

MODELAGEM DO IUV A PARTIR DA IRRADIAÇÃO UV (A+B) EM RECIFE (PE).

Chigueru Tiba – tiba@ufpe.br

Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av. Prof. Luiz Freire, 1000 – CDU - CEP 50.740-540, Recife, PE, Brasil
Tel.:+5581 3453 6019, Fax: +55 81 32718250

Sérgio da Silva Leal – sergio-lealifpe@hotmail.com
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)

Resumo. O índice ultravioleta (IUV), determinado por meio da irradiação eritêmica ou irradiação biologicamente ativa, representa uma forma mais clara para o entendimento da população sobre os níveis e efeitos, como sardas e eritemas, que são resultantes do excesso de exposição a essa irradiação. A medição da irradiação eritêmica envolve equipamentos de custos elevados, fazendo com que essas informações sejam raras. Este presente trabalho teve como objetivo determinar um modelo estatístico horário para determinação do IUV a partir da irradiação UV (A+B) para a cidade de Recife. As medições simultâneas da irradiação eritêmica e UV (A+B) foram realizadas na Universidade Federal de Pernambuco através de um biômetro (501B) e um radiômetro ultravioleta total (TUVR). O modelo gerado mediante as medições apresentou um desempenho estatístico (MBE) de 0,41% e um (RMSE) de 14,1%.

Palavras-chave: irradiação eritêmica, índice UV, irradiação global

1. INTRODUÇÃO

A radiação ultravioleta que alcança a superfície terrestre é extremamente importante para a saúde dos seres humanos, uma vez que, estimula a produção da vitamina D, porém, em excesso esta radiação pode provocar sardas, eritemas, cataratas e câncer de pele. Segundo o Instituto Nacional do Câncer (Inca, 2009), estima-se que o câncer de pele do tipo não melanoma (114 mil casos novos, ou seja, 23,3% do total de novos casos de câncer no Brasil), no ano de 2010, seria o mais incidente na população brasileira. Essa mesma estatística foi válida para o ano de 2011. O conhecimento dessa radiação é de fundamental importância para prevenção dessas doenças. Contudo os efeitos da radiação ultravioleta em sistemas biológicos mostram uma forte dependência em relação ao comprimento de onda. Para o estudo de efeitos biológicos utilizam-se fatores de ponderação, os quais atribuem-se pesos maiores para comprimentos de onda de maior interação biológica. A resposta biológica aos diferentes comprimentos de onda é descrita por um espectro de ação. O espectro de ação é determinado através de experimentos médicos que analisam o efeito biológico de diferentes comprimentos de onda de radiação (Kirchhoff et. al., 2000). A Fig. 1 representa o espectro de ação eritêmica para pele humana,

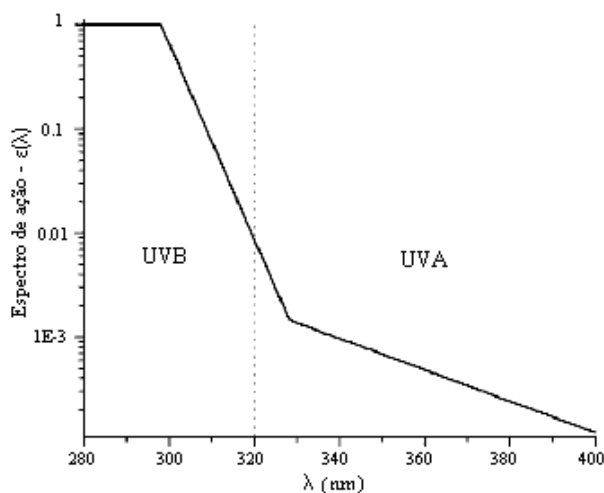


Figura 1-Espectro de ação eritêmica (Diffey, 1991).

