em 1952, Stanley Miller realizou um experimento onde fez circular em um balão de vidro uma mistura que se acreditava representar a atmosfera primitiva da Terra há cerca de cinco bilhões de anos. Constituída de vapor d'água, hidrogênio, amônia e metano, essa mistura foi estimulada por meio de descargas elétricas. Ao analisar os produtos, Miller constatou a formação de aminoácidos, i.e., elementos indispensáveis ao desenvolvimento de enzimas e outras proteínas essenciais à vida. Outros pesquisadores repetiram o experimento substituindo a descarga elétrica por RUV e também obtiveram a síntese de compostos complexos (PFEIFFER et al., 1967).

Atualmente, a vida na Terra se sustenta devido, entre outros fatores, à camada de ozônio. A partir de cálculos de transferência radiativa estima-se que uma redução de 4 a 5% no ozônio (O_3) atmosférico aumentaria em aproximadamente 20% a RUV biologicamente ativa que chega à superfície. Teoricamente, uma redução de 1% no ozônio atmosférico causaria um aumento de 1,2% na RUV, com drásticos efeitos à vida (ECHER, 1999). É portanto evidente que a relação entre o ser humano e a radiação solar apresenta dois aspectos.

Apesar de ainda não ser possível determinar com certeza o valor da dosagem de RUV solar ótima ao ser humano, é indiscutível que a vida não poderia existir sem ela. Ao incidir sobre a derme humana, a RUV interage com suas moléculas, transformando-as em vitamina D_3 , que entra na corrente sanguínea e é transportada aos órgãos, estando associada a processos deflagrados por 200 genes, com ações como: prevenção de raquitismo, liberação de hormônios, absorção de nutrientes, manutenção do ritmo cardíaco, regulação das glândulas paratireóides, rins e intestino, regulação do metabolismo osteoblástico e da pressão arterial, secreção de hormônio paratireóide, fortalecimento do sistema imunológico, ação antidepressiva, prevenções do diabetes tipo 2 e dos cânceres de mama, próstata, pulmão e intestino (MOAN et al., 2005).

Os danos diretos aos processos químicos e biológicos associados à RUV podem ser: queimaduras e envelhecimento precoce da pele humana, edemas, aumento de infecções por fungos, inflamações, vesículas, diminuição da resistência imunológica, fotodermatoses, fotoalergias (eczematoses, urticárias, prurido, reações a medicamentos), catarata, câncer de pele, atenuação do crescimento de lavouras, cânceres e mutações genéticas em peixes e anfíbios, diminuição da produção de fitoplâncton, deterioração de

tintas e de materiais poliméricos, entre outros (DIFFEY, 1991; RIBEIRO et al., 2000; ROLLANO, 2002; PALENQUE, 2002; CORREIA, 2003; MEDEIROS, 2003; KUDISH et al., 2003).

Em todo mundo, anualmente, são diagnosticados entre dois e três milhões de novos casos de câncer de pele não-melanoma e mais de 130 mil novos casos de melanomas malignos. Um em cada cinco americanos e um entre cada dois australianos desenvolverá algum tipo de câncer no decorrer de sua vida (WHO, 2002). Com base nos estudos, alguns países resolveram implantar programas de prevenção e esclarecimento da população quanto aos efeitos da radiação solar. Paralelamente aos benefícios à população, esses programas diminuem significativamente os custos com saúde pública, beneficiando outros setores da economia. A título de exemplo, programas realizados na Austrália custam cerca de US\$ 0,08 por habitante/ano, enquanto os custos diretos do tratamento do câncer da pele são estimados em US\$ 5,70 por habitante/ano (AIHW, 2002).

