

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo da fração solar difusa é de grande importância em muitas áreas do conhecimento científico que utilizam a energia solar, especialmente para aquelas que a utilizam para superfícies inclinadas e para análise de aparelhos que utilizam o feixe direto.

Para Tovar et al. (1998), as partições diária e horária vem sendo empregadas no estudo de processos que apresentam uma resposta rápida e não linear à radiação incidente por serem as mais comumente mensuradas. No entanto, uma grande variabilidade nos valores instantâneos é observada em face a presença de nuvens no céu e aos processos dinâmicos encontrados na atmosfera. Esta variabilidade temporal apresenta um impacto significativo nos estudos de eficiência de sistemas de conversão de energia, especialmente os fotovoltaicos e os coletores solares.

Smietana et al. (1984), utilizando uma base de dados de frequência instantânea (de 1 minuto), recentemente verificou que os valores da fração difusa obtidos por intermédio da integração diária diferem significativamente dos valores baseados em medidas de 1 minuto, em razão da grande variabilidade apresentada pela partição instantânea. Neste caso, verifica-se que o índice de claridade não é suficiente para explicar esta variabilidade instantânea. Tal variação pode ser explicada em termos de um segundo parâmetro: a massa ótica.

Segundo Suehrcke e McCormick (1989), a variação da massa ótica para um dia depende da localidade e das mudanças decorridas do tempo. A maneira como a massa ótica varia durante um dia irá influenciar o montante direto da radiação, ocasionando uma mudança de sua distribuição média. Collares-Pereira e Rabl (1979) apontam para a dependência sazonal da fração difusa em função da massa ótica.

O presente trabalho tem por objetivo verificar a dependência da fração solar difusa e o índice de claridade em função da massa ótica, além de apontar as vantagens da utilização da partição instantânea em estudos de processos fotovoltaicos ou de conversão de energia, caracterizados para uma resposta rápida e não linear à radiação incidente.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados são do Laboratório de Radiometria Solar de Botucatu – SP, do Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônomicas FCA/UNESP. As coordenadas geográficas são 22° 54' latitude Sul, 48° 27' longitude Oeste e 786 m de altitude. Foram utilizados os dados do período de março de 1996 a fevereiro de 1998.

Utilizou-se um sistema de aquisição de dados digital, através de uma Datalogger Campbell Scientific 23X, operando numa frequência de 1 Hz e sintetizando 300 leituras em médias de 5 minutos.

A radiação global foi medida com um piranômetro Eppley-PSP, sendo 8,13 mV/Wm<sup>2</sup> seu fator de calibração. Os valores

da radiação difusa foram medidos por um piranômetro Eppley-PSP, de fator de calibração no valor de 8,17 mV/Wm<sup>2</sup>, sendo seu sensor sombreado por um anel. O posicionamento do centro deste anel esteve situado à mesma altura do sensor do piranômetro e sua inclinação em relação à vertical foi a mesma da latitude local. Aplicou-se fatores de correção isotrópicos para compensar a perda da radiação difusa devido ao sombreado do sensor.

Os valores diários da radiação foram obtidos através da integralização de seus valores instantâneos.

Para obtenção dos valores da massa ótica levou-se em consideração os aspectos locais das medições, principalmente as correções devido à altitude (Iqbal, 1983).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se estuda os processos dinâmicos da atmosfera, o que se espera é uma resposta rápida aos fenômenos observados. Isso demonstra claramente a necessidade de partições de menores frequências na previsão dos valores da fração solar difusa.

A variabilidade apresentada pela partição instantânea é devida principalmente a dois fatores: o índice de claridade e a massa ótica. Na Figura 1 é apresentada a dependência da fração difusa em função da massa ótica. O aumento no valor médio da fração difusa se dá no sentido do crescimento da massa ótica, conforme inspeção do coeficiente angular positivo da equação (1), com elevado coeficiente de determinação ( $R^2=0,99$ ). Aumentando-se a massa ótica, aumenta-se a probabilidade de espalhamento de um fóton, já que sua interação com a atmosfera é maior devido à maior distância percorrida.

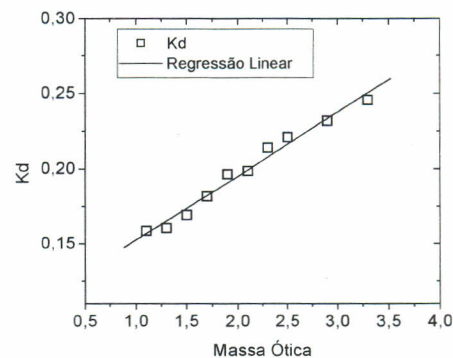


Figura 1 - Fração difusa em função da massa ótica

$$K_d = 0,11 + 0,0426(mo) \quad (1)$$

A variação dos pontos em torno da reta é explicada através da soma de diversos outros parâmetros que influenciam o montante difuso, como partículas em suspensão e a quantidade de vapor d'água na atmosfera. Segundo Suehrcke e McCormick (1988b), não há nenhuma correlação entre a fração difusa e o vapor d'água, sendo este último responsável apenas pela absorção seletiva da radiação de onda curta, não promovendo efeitos de espalhamento.

