

ESTUDO DA RADIAÇÃO SOLAR ULTRAVIOLETA EM PERNAMBUCO

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-leal@click21.com.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE)

Ruben Piacentini - piacentini@ifir-conicet.gov.ar

Instituto de Física Rosario - Universidad Nacional de Rosario (CONICET)

Resumo. *Infelizmente, no Brasil e particularmente no Nordeste do Brasil, informações sobre a irradiação solar UV são escassas e mais raras do que os dados de radiação solar global diária. Neste contexto, duas estações foram instaladas, no início de 2007, uma em Pesqueira e outra em Araripina, ambas no estado de Pernambuco, para medições simultâneas da radiação solar diária e ultravioleta. Outra estação está sendo instalada em Recife-PE, completando um grupo de estações que estão localizadas entre latitudes 8 e 10° e longitudes 34 para 38° W. É válido salientar que estas estações representam o clima típico da região. Os valores mensais e diários da radiação global G e ultravioleta UV incidente no plano horizontal em Pesqueira e Araripina durante os períodos (2007 – 2008) foram medidos, analisados e comparados. Uma significativa correlação entre a radiação G e UV tem sido estabelecida e recomendada para estimar os valores da radiação UV que são difíceis de se obter em qualquer outro lugar nesta região. A relação da radiação global ultravioleta (UV / G) foi calculada e comparada com outras localidades no Brasil e ao redor do mundo.*

Palavras Chaves: UV, relação entre irradiação solar ultravioleta e global, estimativa.

1. INTRODUÇÃO

O espectro da irradiação ultravioleta (UV) abrange comprimentos de onda de 100 a 400 nm e normalmente é subdividido em três intervalos: UVA (320-400 nm), UVB (280-320 nm) e UVC (100-280 nm). Diversos efeitos nocivos à saúde do ser humano podem ser causados pelo excesso de exposição à irradiação ultravioleta, como queimaduras, sardas, envelhecimento precoce, catarata, câncer de pele. Estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS) apontam que a catarata é a causa mais provável de perda visual mundialmente, e a responsável por metade de todos os indivíduos cegos. Além dos efeitos biológicos, a irradiação ultravioleta é responsável pela degradação de materiais de uso externo como pinturas, coberturas, revestimentos (Andrady et. al., 1998) . Conhecer os níveis de incidência desta irradiação é importante tanto para população como para indústria, porém os dados de irradiação global são escassos e no caso da radiação ultravioleta são mais raros ainda. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais instalou na cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte, uma estação para medição da radiação ultravioleta (Inpe, 2010). Estas medidas são válidas para a capital e regiões adjacentes. Como a diversidade do clima da região Nordeste é muito grande, estas medições não podem ser estendidas para os demais estados. Com relação ao estado de Pernambuco, duas estações foram instaladas, sendo uma delas no IFPE da cidade de Pesqueira, localizada na zona do Agreste a 214 km da capital Recife e a outra no Campus da cidade de Araripina localizada a 690 km da capital Recife na zona do Sertão. Estas estações tiveram como objetivo, realizar medidas simultâneas da irradiação solar horária e ultravioleta, disponibilizando assim, os dados necessários para realizar um levantamento detalhado do comportamento destas irradiações naquelas localidades, além de possibilitar a geração de um modelo para estimar a irradiação ultravioleta. O modelo possibilitará estimar a irradiação ultravioleta em localidades de características climáticas semelhantes, a partir do conhecimento da irradiação global. Uma terceira estação está sendo instalada na cidade de Recife, representando assim, a climatologia típica do estado de Pernambuco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Estações de medidas e parâmetros

A Tabela 1 mostra as estações de medidas da irradiação UV e irradiação solar global, suas coordenadas geográficas, caracterização climática e período de medidas.