A irradiância espectral I_λ ponderada pelo espectro de ação ϵ_λ , resulta na irradiância eritêmica espectral S_λ , em $W / (m^2 nm)$. Integrando-se a irradiância eritêmica espectral S_λ , para intervalo de comprimentos de onda referentes à

radiação ultravioleta, obtém-se a irradiância biologicamente ativa S, que no caso dos seres humanos, também é chamada de irradiância eritêmica.

$$S = \int_{280}^{400} I_{\lambda} \varepsilon_{\lambda} d\lambda \quad (1)$$

A unidade da irradiância eritêmica é dada em DEM (dose eritematosa mínima), que equivale aproximadamente a 210 J / m². O índice ultravioleta (IUV), relacionado aos níveis de irradiação UV que induzem à formação de eritemas na pele humana, é determinado a partir da irradiância eritêmica (WHO, 2002). Cada unidade de IUV corresponde a 25 mW / m². O conhecimento do IUV é de fundamental importância para alertar a população através da intensificação da ação integrada aos programas nacionais de prevenção da cegueira e câncer de pele.

A Tab. 1 mostra a classificação desses índices.

Tabela 1. Classificação do IUV e recomendações, conforme a Organização Mundial da Saúde.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	>11
BAIXO		MODERADO			ALTO		MUITO ALTO			EXTREMO	
NENHUMA PRECAUÇÃO NECESSÁRIA		NECESSÁRIA PROTEÇÃO (PROTETOR SOLAR, CHAPÉU, CAMISA, PERMANECER NA SOMBRA)									

As informações experimentais referentes à irradiação eritêmica são raras, e esse fato é principalmente devido aos altos custos operacionais e dos equipamentos envolvidos. Experimentalmente a obtenção da irradiância eritêmica é possível a partir equipamentos que disponibilizem a medida da irradiação UV para cada comprimento de onda (espectrofotômetro), ou a partir de equipamentos de banda larga cuja resposta já é ponderada (biômetro). Neste trabalho a determinação experimental da irradiância eritêmica foi feita através de um biômetro, equipamento que mede a intensidade da radiação UV biologicamente ativa para a pele humana. O objetivo deste trabalho foi determinar um modelo estatístico para estimativa do IUV a partir das medidas experimentais da irradiação UV (A+B) obtidas na capital Recife ou regiões circunvizinhas, ampliando a base de conhecimento nesse segmento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Estação de medidas

A Tab. 2 mostra a estação de medidas da irradiação eritêmica e UV (A+B), suas coordenadas geográficas, caracterização climática e período de medidas.

Tabela 2. Estação de medidas da irradiação global e eritêmica solar

Estações	Coordenadas geográficas			Clima	Período
	Lat.	Long.	Alt.(m)		
Recife -PE	-8 ^o 03'	-34 ^o 55'	7	Tropical – úmido	outubro 10 / maio 11

A medição da irradiação solar eritêmica foi realizada a partir do biômetro modelo 501 UV-B da Solar Light (Solar light, 2010), que opera na faixa de 280 a 320 nm, cuja resposta se aproxima da pele humana exposta à radiação solar, Fig. 2. Para medição da irradiação solar UV (A+B) foi utilizado um radiômetro TUVR (The Total Ultraviolet Radiometer) do fabricante Eppley. A Fig. 3 mostra o aspecto físico de um piranômetro do TUVR, que mede a radiação ultravioleta para o intervalo de comprimento de onda compreendido entre 295 a 385 nm. O radiômetro foi acoplado a um sistema de aquisição de dados da Campbell, modelo CR-1000X e o biômetro possui um sistema coletor próprio integrado ao equipamento.