A variação sazonal da radiação solar que chega a Terra depende de fatores geográficos (e. g., altitude, latitude), astronômicos (e. g., declinação solar, distância ao Sol), geométricos (e. g., zênite, azimute), físicos (e. g., espalhamento e absorção moleculares, espalhamento por aerossóis), químicos (e. g., concentração de O₃, coluna atmosférica de aerossóis) e meteorológicos (e. g., quantidade de nuvens, concentração de particulados, nebulosidade, albedo da superfície) (LENOBLE, 1993; ZAMORANO, 1997 e VANICEK et al., 1999). Esses fatores podem incrementar ainda mais o número de casos de câncer de pele e de outras doenças relacionadas à exposição ao Sol. Dentre os fatores geográficos, destaca-se a localização de centros urbanos e turísticos em regiões próximas à linha do equador. Percebe-se, pois, a importância do estudo da RUV, especialmente em regiões de baixas latitudes, onde naturalmente a camada de O₃ já é mais delgada e a radiação solar mais intensa.

Quando fatores geográficos combinam-se à precariedade na educação, as consequências da exposição à radiação solar podem ser graves. No Brasil, segundo dados do Instituto Nacional de Câncer, 25% dos casos de câncer registrados são de pele. Em 2002 foram 65.000 novos casos de não-melanoma, 3.500 casos de melanoma maligno e 2.000 óbitos decorrentes deste último tipo. Especificamente nas cidades do litoral da região Nordeste, há ainda o agravante do efeito do fuso horário defasado (SILVA, OLIVEIRA e MARINHO, 2012).

Natal/RN é uma cidade litorânea do nordeste brasileiro que apresenta elevados níveis de radiação solar durante todo o ano, com valores similares até mesmo aos registrados em regiões montanhosas da Bolívia (KIRCHHOFF, 1995). Entre as consequências para saúde pública destacam-se elevados índices de queimaduras (eritema) e distúrbios oftalmológicos, além de uma das maiores incidências de câncer de pele do Brasil. Portanto, torna-se relevante estudar a RUV que atinge a cidade.

No Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais – LAVAT, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Centro Regional do Nordeste – INPE/CRN, situado em Natal–RN, monitora-se diariamente a RUV do Sol. Os dados obtidos são analisados e integram alguns trabalhos sobre o tema (SILVA, 2008; SILVA, OLIVEIRA E MARINHO, 2008; SILVA et al., 2008; SILVA, SILVA e MARINHO, 2011; SILVA et al., 2012). No presente trabalho, descreve-se a análise do comportamento da radiação solar nas faixas de 305 nm, 320 nm, 340 nm e 380 nm, medida no período entre de janeiro de 2001 e dezembro de 2007, visando identificar padrões de variações das intensidades mensais e anuais.

Procedimentos

O estudo foi realizado no LAVAT–INPE–CRN, localizado em Natal–RN, cidade situada na latitude 5° 45' 54" Sul e longitude 35° 12' 05" Oeste, com clima quente e úmido, temperatura média de 26°C, ventos moderados predominantes de Sudeste, com cerca de 2.184,80 horas anuais de insolação e nebulosidade média de 6,2 (em uma escala de 1 a 10, segundo MASCARO, 1991 *apud* ARAÚJO, 1996) e elevada intensidade da radiação solar (uma vez que na localidade a trajetória aparente do Sol varia de 65° a 90°), em grande parte difusa e com alta luminosidade.

A instrumentação utilizada constou de um radiômetro de superfície GUV (ground-based ultraviolet radiometer), modelo 511-C, com quatro canais para medição da radiação, corrigido pelo cosseno do ângulo solar zenital, com sensores montados em alojamento isolado dotado de controlador de temperatura capaz de manter a operação em 50°C ± 0,5°C (ver Fig.1), garantindo a integridade do medidor, instalado no teto do LAVAT-INPE-CRN. Os dados da irradiância solar (medida em $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$) foram coletados e gravados a cada cinco minutos, diariamente, das 05h00 às 18h00 (horário local) e registrados em computador por meio de um programa específico desenvolvido pelo fabricante do instrumento, em ambiente Windows, e gravados em computador.



Figura 1 – Radiômetro de superfície do INPE – CRN.

Fonte: foto do autor.

Resultados e análises

As incertezas das medições efetuadas por meio do radiômetro foram as seguintes: ± 1 nm para $\lambda = 305$ nm; ± 2 nm para $\lambda = 320$ nm, 340 nm e 380 nm. As incertezas de larguras de banda foram: 7 ± 1 nm para $\lambda = 305$ nm, 11 ± 1 nm para $\lambda = 320$ nm, 10 ± 1 nm para $\lambda = 340$ nm e 10 ± 1 nm para $\lambda = 380$ nm. Foram selecionados dados de 2.289 amostras de medições da irradiância solar para os comprimentos de onda selecionados nesse estudo. Na figura 2 apresentam-se os valores médios máximos da irradiância solar em função do ano para $\lambda = 305$ nm.