Tabela 1 – Estações de medidas simultâneas da radiação UV e Irradiação solar

Estações	Coordenadas geográficas			Clima	Período
	Lat.	Long.	Alt.(m)		
Recife -PE	-8 ^o 03'	-34 ^o 55'	7	Tropical – úmido	Em instalação
Pesqueira -PE	-8 ^o 24'	-36 ^o 46'	639	Tropical – semi-árido	janeiro 07 / dezembro 07 setembro 08 / dezembro 08
Araripina -PE	-7 ^o 34'	-40 ^o 29'	622	Semi – árido	Julho 08 / dezembro 08 janeiro 09 / fevereiro 09

Para medição da radiação ultravioleta (UVA + UVB) foi utilizado um piranômetro do tipo TURV (The Total Ultraviolet Radiometer) do fabricante Eppley e para medição da radiação global um piranômetro preto e branco também do mesmo fabricante. Os sensores foram acoplados a um sistema de aquisição de dados da CAMPBELL, modelo CR-10X, para estação Pesqueira e o modelo CR-1000X, para estação Araripina. Estes instrumentos foram programados para realizar leituras instantâneas a cada segundo totalizando 60 leituras por minuto. A partir da média aritmética destas leituras, obtém-se 1440 valores diários.

2.2 Fração solar ultravioleta F_{UV}

A relação entre a radiação ultravioleta diária e a radiação global diária para uma determinada região resulta na fração solar ultravioleta diária F_{UV} . O conhecimento de F_{UV} é importante para estimar a radiação ultravioleta em lugares onde não existam dados sobre a mesma, embora existam dados sobre radiação solar global. Nestes casos, a radiação ultravioleta poderá ser facilmente calculada através da seguinte expressão:

$$H_{UV} = F_{UV} \cdot H_G \quad (1)$$

onde, H_{UV} é a irradiação ultravioleta diária sobre a superfície terrestre e H_G é a irradiação global diária sobre a superfície terrestre.

2.3 Metodologia e comparação estatística

As séries de medidas diárias para Pesqueira e Araripina foram divididas em dois períodos distintos segundo a Tabela 2. O primeiro período foi utilizado para modelar a equação de estimativa da fração F_{UV} . O segundo período para validação.

Tabela 2 – Dados experimentais utilizados para modelagem e validação da irradiação ultravioleta diária.

Estação	Dados para modelagem	Dados para validação
Pesqueira	jan., mar., mai., jul., set., nov. de 2007 e set., nov de 2008	fev., abr., jun., ago., out., dez. (2007) out., dez. de 2008
Araripina	jul., set., nov. de 2008 e jan de 2009	ago., out., dez. de 2008 e fev. de 2009

A validação da equação foi feita a partir dos indicativos estatísticos MBE% e RMSE%

$$MBE = 100 \frac{\sum_n (H_{UV-CALCULADO} - H_{UV-MEDIDO})}{\sum_n H_{UV-MEDIDO}} \% \quad (2)$$

$$RMSE = 100 \sqrt{\frac{\sum_n (H_{UV-CALCULADO} - H_{UV-MEDIDO})^2}{n}} \frac{1}{\sum_n \frac{H_{UV-MEDIDO}}{n}} \% \quad (3)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Descrição das medidas de irradiação ultravioleta e irradiação global solar

Os dados medidos em escala de minuto foram agrupados em torno de uma dada hora solar considerando à meia hora anterior e posterior a mesma. Ao valor médio deste conjunto foi atribuído como sendo a irradiação solar horária correspondente à citada hora solar. A partir da irradiação solar horária, foram calculados os valores médios diários. Foram desconsiderados os dias 30 a 41, 68 a 76, 110 a 135 e 338 do ano de 2007 para a cidade de Pesqueira. Para cidade de Araripina foram desconsiderados os dias 236, 318 e 319 de 2008.

