

# DESENVOLVIMENTO DE UM "RADIÔMETRO DIFERENCIAL" PARA MEDIDAS DE RADIÇÃO SOLAR GLOBAL <sup>1</sup>

ALCEU JONAS FARIA <sup>2</sup>

RESUMO - O presente trabalho trata do desenvolvimento de um aparelho de boa precisão, para medidas de energia solar global - direta e (ou) difusa, utilizado para os diversos fins, nos ramos das ciências agrônômicas, biológicas e do meio ambiente. As constantes de calibrações foram determinadas em laboratório, através de uma bancada de testes, possuindo o aparelho as seguintes características: Sensibilidade =  $4,39 (\pm 0,03114)$  mV / cal.  $\text{cm}^{-2} \cdot \text{min.}^{-1}$ , Tempo de resposta  $\approx 4,0$  segundos (63,2 %), Resposta ao co-seno  $\pm 2$  % (0 a 75°), Resistência interna = 65 ohms e Peso = 350 gramas.

DEVELOPMENT OF A "DIFERENCIAL RADIOMETER" FOR MEASUREMENTS ON GLOBAL SOLAR RADIATION

ABSTRACT - This paper deals with the development of a high-precision device which is designed for measurements on global solar energy - direct and (or) diffuse alike. It can be available for several purposes, in the field of biological and agronomical sciences and environment. The gauging constants have been taken at laboratory through a serie of tests. This device has the following features. Sensitivity =  $4,39 (\pm 0,03114)$  mV / cal.  $\text{cm}^{-2} \cdot \text{min.}^{-1}$ , Response time  $\approx 4,0$  sec (63,2 %), Cosine response  $\pm 2$  % (0° to 75°), Internal resistance = 65 ohms and Weight = 350 g.

- 
- 1 - Parte da Dissertação de Mestrado apresentada à ESALQ, Piracicaba/USP, em agosto de 1985.
  - 2 - Instituto Florestal, Caixa Postal 1322 - CEP-01000 - São Paulo, SP.

## INTRODUÇÃO

No presente trabalho desenvolveu-se a construção de um radiômetro de pares termo-elétrico, que difere dos usuais, por apresentar um sinal de saída independente da temperatura da junção mais fria.

Nos estudos como, balanço de energia, resposta dos organismos a luz, efeitos na atmosfera e vários outros é conveniente proceder-se a medida do fluxo global total da energia solar, a qual consiste de duas componentes: a direta - essencialmente monodirecional, e a difusa que é a incidente de todos os ângulos zenitais possíveis COLSON (1975).

Segundo ROBINSON (1966), a integração desses fluxos, impõe rigorosos requerimentos para medidas de ambas as leituras e ao básico projeto de piranômetros.

Para tais medidas, como também a do albedo, SANTOS (1957), expressa os problemas surgidos no fim do século XIX, sendo o primeiro deles relativos à instrumentação.

O piranômetro Preto e Branco fabricado pelos laboratórios da Eppley, classificado na segunda classe e de acordo com os critérios estabelecidos pela WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (1965), obteve grande aceitação no uso rotineiro para observações da radiação solar no mundo inteiro e vem sendo usado constantemente em nosso meio como referencial (padrão).

Desta forma, os instrumentos desenvolvidos estão sujeitos a uma série de dependência física e estrutural, alterando sua resposta em função da má formação dos pares-termoelétricos, número de junções, espessura do fio, pintura dos sensores, irregularidade na cúpula e, segundo FRITSCHEN (1965), algumas características são desejáveis para minimizar certos erros como, uniformidade de medidas numa larga faixa espectral, resposta angular de acordo com a lei do co-seno, solidez, baixo tempo de resposta, estrutura capaz de evitar os efeitos do vento e temperatura ambiental, e uma saída suficientemente alta para facilidade de registros à radiação.

## MATERIAL E MÉTODO

O Radiômetro Diferencial FIGURA 1 foi submetido a uma série de testes de laboratório e campo, realizados na ESALQ-USP, em Piracicaba e com auxílio de vários equipamentos.

Seu corpo principal é constituído do material Poli Vinil Clorida (PVC), de baixo custo e fácil manutenção. O elemento sensível é formado por quatro placas (2 brancas e 2 pretas), contendo cada uma 35 junções termo-elétricas, resultando 2 conjuntos de 70 pares ligados em série (1 branco e 1 preto), que por sua vez são conectados em paralelo, gerando um sinal diferencial de resposta. A cúpula é de acrílico, proporcionando alta transmissividade no intervalo de comprimento de onda em que foi testada, de 100 a 900 nanômetros.

Na formação dos pares, usou-se o fio de Constantan de número 36 IBS, diâmetro 0,193 mm e para o processo de eletrólise, 220 g. de sulfato de cobre, 40 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico e 1.000 cm<sup>3</sup> de água.