Figura 2-Biômetro modelo 501 UVB (SOLAR LIGHT, 2007)



Figura 3-TUVR do fabricante Eppley (EPPLEY, 2010)

2.2 Correlação entre o IUV e a irradiação UV (A+B)

O presente trabalho propõe gerar um modelo estatístico polinomial de segunda ordem para estimar o IUV a partir de medidas horárias da irradiação UV (A+B).

$$IUV = aUV + b \quad (2)$$

onde,

a, b e c são coeficientes locais
UV é a irradiação UV (A+B)

2.3 Metodologia e comparação estatística

As séries de medidas horárias foram misturadas aleatoriamente e divididas em dois grupos distintos. O primeiro grupo foi utilizado para modelar a equação de estimativa do IUV em função da irradiação UV (A+B). O segundo grupo foi utilizado para validação do modelo. As comparações estatísticas entre os valores experimentais e modelados foram feitas mediante os indicativos estatísticos MBE% e RMSE%

$$MBE = 100 \frac{\sum_n (H_{UV-CALCULADO} - H_{UV-MEDIDO})}{\sum_n H_{UV-MEDIDO}} \% \quad (3)$$

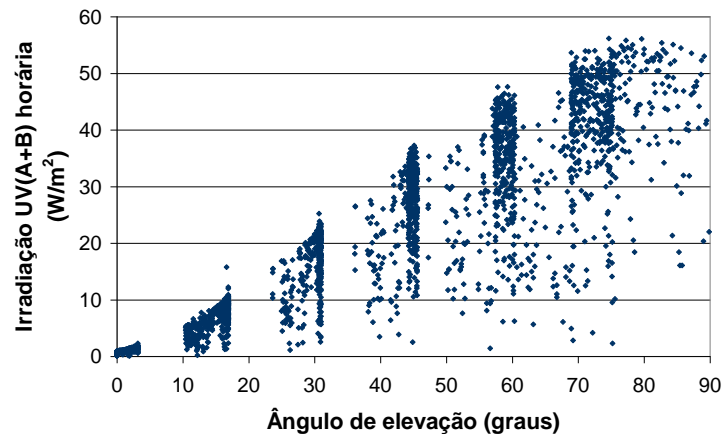
$$RMSE = 100 \sqrt{\frac{\sum_n (H_{UV-CALCULADO} - H_{UV-MEDIDO})^2}{n}} \frac{1}{\sum_n \frac{H_{UV-MEDIDO}}{n}} \% \quad (4)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

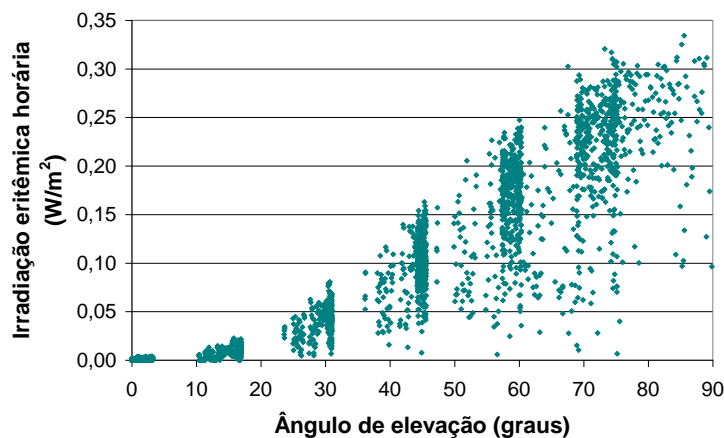
3.1 Irradiação eritêmica e UV (A+B)

Os dados medidos entre 20 de outubro de 2010 a 17 de maio de 2011, em escala de minutos foram agrupados em torno de uma dada hora padrão considerando à meia hora anterior e posterior a mesma, obtendo-se assim, um valor médio horário em W/m^2 . Devido a problemas operacionais foram desconsiderados os dias julianos 314 de 2010, os dias 26 a 32, 110 a 116 de 2011.

A Fig. 4 mostra o comportamento da irradiação UV (A+B) (a) e eritêmica (b) em função do ângulo de elevação. Observa-se um comportamento semelhante para ambas irradiações. Os valores máximos são alcançados próximos ao meio-dia, devido a um maior ângulo de elevação, que implica em uma menor massa de ar e a horas de céu claro. Para um mesmo ângulo de elevação existe uma dispersão muito grande de pontos, indicando a grande diversidade da condição atmosférica horária do céu.