As Figuras 1 e 2 mostram o comportamento da irradiação diária ultravioleta, global e a fração ultravioleta e as Figuras 3 e 4, mostram a irradiação mensal média diária ultravioleta e global para as cidades de Pesqueira e Araripina. A irradiação solar ultravioleta e global média diária tanto para Pesqueira como Araripina mostra o comportamento sazonal típico da região Nordeste do Brasil: valores máximos no verão (setembro a fevereiro) e mínimo no inverno (março a agosto). Observa-se também que a fração ultravioleta alcança valores médios mais elevados nos meses de inverno. Esse fato é devido a grande quantidade de água precipitável na atmosfera que atenua fortemente a faixa de espectro infravermelho.

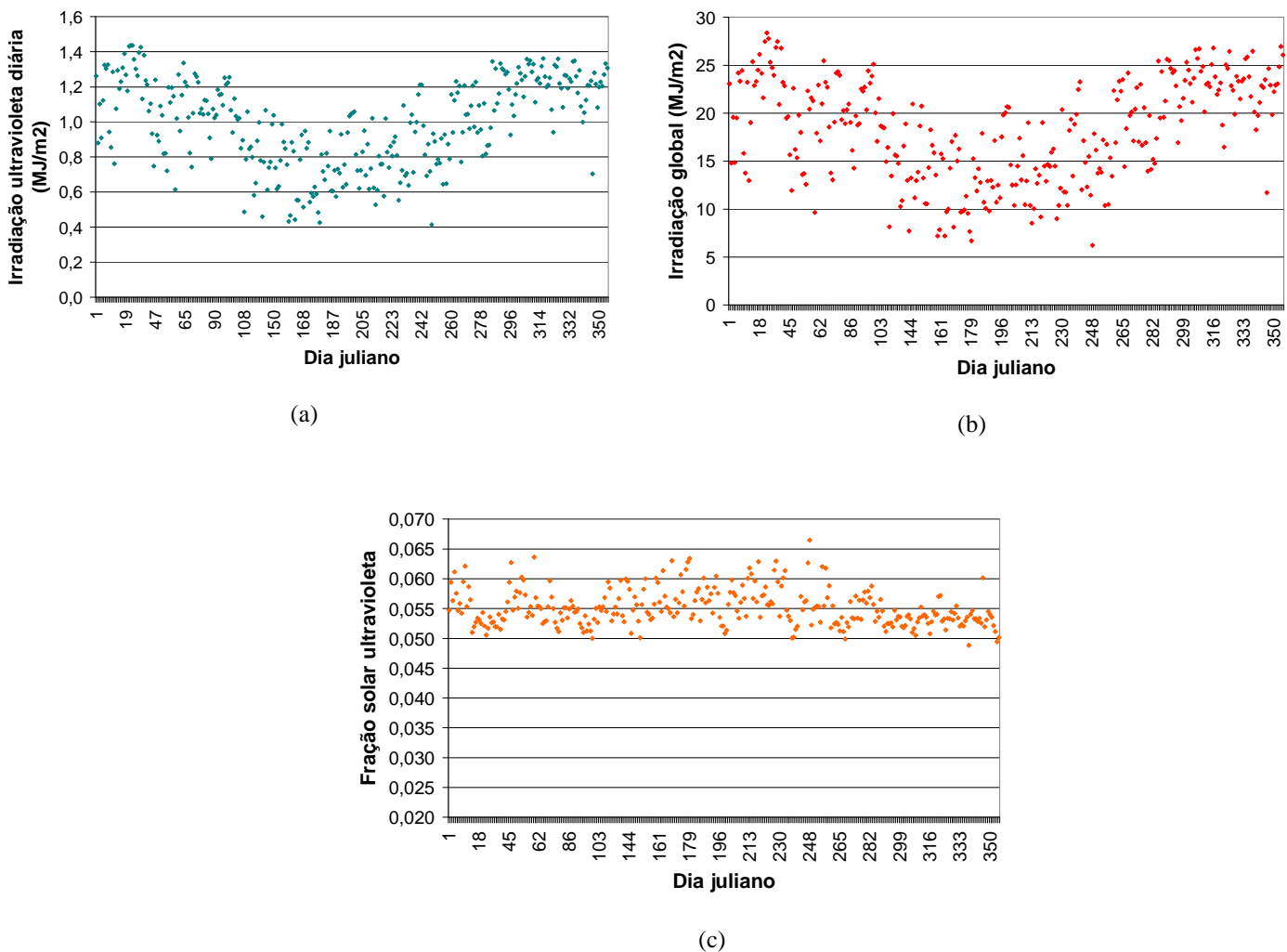
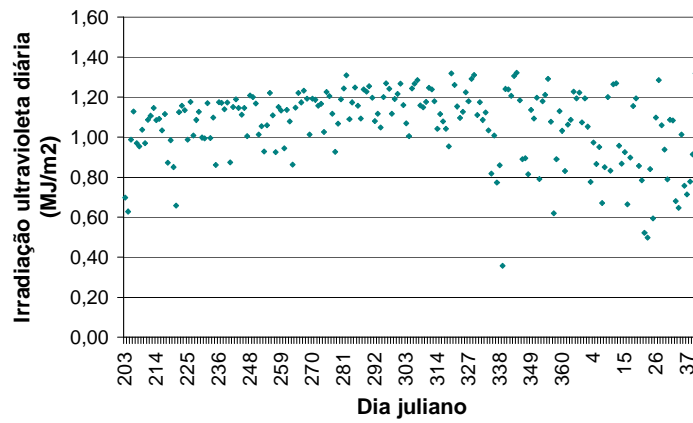
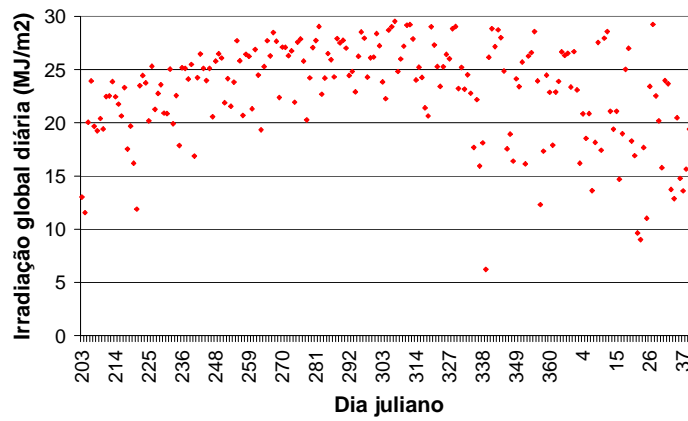


