

ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA IRRADIÂNCIA SOLAR EM FORTALEZA

Paulo Cesar Marques de Carvalho – carvalho@dee.ufc.br
Lincoln Moura de Oliveira – lincolnsobral@yahoo.com.br
José Sérgio de Aguiar Junior – eng.sergioaguiar@gmail.com
Universidade Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Elétrica

1. Dados Meteorológicos – 1.1 Radiação Solar

Resumo. A análise dos dados da irradiância global sobre a área de Fortaleza é realizada buscando enfatizar as peculiaridades inerentes a sua localização geográfica. Fortaleza está situada a 3°46' de latitude (sul) e 38°36' de longitude (oeste), no nordeste brasileiro; são avaliados os meses de março e abril para o período chuvoso e setembro e outubro para o período não-chuvoso de 2004 e 2005. A coleta dos dados foi realizada através da média dos valores da irradiância solar coletada a cada 30 min e analisados os valores diários e mensais em escalas sazonais. Os resultados mostram a média da irradiância medida para o período chuvoso e não-chuvoso de 419,49 W/m² para o mês de abril, 407,1 W/m² para o mês de março, 529,5 W/m² para o mês de setembro e 502,12 W/m² para o mês de outubro.

Palavras-chave: Irradiância Solar

1. INTRODUÇÃO

Observando os fenômenos que ocorrem na atmosfera e considerando a lei da conservação de energia, podemos facilmente concluir que os fenômenos atmosféricos necessitam de uma fonte primária de energia, sendo, portanto, a radiação solar esta fonte. Considerando a atmosfera como um sistema termodinâmico, logo se percebe que para entender os fenômenos atmosféricos é imprescindível o conhecimento da radiação solar. Naturalmente, as variabilidades espaciais e temporais da fonte induzirão fenômenos diversificados na resposta do sistema (Vianello e Alves, 1991).

A influência da radiação solar nas atividades do homem há muito vem sendo objetivo de estudo, abrangendo áreas como: indústria, agricultura, economia, meteorologia e arquitetura (Souza, Nicácio e Moura, 2005). Ultimamente uma área específica da engenharia vem tomando um interesse especial por estas análises, sendo esta as fontes alternativas de energia. O estudo da radiação solar como parâmetro primordial na aplicabilidade destas fontes de produção de energia, torna-se de fundamental interesse para o dimensionamento e avaliações do potencial das possíveis aplicações para cada região (Tiba, Aguiar e Fraidenraich, 2005).

Este trabalho realiza a análise dos dados da irradiância solar durante os meses de março e abril para o período chuvoso e setembro e outubro para o período não-chuvoso, medidos para os períodos de 2004 e 2005 em Fortaleza (3°36'S, 38°36'W, 19m acima do nível no mar). Foram utilizados como parâmetro auxiliar para análise dos dados, os valores medidos por um heliógrafo Campbell-Stokes durante o período de 1974 -2002 (Albuquerque, 1996).

2. CÁLCULO DA IRRADIÂNCIA SOLAR EXTRATERRESTRE EM UMA SUPERFÍCIE HORIZONTAL

A irradiância solar em uma superfície horizontal (R) foi calculada como uma função da constante solar S=1367 W/m², correção do fator de excentricidade da órbita da terra (E), latitude local (V), declinação solar (θ) e ângulo horário (h) de acordo com as expressões dadas:

$$R = S * E * \cos(\infty) \quad (1)$$

Onde

$$E = 1 + 0,033 * \cos[(2 * \pi * d) / 365] \quad (2)$$

Com d sendo o número do dia do ano e ∞ o ângulo zenital dado por:

$$\cos(\infty) = \sin(v) * \sin(\theta) + \cos(v) * \cos(\theta) * \cos(h) \quad (3)$$

A declinação solar é expressa na fórmula anterior por θ e é dada por:

$$\theta = 23,45 * \sin[(360/365) * (d + 284)] \quad (4)$$

Por convenção o ângulo horário tem valor igual a zero ao meio dia solar, negativo no período matutino e positivo no vespertino. A rotação da terra tem período de aproximadamente 24 horas, acarretando uma variação para o ângulo horário de aproximados 15° por hora (Albuquerque, 1996). Estas observações e convenções encontram-se na Tab. 1.