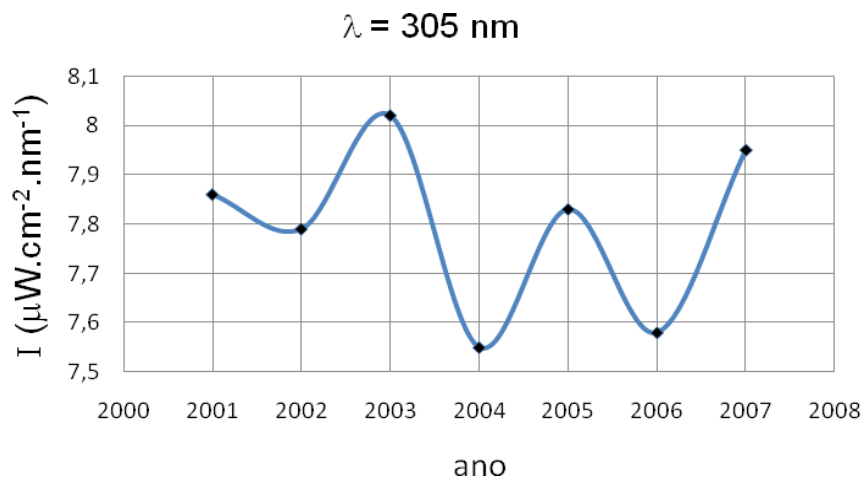


Figura 2 – Variação da intensidade da RUV entre 01/2001 e 12/2007 para $\lambda = 305$ nm

De acordo com a figura 2, houve uma diminuição de $-0,07 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ de janeiro de 2001 a janeiro de 2002. A partir de 2002, ocorreram variações que, aparentemente, resultaram em uma tendência de picos em anos ímpares e quedas em anos pares. A maior diferença registrada entre os valores máximo e mínimo foi de $-0,47 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ entre 2003 e 2004.

Na figura 3 vêem-se os valores médios de irradiância solar em função do ano para RUV com $\lambda = 320 \text{ nm}$.

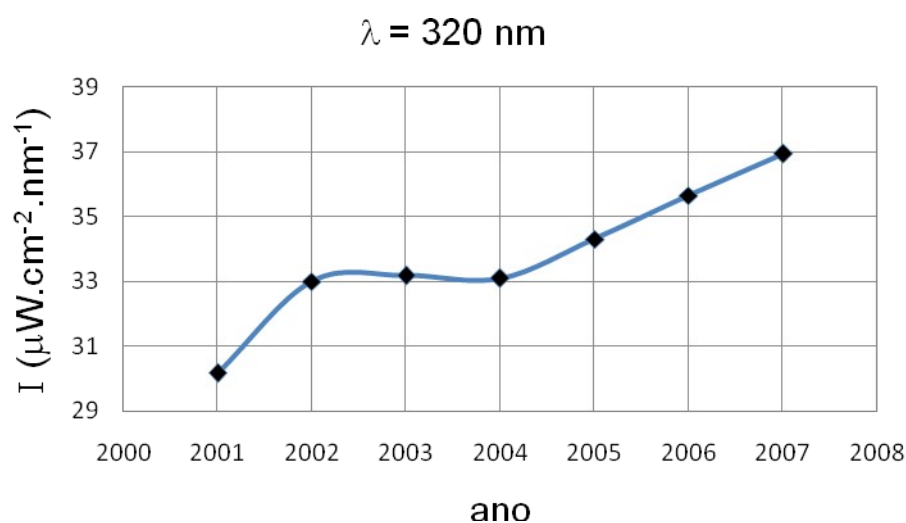


Figura 3 – Variação da intensidade da RUV entre 01/2001 e 12/2007 para $\lambda = 320 \text{ nm}$

Percebe-se na figura 3 um aumento significativo ($2,84 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$) na irradiância para $\lambda = 320 \text{ nm}$ entre 2001 e 2002. Entre 2002 e 2004 houve um período de estabilidade, com uma variação média em torno de $0,19 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$. A partir de 2004, houve um aumento contínuo de aproximadamente $1,28 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ por ano até 2007, resultando em uma variação total de $6,78 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$.