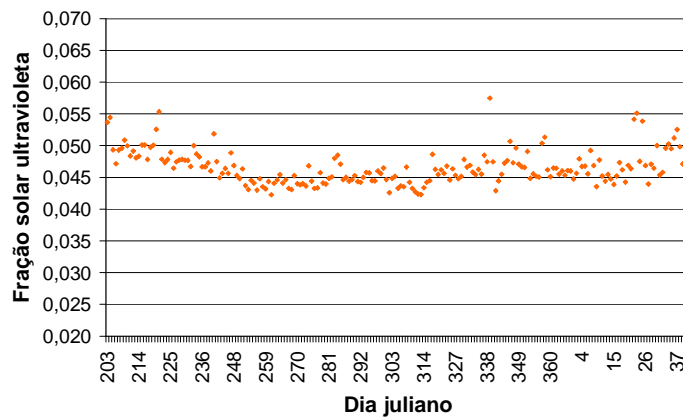
Figura 1 – Irradiação solar diária ultravioleta (a), irradiação solar diária global (b) e fração solar ultravioleta (c) em Pesqueira no período de jan.2007 a dez 2007.



(a)

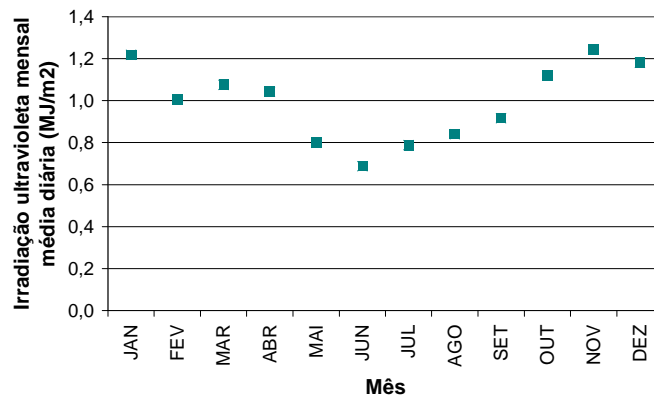


(b)

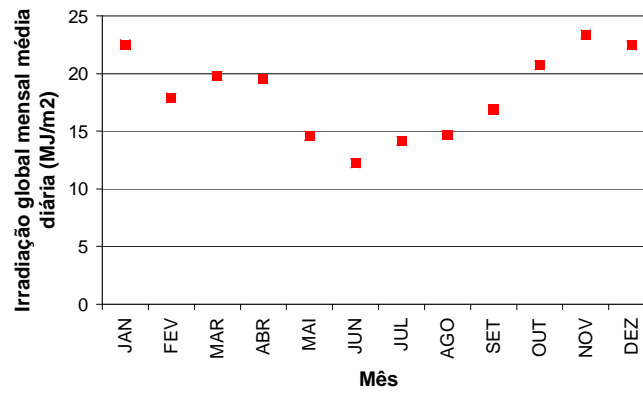


(c)

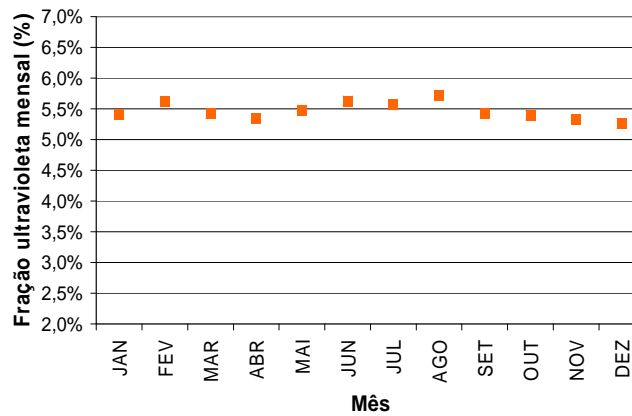
Figura 2 – Irradiação solar diária ultravioleta (a), irradiação solar diária global (b) e a fração solar ultravioleta (c) em Araripina no período de jul. 2008 a fev. de 2009.



(a)



(b)



(c)

Figura 3 – Irradiação solar mensal média diária ultravioleta (a), global (b) e fração ultravioleta mensal (c) para Pesqueira no período de jan. 2007 a dez. 2007.