Tabela 1. Ângulo Horário [1]

Hora	7	8	9	10	11	12
Ângulo Horário	-75°	-60°	-45°	-30°	-15°	0
Hora	12	13	14	15	16	17
Ângulo Horário	0	15	30	45	60	75

Com o auxílio da tabela, podemos calcular o valor do ângulo horário a partir da fórmula:

$$H = (Hora-12)*15 \tag{5}$$

3. ANÁLISE DOS DADOS DA IRRADIÂNCIA

Os dados da irradiância analisados levam em consideração a sazonalidade característica do estado do Ceará, que pode ser constatada através da análise dos gráficos do número de horas de sol e média de precipitação (Carvalho, Pontes, Oliveira, Riffel, Oliveira e Mesquita, 2004) de acordo com a Fig. 1. Levando em consideração essa análise foram selecionados para o período chuvoso os meses de março e abril e para o período não-chuvoso os meses de setembro e outubro.

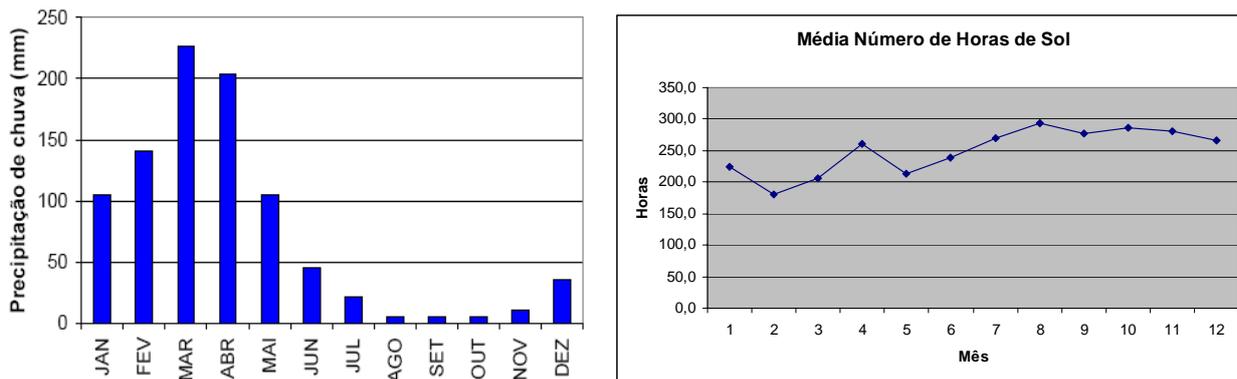


Figura 1: Precipitação média mensal no período 1974-2002 no estado de Ceará (esquerda) e número médio de horas de sol por mês no período de 1974-2002 (direita).

Considerando todos os dias dos meses de março a abril de 2004 e 2005 encontramos na Fig. 2 os valores mínimos e máximos da irradiância incidente durante estes meses, o que nos levar a concluir a alta variabilidade da irradiância para o mesmo período. Considerando os seus valores diários, podemos caracterizar estes meses como de maior variabilidade da irradiância. Na Fig. 3 mostramos os valores médios diários da irradiância solar para os dois anos nos meses de março e abril.

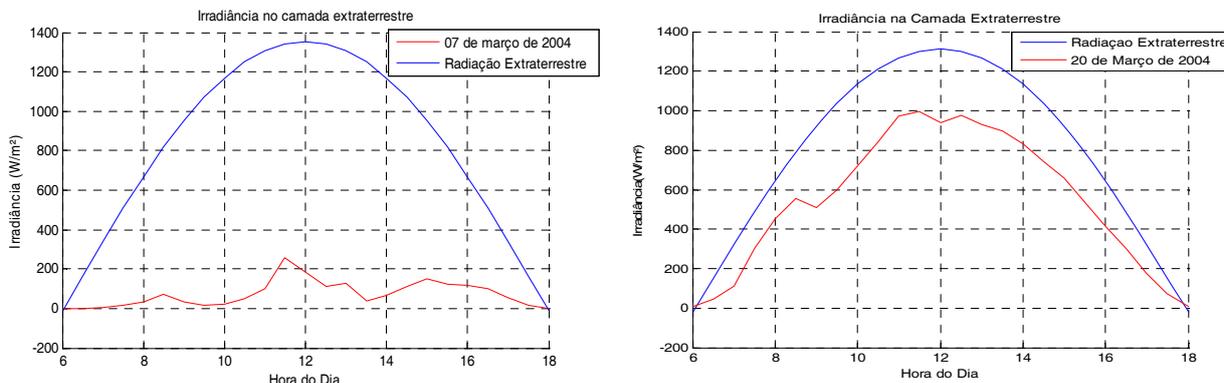


Figura 2: Dados da Irradiância Extraterrestre Estimada e Irradiância Medida.