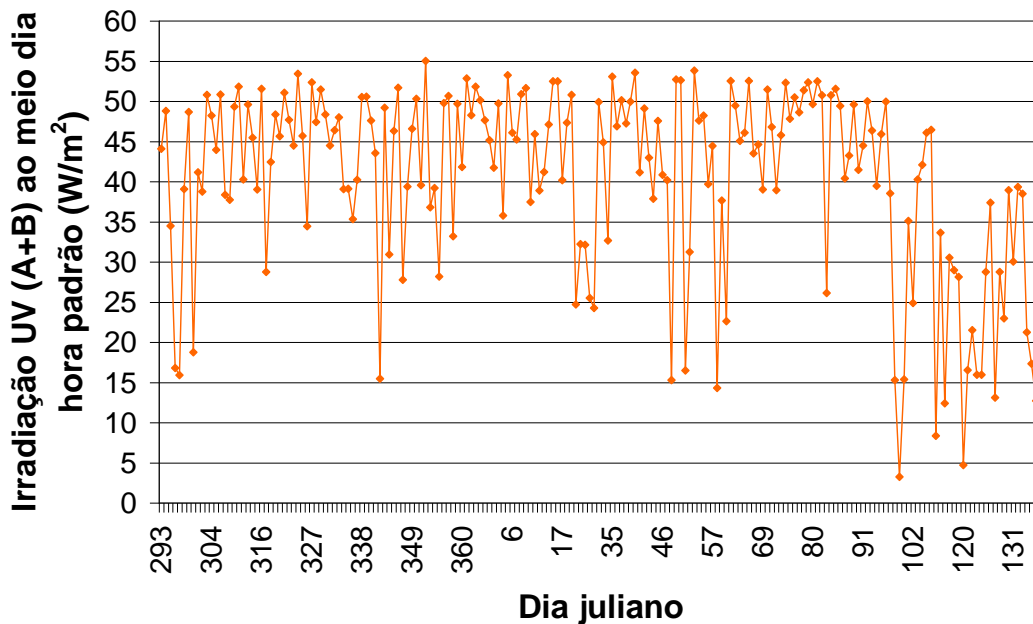
(a)



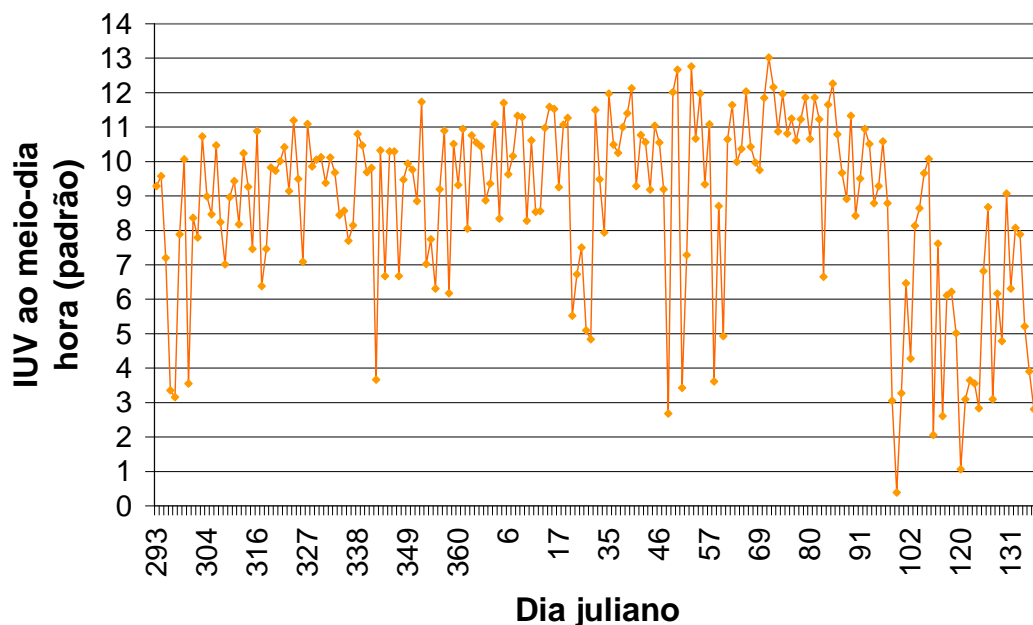
(b)

Figura 4-Irradiação UV (A+B) (a) e eritêmica (b) em função do ângulo de elevação.