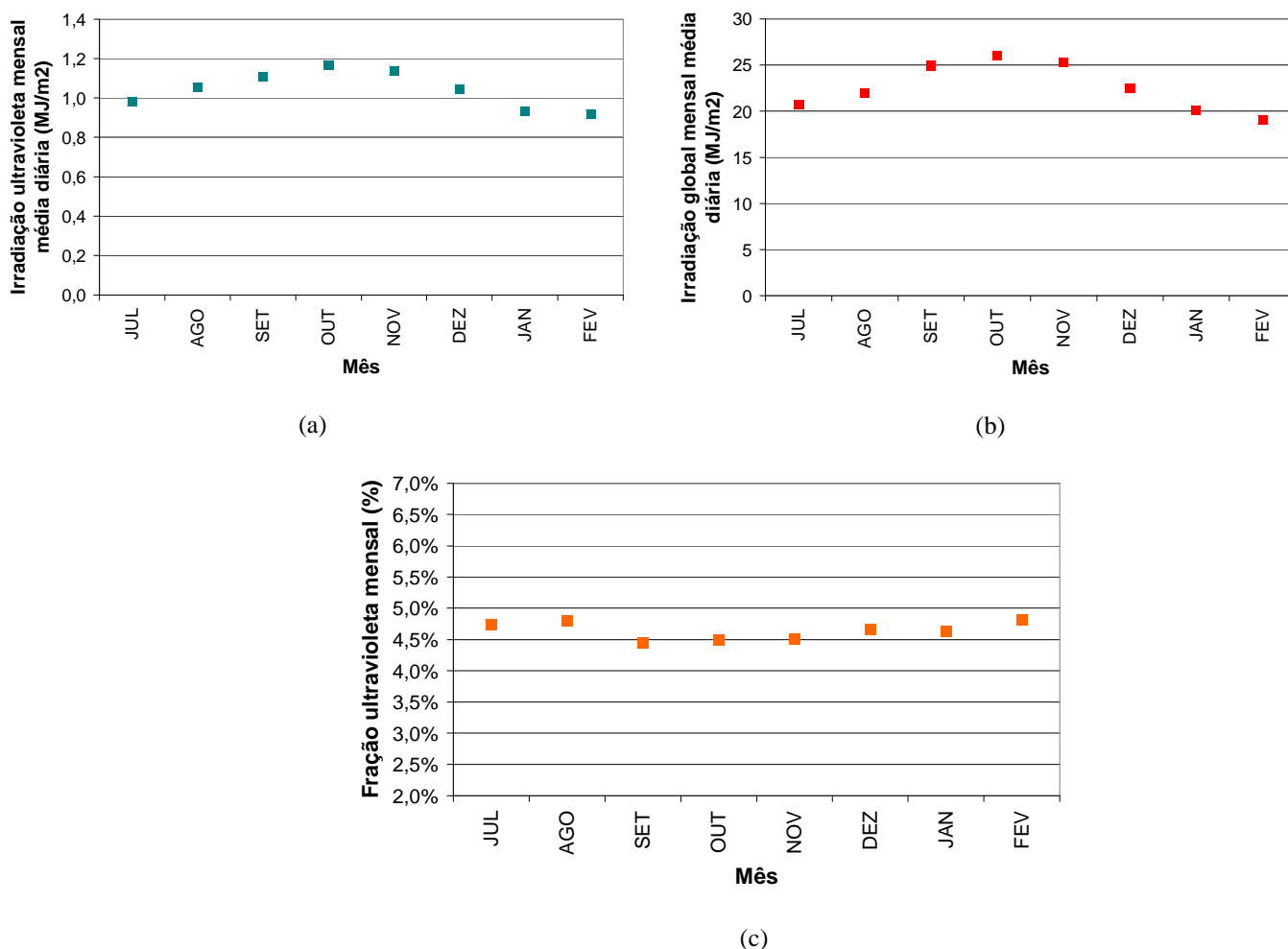


Figura 4 – Irradiação solar mensal média diária ultravioleta (a), global (b) e fração ultravioleta mensal (c) para Araripina no período de jul. 2008 a fev. de 2009.

3.2 Modelagem da equação para estimativa da irradiação ultravioleta

Existem numerosos trabalhos publicados para estimativa da radiação ultravioleta a partir de modelos experimentais (Foyo-Moreno et. al., 1998; Robaa, 2004; Barbero et. al., 2006; Escobedo et. al., 2007). Neste trabalho optou-se pela fração solar ultravioleta F_{UV} (H_{UV} / H_G) para modelagem da irradiação ultravioleta diária para todas as condições de céu em ambas as localidades. Estes modelos permitirão estimar a radiação ultravioleta nas regiões circunvizinhas e de características climáticas muito semelhantes às cidades de Pesqueira e Araripina. Estudos anteriores (Leal et. al., 2009), mostraram que os modelos gerados, considerando as condições de céu (índice de claridade - K_T), para estas cidades, apresentaram um desempenho estatístico inferior a 5% quando validados localmente com um segundo banco de dados distinto (seção 2.3).