Na Figura 2 identificou-se a dependência do índice de claridade em função da massa ótica, dada pela equação

<sup>1</sup> Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônomicas – UNESP – Fazenda Lageado Botucatu – SP. E-mail: btdalpai@terra.com.br

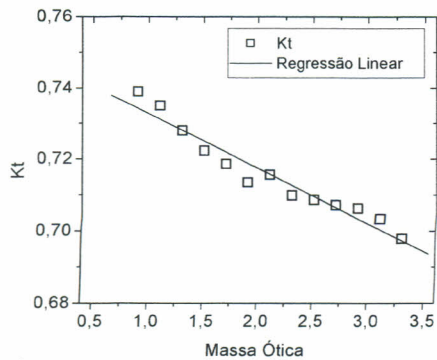


Figura 2 - Índice de claridade em função da massa ótica

(2), apresentando elevado coeficiente de determinação ( $R^2=0,96$ ):

$$Kt = 0,75 - 0,0154(mo) \quad (2)$$

A dependência da fração difusa em função da massa ótica causa as diferenças observadas entre os valores instantâneos e os integrados diariamente. A Figura 3 apresenta o gráfico dos valores diários da fração difusa (pontos) em função do índice de claridade. A linha contínua representa o modelo diário, enquanto que a linha pontilhada os valores instantâneos para  $mo=1$  ( $1,0 \leq mo \leq 1,1$ ).

A variação apresentada é atribuída às diferentes maneiras como a fração difusa responde ao índice de claridade. Dois dias distintos podem apresentar mesmo valor do índice de claridade, porém diferentes valores para a fração difusa (Figura 3). Como consequência, o índice de claridade diário não é suficiente para caracterizar a fração difusa para um particular dia. O espalhamento observado na fração difusa varia de acordo com a distribuição média do índice de claridade durante o dia, favorecendo a escolha da partição instantânea nos estudos dos processos fotovoltaicos e termais (coletores solares).

#### 4. CONCLUSÃO

A massa ótica aparece como fator mais importante, depois do índice de claridade, na estimativa dos valores da fração solar difusa instantânea.

A massa ótica causa as flutuações apresentadas nos valores da fração solar difusa integradas diariamente.

A utilização da partição instantânea (média de 5 minutos) contempla com maior precisão os estudos de eficiência dos processos termais e fotovoltaicos.

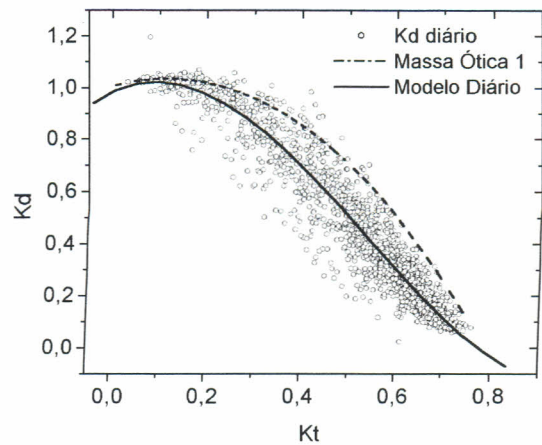


Figura 3 - Fração difusa diária e instantânea

#### 5. REFERÊNCIAS

- COLARES-PEREIRA, M. e RABL, A. The average distribution of solar radiation correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values. *Solar Energy*, v.2, n.22, p.155-164, 1979.
- GONZÁLEZ, J., CALBÓ, J. Influence of the global radiation variability on the hourly diffuse fraction correlations. *Solar Energy*, v.65, n.2, p.119-31, 1999.
- IQBAL, M. An introduction to solar radiation. Nova Iorque, Academic Press, 1983. 390p.
- JURADO, M., CARIDAD, J. M., RUIZ, V. Statistical distribution of the clearness index with radiation data integrated over five minute intervals. *Solar Energy*, v.55, n.6, p.469-73, 1995.
- SUEHRCKE, H., McCORMICK, P. G. The frequency distribution of instantaneous insolation values. *Solar Energy*, v.40, n.5, p.413-22, 1988a.
- SUEHRCKE, H., McCORMICK, P. G. The diffuse fraction of instantaneous solar radiation. *Solar Energy*, v.40, n.5, p.423-30, 1988b.
- SUEHRCKE, H., McCORMICK, P. G. The distribution of average instantaneous terrestrial solar radiation over the day. *Solar Energy*, v.42, n.4, p.303-9, 1989.
- TOVAR, J., OLMO, F. J., ALADOS-ARBOLEDAS, L. One-minute global irradiance probability density distributions conditioned to the optical air mass. *Solar Energy*, v.62, n.6, p.387-93, 1998.