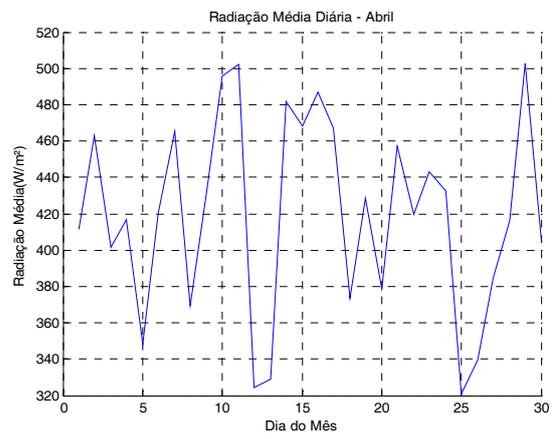
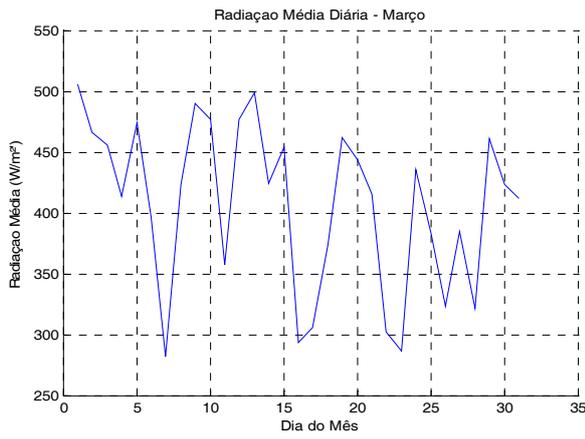


Figura 3: Irradiância Média Diária - Março e Abril de 2004 e 2005

Realizando a mesma análise durante o período de setembro e outubro, compreendidos no período não-chuvoso, menores contrastes são observados durante este período. A Fig. 4 apresenta os gráficos dos dias com os valores máximo e mínimo da irradiância. Desenvolvendo a análise para os valores da irradiância solar para a média dos dois anos para os meses de setembro e outubro (Fig. 5) e comparando com os meses de março e abril, observamos menor variabilidade em relação ao período não-chuvoso.

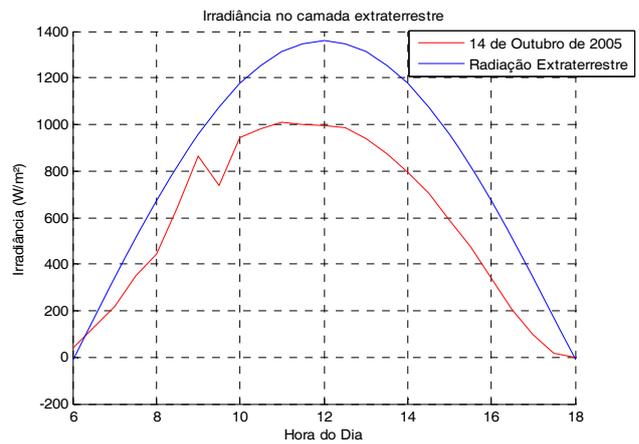
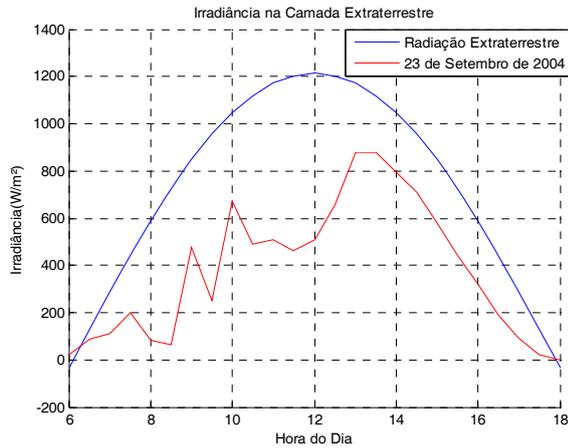


Figura 4: Dados da Irradiância Extraterrestre Estimada e Irradiância Medida.