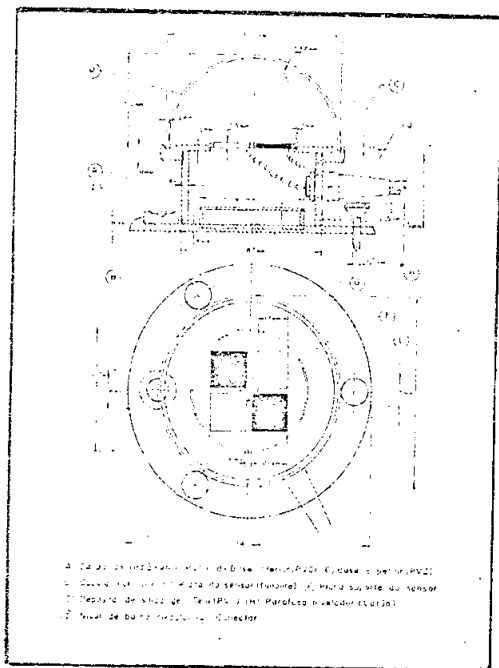


FIGURA 1 - Radiômetro Diferencial

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes realizados em laboratório como, tempo de resposta  $\approx 4,0$  s. da radiação incidente, resposta ao co-seno em função da Lei de Lambert  $\pm 2\%$  nos ângulos de 0 a  $75^\circ$ , como também a boa transmissividade da cúpula de acrílico que se manteve acima dos 98% a partir dos 300 nm, qualificam o aparelho como de boa precisão.

As curvas de radiação FIGURA 2, comparadas ao mesmo tempo com as do Eppley (padrão) demonstraram boa sensibilidade do Radiômetro Diferencial, respondendo simultaneamente as variações da radiação solar. Para o valor  $7,28 \text{ mV/cal.cm}^2.\text{min}^{-1}$  do padrão, tem-se  $4,388 \text{ mV/cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$  do Radiômetro Diferencial.

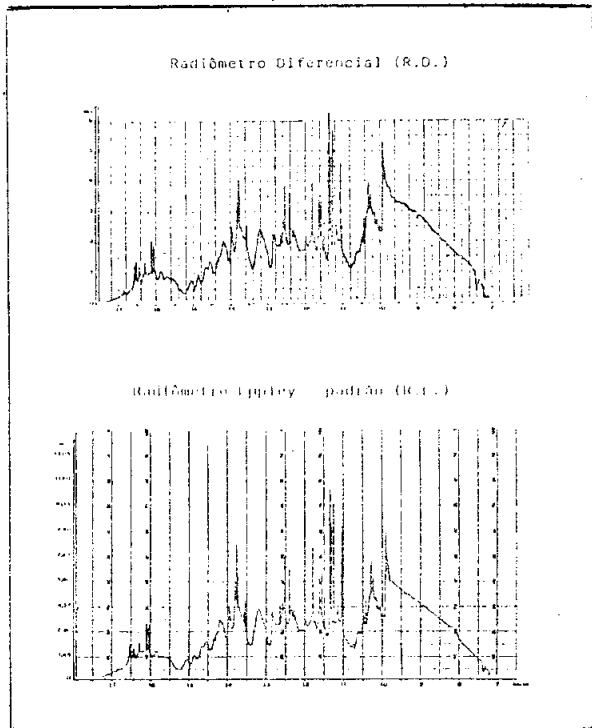


FIGURA 4 - Curvas de radiação solar, obtidas pelas R.D. e R.E., em dia com 3,00 horas de brilho solar

## CONCLUSÕES

O tempo de resposta é razoavelmente pequeno, significando que o aparelho responde rapidamente às variações da fonte.

Os erros de medidas, em função do efeito co-seno, estão dentro dos limites normais tolerados.

A cúpula de acrílico responderá de alguma forma seletiva nos comprimentos de onda próximos do limite inferior do espectro solar, mas para condições de mensuração acima de 300 nm, a sensibilidade espectral não introduzirá erros significativos no resultado final.

As análises estatísticas de regressões lineares, revelaram uma excelente linearidade de resposta entre os impulsos gerados pelo R.D. e o padrão R.E.

De acordo com os critérios de classificação da WMO, o Radiômetro Diferencial pode ser considerado de segunda classe.

## REFERÊNCIAS

- COULSON, K.L. 1975. Solar and terrestrial radiation. Measurements and methods. London. Academic Press. Cap. 84 p. 85-141.
- FRITSCHEN, L.J., 1965. Miniature net radiometer improvements. J. Appl. Meteor. New York Inc. p. 36-84.
- ROBINSON, N., 1966. Instruments and experimental methods. In: Solar radiation. Amsterdam, Elsevier Publishing. p. 222-316.
- SANTOS, J.M., 1957. Contribuição aos estudos para determinação do albedo. Piracicaba-SP. ESALQ-USP. 49 p. (Tese de Doutorado).
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1965. Measurement of radiation and sunshine. In: Guide to meteorological Instruments and Observing Practices. 2ª Ed., Chap. 9 WMO-8.