A Figura 5 mostra as curvas geradas e as equações de estimativa diária para as cidades de Pesqueira (a) e Araripina (b), respectivamente, a partir do conjunto de dados indicados na Tabela 2. Estes modelos foram testados estatisticamente com um segundo grupo de dados também indicados na Tabela 2. Como resultado obteve-se um MBE% igual a 4,34 % e um RMSE igual a 3,62 % para a cidade de Pesqueira. Para a cidade de Araripina obteve-se um MBE% igual -2,00 % e um RMSE igual a 3,60 %, apresentando também um bom desempenho estatístico (inferior a 5%).

A correlação diária entre a irradiação solar ultravioleta e a irradiação global, resultou em uma fração média de 4,4 % (Pesqueira) e 3,8 % (Araripina). Estes valores apresentaram uma ordem de grandeza semelhante aos outros trabalhos. Para a cidade de Valência na Espanha foi obtida uma fração de 3 % (Martinez-Lozano et. al., 1999); 3,5 % para o Cairo no Egito (Robaa, 2004); 4,2 % para cidade de Botucatu em São Paulo (Escobedo et. al., 2007).

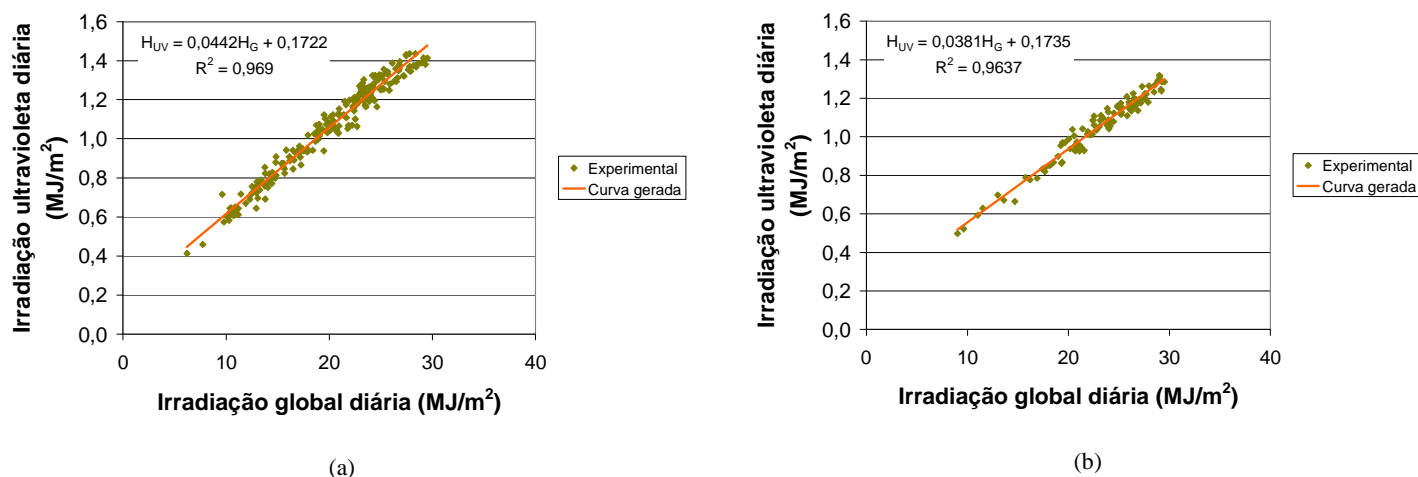


Figura 5 –Correlação da radiação diária ultravioleta em função da radiação global para as cidades de Pesqueira (a) e Araripina (c) e suas respectivas equações de estimativa da irradiância ultravioleta diária.

4. CONCLUSÕES

As medidas realizadas nas cidades de Pesqueira e Araripina confirmaram a forte dependência do comportamento sazonal típico da região Nordeste do Brasil. Os modelos gerados a partir da relação entre a irradiação solar diária ultravioleta pela irradiação solar diária global, mostraram uma acurácia de predição da irradiação ultravioleta diária em nível bastante aceitável e semelhante a outros modelos. Os indicativos apresentaram um MBE% de 4,34 % e -2,00 % e um RMSE% de 3,62 % e 3,60 % para as cidades de Pesqueira e Araripina respectivamente. A utilização desses modelos com o conhecimento da irradiação solar diária seja medida ou estimada, permitirá conhecer o valor correspondente da irradiação UV em regiões circunvizinhas com similaridades climáticas e fitogeográficas às cidades de Pesqueira e Araripina, ampliando desta forma o conhecimento da irradiação UV na região.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao suporte financeiro do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e ao Programa Pró-Engenharias do CAPES.