Na figura 4 vêem-se as médias da irradiância ultravioleta solar para $\lambda = 340 \text{ nm}$.

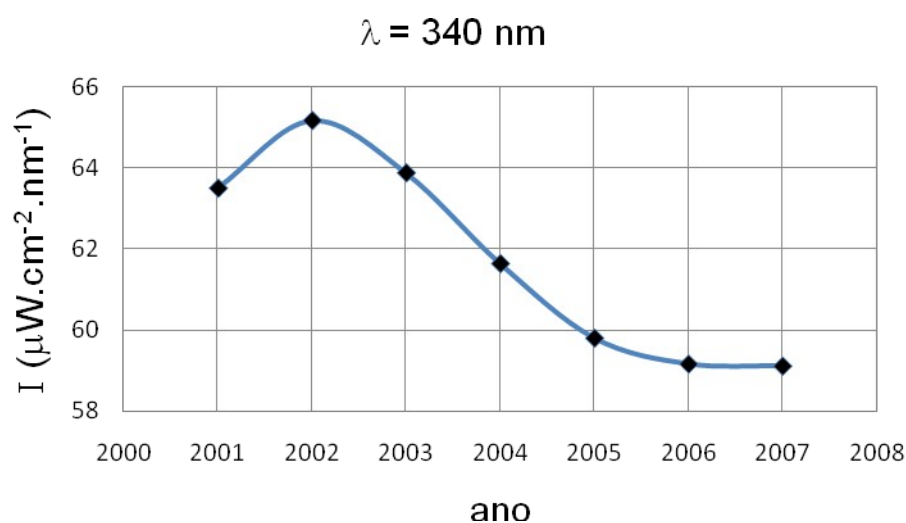


Figura 4 – Variação da intensidade da RUV entre 01/2001 e 12/2007 para $\lambda = 340 \text{ nm}$

No gráfico da figura 4 constata-se que a irradiância solar sofreu um aumento de aproximadamente $1,67 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ entre os anos de 2001 e 2002 para $\lambda = 340 \text{ nm}$. Entre 2002 e 2006 houve uma redução progressiva, com uma queda de $1,29 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ entre 2002 e 2003, de $2,24 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ entre 2003 e 2004, de $1,84 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ de entre 2004 e 2005 e de $0,67 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ entre 2005 e 2006. Entre 2006 e 2007 a RUV permaneceu praticamente constante, apresentando uma redução de $0,05 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$. A variação total da irradiância entre 2002 e 2007 foi de $-6,05 \mu\text{m}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$.

Na figura 5 vê-se o gráfico dos valores médios de irradiância em função do ano para $\lambda = 380 \text{ nm}$.

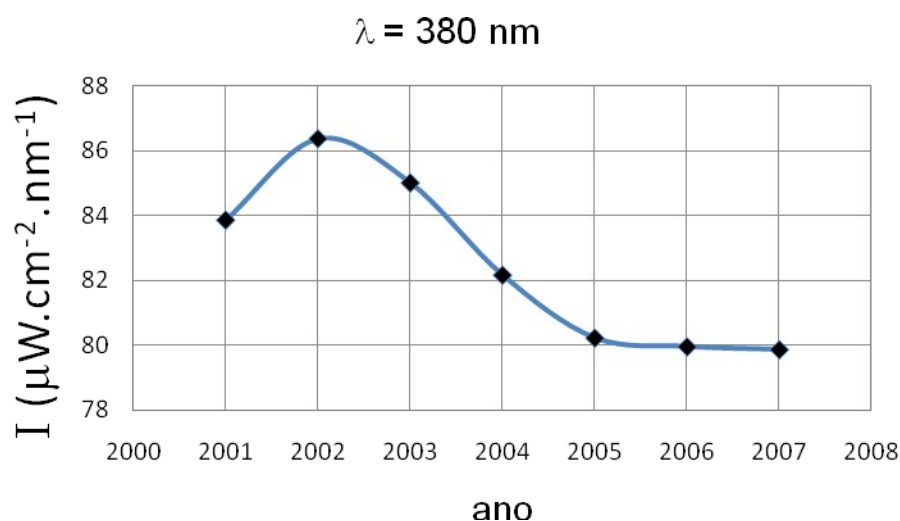


Figura 5 – Variação da intensidade da RUV entre 01/2001 e 12/2007 para $\lambda = 380 \text{ nm}$