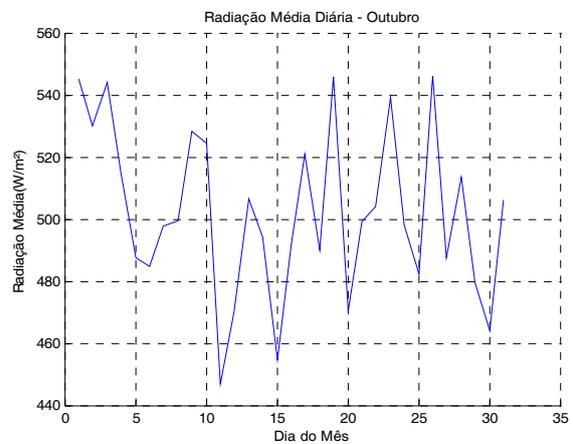
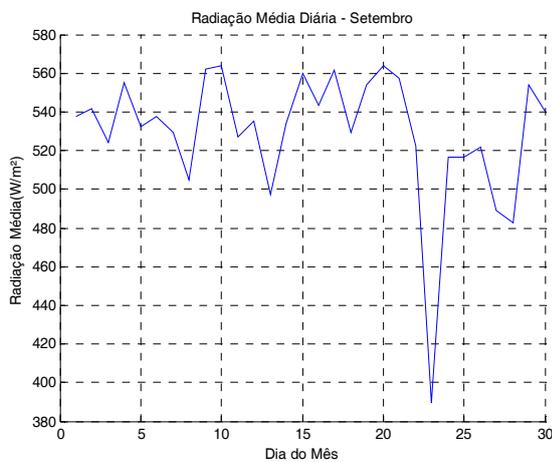


Figura 5: Irradiância Média Diária - Setembro e Outubro de 2004 e 2005

5. CONCLUSÃO

Através do estudo dos dados da irradiância para Fortaleza-Ce, foi observada uma característica sazonal acentuada, com alta variabilidade para a primeira metade do ano e um comportamento regular para a segunda metade do ano. Foram verificados os meses de março e abril com as mais altas taxas de variabilidade média mensais de irradiância, apresentando-se como os meses de menores valores médios da irradiância coletada na superfície da terra. Para os meses de setembro e outubro a análise mostra a menor variabilidade da irradiância, caracterizando como o período de maiores médias mensais da irradiância solar coletada.

Agradecimentos

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP pelo apoio financeiro concedido através de bolsa de mestrado, ao Departamento de Engenharia Elétrica da UFC e ao Grupo de Processamento de Energia e Controle – GPEC.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, J. S., 1996. Caracterização da Irradiância Solar em Fortaleza no Ano de 1996, Dissertação de Mestrado, UFC, Fortaleza.
- Carvalho, P., Mesquita, S., Oliveira, R., Oliveira Jr., D., Pontes, R., Riffel, D. 2004. Estudo Estatístico de radiação solar visando o projeto de unidades de dessalinização acionadas por painéis fotovoltaicos sem baterias, 5o Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída.
- Souza, J. L., Nicácio, R. M., Moura, M, A, L. 2005. Global solar radiation measurements in Maceió, Brasil. *Renew Energy*, Vol. 30, pp.1203–1220.
- Tiba, C., Aguiar, R., Fraidenraich, N. 2005. Analysis of a new relationship between monthly global irradiation and sunshine hours from a database of Brazil. *Renew Energy*, Vol. 30, pp.957–966.
- Tiba, C., Siqueira, N. A., Fraidenraich, N. 2006. Cumulative distribution curves of daily clearness index in a southern tropical climate. *Renew Energy*, s/n.
- Vianello R. L. and Alves A R., 1991, *Meteorologia Básica e Aplicações*, UFV.

ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF THE SOLAR IRRADIANCE IN FORTALEZA

Abstract. *The analysis of global irradiance data for Fortaleza is made aiming to emphasize peculiarities inherent to the geographic localization of the city. Fortaleza is at 3°46' latitude (south) and 38°36' longitude (west), in the Brazilian Northeast region; for the analysis, the months of March and April (rainy season) and September and October (dry season) for the years 2004 e 2005 are considered. The used data are average values of solar irradiance collected every 30 min; the daily and monthly values in seasonal scales are analyzed. The results show the following irradiance average values: 419.49 W/m² for April, 407.1 W/m² for March, 529.5 W/m² for September and 502.12 W/m² for October.*

Key words: *Solar irradiance*