REFERÊNCIAS

- Andardy, A. L.; Hamid, S. H.; Hu, X.; Torilai, A., 1998. Effects of increased solar ultraviolet radiation on materials. *Journal Photochemistry and Photobiology*, v. 46, p. 96 – 103.
- Barbero, F. J.; Lopez, G.; Batlles, F.J., 2006. Determination of daily solar ultraviolet radiation using statistical models and artificial neural networks. *ANNALES GEOPHYSICAE*, v. 24, p.2105 - 2114.
- Cañada, J.; Pedros, G.; Bosca, J. V., 2003. Relationships between UV (0,290 – 0,385 μm) and broad band solar radiation hourly values in Valencia and Córdoba, Spain. *Energy*, v. 28, p.199 – 217.
- Escobedo, J. F.; Gomes E. N.; Pai, A. D.; Oliveira A. P.; Soares J., 2007. Equações de estimativa diária para as radiações UV, PAR e IV em função da radiação global para cobertura atmosférica parcial total. I CBENS – Congresso Brasileiro de Energia Solar. Fortaleza.
- Foyo-Moreno, I.; Vida, J.; Alados-Arboletas L., 1998. A simple all weather model to estimate ultraviolet solar radiation (290 – 385 nm). *Annales Geophysicae*, American Meteorological Society, v.38, p. 1020 - 1026.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Laboratório de Variáveis Ambientais Tropicais. Disponível em: www.crn2.inpe.br/lavat. Acesso: 26 /07 /2010.
- Leal, S. S.; Tiba, C., T.; Piacentini, R. D., 2009. Modelos estatísticos para determinação da irradiação solar UV diária no estado de Pernambuco. *Asades*, Argentina.

- Martinez-Lozano, J. A.; Tena, F.; Utrillas, M. P., 1999. Ratio of to global broad band irradiation in Valencia Spain. *International Journal of Climatology*, v. 19, p. 903 – 911.
- Oliveira, G. F.; Campos, R. L. C.; Temporal, W. F., 2005. Efeitos da Radiação Ultravioleta nas Atividades Aéreas e Terrestres. *RMAB*, v. 55, No. ½, p. 19-26.
- Robaa, S. M., 2004. A study of ultraviolet solar radiation at Cairo urban área, Egypt. *Solar Energy*, v. 77, p. 251 – 259.
- Tiba C., Fraidenraich N., Grossi Gallegos H. and Lyra F. J. M., 2004. CD ROM Atlas Solarimétrico do Brazil, *Renewable Energy* 29, 6, 991-1001.
- World Heal Organization – WHO, Cataract. Disponível em: <http://www.who.int/topics/catarct/en/> Acesso em: nov. 2009.

Abstract. *In the Northeast region of Brazil, a relatively large amount of information about solar global radiation is available, however, this is not the case for the ultraviolet component. In this context, two stations were installed from the begining of 2007, one at Pesqueira and the other one at Araripina, both in the Pernambuco State, in order to obtain simultaneous data of solar global irradiation and UV. Another station is been placed at Recife, which will give information in a rather large tropical área, with latitudes between 8° S and 7° S and longitudes between 34° W and 40° W. Based on the Pesqueira and Araripina measurements done in the period 2007 to 2009, a correlation was established between the global and UV daily irradiation values and compared with similar data for other regions of the world. These results are of interest for the determination of the solar UV component, in geographical places were there are no data of this irradiation, but it exist information about the global irradiation*

Key words: UV, Relationship between global and UV solar irradiation, Estimative.