Observa-se na figura 5 que de 2001 a 2002 a RUV solar com $\lambda = 380$ nm teve sua irradiância aumentada em $2,51 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$; houve redução entre 2002 e 2003 de $1,36 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$; entre 2003 e 2004 a redução foi de $2,85 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$; entre 2004 e 2005 verificou-se uma redução de $1,94 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$; entre 2005 e 2006 a redução foi de $0,27 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$ e entre 2006 e 2007 a variação foi insignificante (cerca de $-0,09 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$). A variação total da RUV solar entre 2002 e 2007 foi de $7,81 \mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$.

Diversos fatores podem ter contribuído para o comportamento observado no período de estudo, entre eles: variação da umidade do ar, modificação da quantidade de nuvens no céu, alterações na concentração do ozônio na estratosfera ou presença de particulados na atmosfera. Deve-se ressaltar que, dos comprimentos de onda analisados, a radiação com $\lambda = 305$ nm é a que apresenta menor irradiância, porém é a que possui maior poder de penetração no tecido humano.

Nas figuras 6 a 9 são apresentados os valores médios mensais da RUV em Natal/RN no intervalo de 01/2001 a 12/2007. A linha “preta” mais espessa representa a média aritmética dos valores máximos para cada comprimento de onda e para a DOSE, no mesmo período.

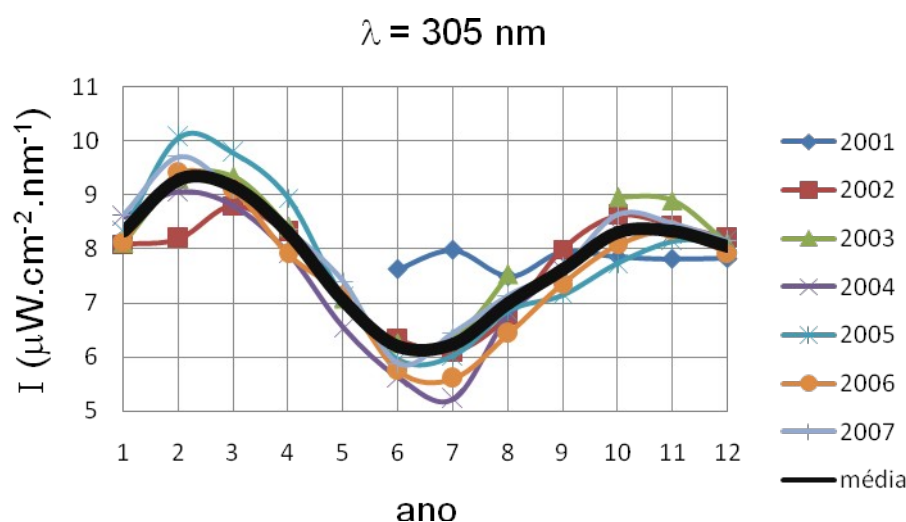


Figura 6 – Média dos máximos mensais da RUV entre 01/2001 e 12/2007 para $\lambda = 305$ nm