Na Fig. 5 pode-se visualizar o comportamento da irradiação UV (A+B) (a) e o índice ultravioleta (IUV) (b) ao meio-dia hora padrão. Em relação ao período de medição, observa-se a forte influência do efeito sazonal no comportamento das curvas. Valores menores são detectados nos meses de inverno (abril/maio). Para a cidade de Recife os índices ultravioleta alcançam valores máximos nos meses de fevereiro e março (LEAL et. al., 2010). De uma forma geral, a maior parte do ano o IUV ao meio-dia (hora padrão) se apresenta com valores muito elevados e danosos a saúde do ser humano.



(a)

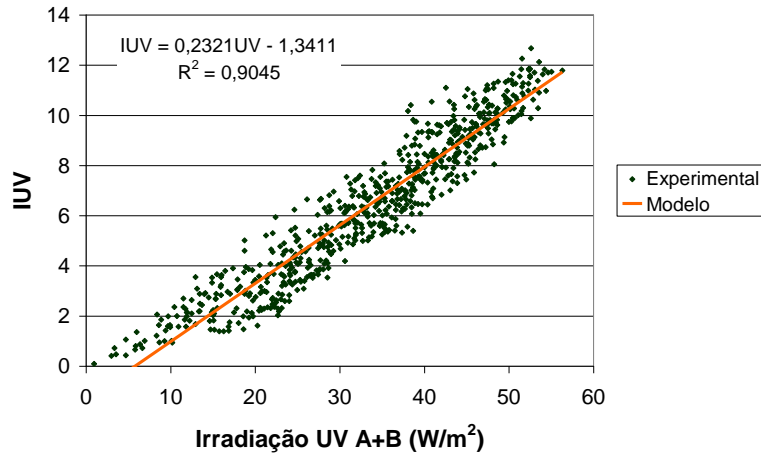


(b)

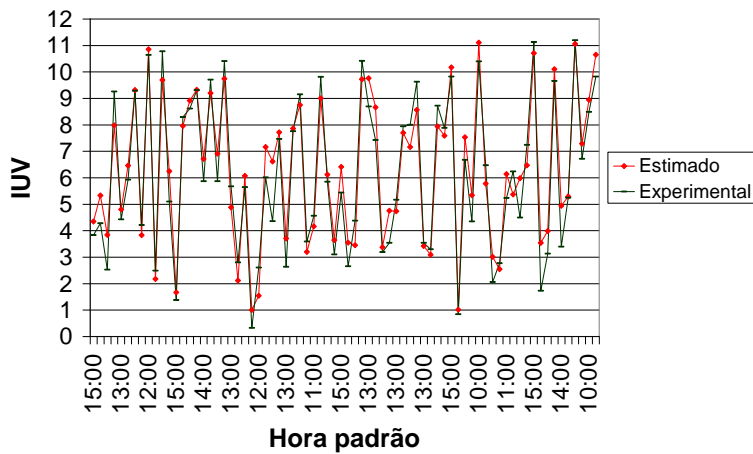
Figura 5-Irradiação UV (A+B) (a) e IUV diário ao meio-dia hora padrão.

3.2 Modelagem da equação para estimativa do IUV

Para modelagem da equação de estimativa do índice ultravioleta, foi considerado o período entre 9:00 e 15:00h dos dias selecionados. A Fig. 6 (a) mostra a curva gerada e a equação de estimativa horária do IUV para a cidade de Recife.