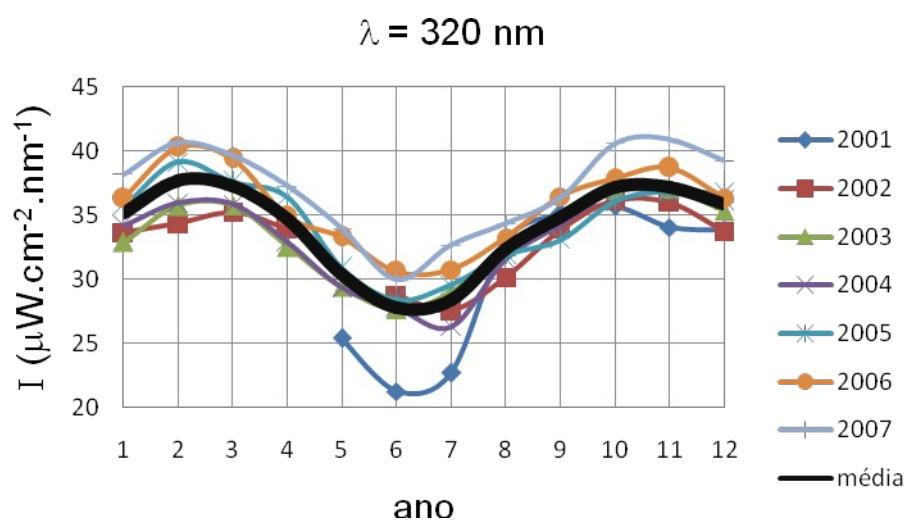


Figura 7 – Média dos máximos mensais da RUV entre 01/2001 e 12/2007 para $\lambda = 320 \text{ nm}$

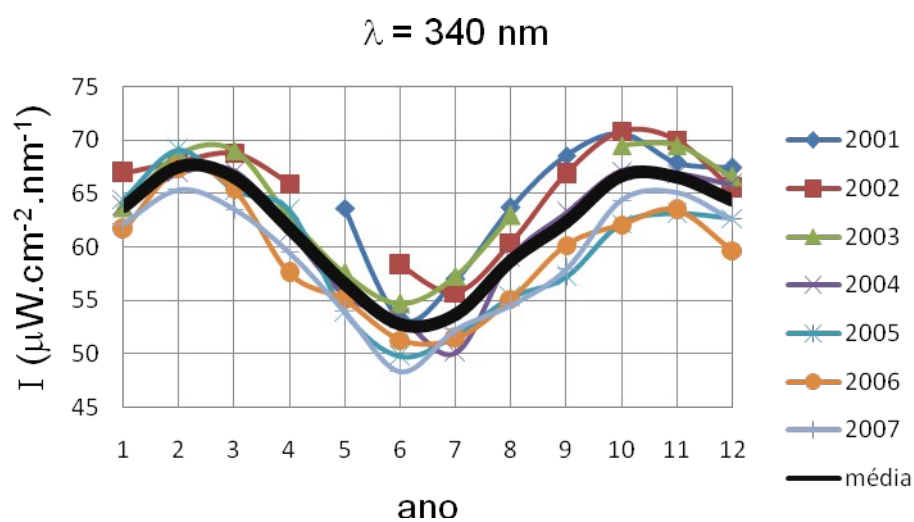


Figura 8 – Média dos máximos mensais da RUV entre 01/2001 e 12/2007 para $\lambda = 340 \text{ nm}$

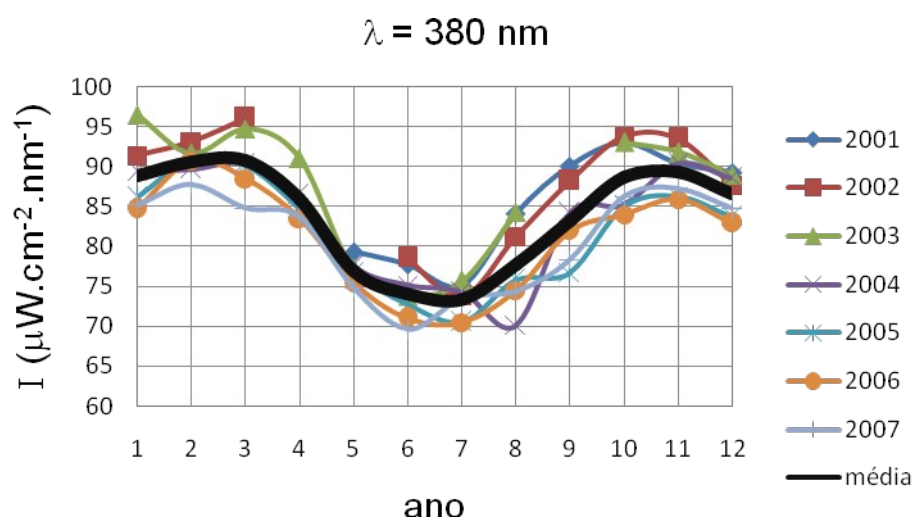


Figura 9 – Média dos máximos mensais da RUV entre 01/2001 e 12/2007 para $\lambda = 380 \text{ nm}$

Analisando-se as figuras 6 a 9 verificou-se que, para todos os comprimentos de onda considerados nesse trabalho, houve um pico de RUV solar entre os meses de fevereiro e março, um mínimo entre os meses de junho e julho e outro pico entre outubro e novembro, todos coincidindo com as variações da inclinação da Terra em sua órbita ao redor do Sol.

A variação anual na intensidade da RUV solar se dá pela dupla passagem do sol próximo ao ângulo de zênite de 0° , durante os equinócios de outono e primavera. No outono, o pico é maior que na primavera, ocasião em que o ozônio estratosférico encontra-se mais rarefeito. Nos meses de junho e julho se dá o período “chuvoso”, com menor concentração de O_3 , mas, por outro lado, com maiores nebulosidade e umidade relativa do ar, fatores responsáveis pela atenuação da RUV solar observada na pesquisa.

Conclusões

Visando investigar as hipóteses levantadas no presente estudo, e após submeter os dados coletados à análise estatística, concluiu-se que ocorreram diferenças significativas entre as médias anuais atinente à intensidade da radiação ultravioleta nos comprimentos de ondas: 305 nm, 320 nm, 340 nm e 380 nm.

Observou-se que as diferenças nas médias anuais não estão associadas às atenuações da intensidade, mas a um aumento gradativo das mesmas. Foi possível identificar um aumento de 5 % entre 2004 a 2007 para $\lambda = 305 \text{ nm}$ e de 10 % para $\lambda =$

320 nm. Portanto, pode-se concluir que a intensidade da RUV nesses comprimentos de onda evoluiu de uma forma possível de ser identificada, razão pela qual devem ser investigadas nos próximos anos para que se possa analisar o comportamento da RUV no intervalo entre 2008 e 2014.

Os valores registrados em Natal colocam-na entre as cidades com intensidades de RUV mais elevadas do mundo, razão pela qual os autores acreditam ser importante para a saúde pública da população local a adoção de campanhas educativas sobre as consequências da exposição à luz solar.

Referências

AIHW – AUSTRALIAN INSTITUTE OF HEALTH AND WARFARE / AUSTRALASIAN ASSOCIATION OF CANCER REGISTRIES. **Cancer in Australia 1999**. Canberra, 2002. (AIHW can,15; Câncer Series, 20).

ARAÚJO, Virgínia Maria Dantas. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - FAUSP, São Paulo, 1996.

CORREIA, Marcelo de Paula. **Índice ultravioleta: avaliações e aplicações**. (Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas) – USP, São Paulo, 2003.

DIFFEY, B. L. Solar **ultraviolet radiation effects on biological systems**. *Physics in Medicine and Biology*, v.36, n.3, p.299-329, 1991.

ECHER, Ezequiel. **Observação da radiação ultravioleta solar tipo B em banda larga**. Dissertação (Mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999. (INPE-7254-TDI/697).

KIRCHHOFF, V. W. J. H. **Introdução à Geofísica Espacial**. São Paulo: EDUSP, 1991. 149p.

KIRCHHOFF, V. W. J. H. **Ozônio e Radiação UV – B**. São José dos Campos: Transtec, 1995. 73p.

KUDISH, A. I. *et al.* **Intercomparison of the solar UVB, UVA and global radiation clearness and UV indices for Beer Sheva and Neve Zohar (Dead Sea), Israel**. Doi:10.1016/j.energy.2004.04.033, 2005. p.1623-1641.

LENOBLE, J. **Atmospheric Radiative Transfer**. Hampton, VA: A DEEPAK, 1993. 532 p.