(a)



(b)

Figura 6-Correlação entre o IUV em função da irradiação UV (A+B) para a cidade de Recife (a) e comparação entre os valores estimados pelo modelo e valores experimentais (b).

É válido salientar que o modelo foi testado estatisticamente com um segundo grupo de dados horários distintos, não exercendo nenhuma influência nos resultados obtidos. Como resultado obteve-se um MBE% igual a 0,41 % e um RMSE igual a 14,07 %. A Fig. 6 (b) mostra a comparação entre os valores experimentais do segundo grupo com os valores estimados pelo modelo, considerando amostras aleatórias.

4. CONCLUSÕES

As medições da irradiação eritemica e UV (A+B) realizadas no período descrito para a cidade de Recife, confirmou mais uma vez, uma forte dependência horária e sazonal típica da região Nordeste do Brasil. Índices ultravioleta mais elevados são alcançados ao meio-dia e nos períodos de baixa nebulosidade (verão). Contudo, de uma forma geral, a maior parte do ano o IUV ao meio-dia se apresenta com valores muito elevados, acarretando riscos à população.

A correlação horária entre o IUV e a irradiação UV (A+B) possibilitou a geração de um modelo estatístico para estimativa do IUV na capital Recife e regiões circunvizinhas. É válido salientar a necessidade de um maior número de medidas para aprimorar a validação estatística do modelo, contudo o mesmo mostrou uma acurácia de predição do IUV horário aceitável, quando se leva em consideração a precisão dos equipamentos envolvidos. Os indicativos apresentaram um MBE% de 0,41 % e um RMSE% de 14,07 %. A utilização desse modelo com o conhecimento da irradiação UV (A+B) horária seja medida ou estimada, permitirá conhecer o valor correspondente do IUV em regiões

circunvizinhas com similaridades climáticas e fitogeográficas a cidade de Recife, sendo assim, mais uma ferramenta no auxílio de campanhas públicas educativas de prevenção ao câncer de pele e cataratas.

REFERÊNCIAS

Diffey, B. L., 1991. Solar ultraviolet radiation effects on biological system. *Phys. Med. Bio.*, vol. 36, n. 3, pp. 299-328.

Inca 2009 – Instituto Nacional do Câncer. Incidência de câncer no Brasil. Disponível em:

<http://www.inca.gov.br/estimativa/2010>. Acesso em: mar. 2011.

Kirchhoff, V. W. J. H.; Echer, E.; Paes Leme, N.; Silva, A. A., 2000. A variação sazonal da radiação ultravioleta solar biologicamente ativa. *Brazilian Journal Geophysics*, vol. 18, n. 1, pp. 63-73.

Leal, S. S.; Tiba, C.; Piacentini, R., 2010. Estudo da irradiação eritêmica em Recife (PE). *ASADES*, vol. 14, issn 0329-5184.

Solar Light. UVB – Biometer Model 501 Radiometer. Disponível em:

<http://www.solarlight.com/products/501.html>. Acesso: 07/ 10/ 2010

World Health Organization 2002 – WHO. Global solar UV index. Disponível em:

<http://www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf>

MODELING OF UV INDEX FROM UV (A+B) IRRADIATION IN RECIFE (PE)

Abstract. *The UV Index (IUV), determined by means of erythemal irradiance or biological active irradiance, represents a form more clear about understanding of the population on levels and effects such, as freckles and erithema, which are due to excess exposure to such radiation. The measurement of erythemal radiation involves equipment of high costs, making such information rare. This present study aimed to determine a hourly statistical model to estimate the IUV from the measurement of the UV irradiation (A + B) to the city of Recife. The simultaneous measurements of the erithemal and UV irradiation (A + B) were collected at the Federal University of Pernambuco through a biometer (501B) and a total ultraviolet radiometer (TUVR). The model generated by the measurements showed a statistical performance (MBE) 0.41% and (RMSE) of 14.1%*

Keywords: *erithemal irradiation, UV index, global irradiation*