MEDEIROS, Eugênio Mariano Fonsêca de. **Estética do apocalipse: (re) considerações acerca da (des) arborização urbana de Natal e seu contributo à saúde pública.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

MOAN, J.; POROJNICU, A. C.; ROBSAHM, T. E.; DAHLBACK, A.; JUZENIENE, A.; TRETTLI, S.; GRANT, W. **Solar radiation, vitamin D and survival rate of colon cancer in Norway.** Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 78 (2005), p. 189–193.

PALENQUE, E. R. **Los efectos de la RUV solar sobre plantas y materiales de uso tecnológico.** In: SACCHETTI, Francesco Zaratti; GISBERT, Ricardo Forno. La radiación ultravioleta en Bolivia. La Paz: OPS/OMS, 2002. p. 99-104.

PFEIFFER, J. *et al.* **A célula.** Rio de Janeiro: José Olympio, 1967. 200 p.

RIBEIRO, S. K. *et al.* **Transporte e mudanças climáticas.** Rio de Janeiro: Mauá, 2000.

ROBINSON, N. Solar Radiation. S.L.P.: Elsevier, 1966.

ROLLANO, F. **La radiación ultravioleta y la piel.** In: SACCHETTI, Francesco Zaratti; GISBERT, Ricardo Forno. La radiación ultravioleta en Bolivia. La Paz : OPS/OMS, 2002. p.57-75.

SILVA, F. R.; CARVALHO, M. J. M.; PEDRINI, A.; SILVA, F. M.; DUARTE, R. N. C.; CABÚS, R. C.; OLIVEIRA, H. S. M.; MARINHO, G. S. **Implantação da Estação Solarimétrica de Natal-RN.** In: II Congresso Brasileiro de Energia Solar - III Conferência Regional Latino-Americana da ISES, 2008, Florianópolis - SC. Anais do II CBEnS - III CRLA-ISES. Florianópolis - SC: UFSC, 2008.

SILVA, F. R.; OLIVEIRA, H. S. M.; MARINHO, G. S. **Variação do Índice de Radiação Solar Ultravioleta.** In: II Congresso Brasileiro de Energia Solar - III Conferência Regional Latino-Americana da ISES, 2008, Florianópolis - SC. Anais do II CBEnS - III CRLA-ISES. Florianópolis - SC: UFSC, 2008.

SILVA, F. R.; OLIVEIRA, H. S. M.; MARINHO, G. S. **Análise das Componentes Global e Difusa da Radiação Solar em Natal-RN Entre 2007 e 2008.** In: II Congresso Brasileiro de Energia Solar - III Conferência Regional Latino-Americana da ISES, 2008, Florianópolis - SC. Anais do II CBEnS - III CRLA-ISES. Florianópolis - SC: UFSC, 2008.

SILVA, F. R. **Estudo da Radiação Ultravioleta na cidade de Natal-RN.** In: Dissertação de Mestrado. UFRN, PPGEM, 2008, 80 p.

SILVA, F. M.; SILVA, F. R.; MARINHO, G. S. **Estudo Probabilístico do Índice de Radiação Ultravioleta em Natal/RN Brasil.** Mens Agitat, v. 6, p. 47-52, 2011.

SILVA, F. R.; OLIVEIRA, H. S. M.; MARINHO, G. S. **Sol, praia, fuso horário e saúde.** Ciência Hoje, v. 49, p. 42-45, 2012.

SILVA, S. D. R.; FERREIRA, A. M.; LUCENA, R. L.; MARINHO, G. S. **Níveis de insolação no Seridó potiguar e suas implicações: o caso de Caicó-RN**. Revista Geonorte, v. 2, p. 800-812, 2012.

VANICEK, K. et al. **UV Index for the Public**. Brussels: COST-713 Action, 1999. 26p.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Solar UV Index: A Practical guide**. Geneva: WHO, 2002. 32p. (WHO/SO2/OEH/02.2).

ZAMORANO, F. C. B. **Observações da radiação UV-B em Punta Arenas – Chile e efeitos do buraco na camada de ozônio**. Dissertação (Mestrado em Geofísica Espacial) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997. (INPE-6383-TDI/602).

Recebido em Maio de 2013.

Publicado em Agosto de 2013.