

DIFERENÇAS EM REGISTROS DE DURAÇÃO DE BRILHO SOLAR POR HELIÓ-
GRAFOS CAMPBELL-STOKES, DEVIDAS A TIPOS DE TIRA

TATIANA DEANE DE ABREU SÃ DINIZ¹

RESUMO - Foram comparadas, quanto à espessura, oito tipos de tira para heliôgrafo Campbell-Stokes, entre os quais o tipo padrão internacional, bem como foram comparados registros de duração do brilho solar mediante tiras dos tipos 1 (padrão) e 2, em relação ao tipo 3 (normalmente utilizado no CPATU). Observou-se que apenas as tiras dos tipos 1, 3 e 5 exibiram espessura média enquadrada nos limites preconizados internacionalmente ($0,4 \pm 0,05$ mm) e que, ao nível de 5% de probabilidade, foi evidenciada diferença significativa entre os registros obtidos com a tira tipo 2 e não significativa com a tira tipo 1, em relação aos obtidos com a tira tipo 3.

DIFERENCES IN SUNSHINE DURATION RECORDED BY CAMPBELL - STOKES
SUNSHINE RECORDS, DUE TO TYPES OF CHART

ABSTRACT - Eight types of chart for Campbell-Stokes sunshine recorders, including the international standard, were compared with respect to thickness, as well as were compared sunshine duration values recorded in charts type 1 (standard) and type 2, in relation to type 3 (usually adopted by CPATU). The results showed that the charts 1, 3 and 5 exhibited average thickness within the limits internationally accepted ($0,4 \pm 0,05$ mm); as well as, that at the level of 5% of probability, significant difference was found between values recorded by charts type 2 and 3 and no significant difference between those recorded by charts type 1 and 3.

1. Engº Agrº, M.Sc. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU), Caixa Postal 48, CEP 66.000 - Belém - Pará.

INTRODUÇÃO

O crescente interesse sobre radiação solar, aliado ao reduzido número de medição desse parâmetro, ora disponível no Brasil, vem forçando a utilização extensiva de métodos estimativos de radiação global que, em sua maioria, baseiam-se em totais de duração de brilho solar (SANTOS, RABISBONA & CARNEIRO 1966; CERVELLINI & SALATI 1966; OMETTO 1968; MOTA & BEIRSDORF 1971; SÁ 1973; MOTA, BEIRSDORF & ACOSTA 1977; NUNES *et al* 1978). Tais métodos apresentam como vantagem o fato de a duração do brilho solar ser regularmente medida através de heliógrafos Campbell-Stokes, em razoável número de estações, entretanto, vários aspectos limitam a precisão dessas estimativas, dentre os quais, a diversidade de tipos de tira nos heliógrafos.

A despeito de já haverem sido definidas as características das tiras padrão para heliógrafos Campbell-Stokes no tocante à espessura e qualidade do papel, bem como coloração de sua superfície e de suas divisões horárias (FRANÇA s.n.t.; COULSON 1975), tais especificações diferem em muito entre fabricantes e mesmo entre séries (ROBINSON 1966), acarretando diferentes respostas à radiação incidente, limitando, assim, a validade dos dados obtidos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a magnitude de diferenças em características e em desempenho, de diversos tipos de tira de heliógrafos Campbell-Stokes disponíveis, incluindo o tipo padrão internacional..

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados, quanto à espessura, oito tipos de tira para heliógrafos Campbell-Stokes, discriminados a seguir, mediante medições realizadas com micrômetro, em trinta amostras de cada tipo:

1. Tira padrão internacional (FRANÇA s.n.t.); (COULSON 1975), de coloração azul médio em ambas as faces, e com divisões horárias e semi-horárias em finos traços pretos;

2. Tira adotada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INEMET), apresentando coloração verde médio, apenas na face superior e com divisões horárias, semi-horárias e de décimos de hora, em fortes traços brancos;

3. Tira fabricada pela firma Thies Göttigen, usualmente adotado pelo CPATU, com coloração azul marinho apenas na face superior, e divisões horárias e semi-horárias em finos traços brancos;

4. Tira distribuída pela firma Negretti & Zambra, com coloração cinza-azulado escuro, apenas na face superior e divisões horárias e semi-horárias em finos traços brancos;

5. Tira com coloração preta apenas na face superior e divisões horárias e semi-horárias em fortes traços brancos;*

6. Tira com coloração preta, apenas na face superior, e com divisões horárias, semi-horárias e de décimos de hora, em finos traços brancos;*

7. Tira fabricada pela firma Controles Gráficos Darú S/A (Rio de Janeiro) com coloração verde médio, apenas na face superior, e divisões horárias e semi horárias em finos traços brancos;

8. Tira com coloração preta, apenas na face superior, e com divisões horárias, semi-horárias e de décimos de hora, em fortes traços brancos.*

Face à disponibilidade de equipamento e de tiras dos distintos tipos, só foi possível proceder a comparação dos valores medidos com as tiras dos tipos 1 e 2 com as do tipo 3.

Para a comparação das tiras dos tipos 2 e 3, utilizou-se totais mensais de duração do brilho solar obtidos durante o ano de 1979, em Belém, Pará, com dois heliógrafos Campbell-Stokes, fabricados pela Thies Göttigen, e foram comparadas as frequências das diferenças em totais diários de horas de brilho solar medidas por esses dois tipos de tira no decorrer do ano.

* Tira sem especificação de fabricante.

Adicionalmente, procedeu-se a comparação do horário de início de queima nesses dois tipos de tira, utilizando-se uma amostra constituída de 22 dias.

Com relação à avaliação da diferença do desempenho entre as tiras dos tipos 1 e 3 constou de comparação de valores diários de duração do brilho solar, obtidos com os aparelhos e local descritos, durante trinta e oito dias.

Na comparação das médias de espessura, bem como na da performance das tiras dos tipos 1 e 2 em relação ao tipo 3, utilizou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação das diferenças em espessura entre distintos tipos de tira de heliógrafos Campbell-Stokes evidenciou-se considerável variabilidade, o que foi confirmado pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 1). Observou-se que apenas as tiras dos tipos 1, 3 e 5 exibiram espessuras médias compatíveis com os limites exigidos internacionalmente, que correspondem a $0,4 \pm 0,05$ mm (COULSON 1975). Tais diferenças podem acarretar variações em registro, notadamente nas primeiras e últimas horas do dia, ou em situações de intermitência entre céu limpo e nublado.

Além da espessura, os oito tipos de tira variaram entre si com respeito à coloração da superfície e/ou coloração e traçado das linhas de divisões horárias. Tais diferenciações repercutem no albedo das tiras e, conseqüentemente, podem ocasionar diferenças em resposta, notadamente nos períodos mencionados com respeito à espessura.

Ao comparar-se totais mensais de duração do brilho solar, registrados com tiras dos tipos 2 e 3 (Fig.1), observou-se diferença significativa ao nível de 5% (Teste de Tukey). A diferença mais acentuada foi observada em dezembro (54 horas) e a menos acentuada em junho (23 horas).

Em termos diários, em cerca da metade dos dias estudados, ocorreram desvios de duração do brilho solar de 1 ou 2 horas, observando-se, ainda que em número reduzido, desvios da

ordem de até 4 horas (Fig. 2). Observou-se ainda, que na maioria dos dias, os desvios mostraram-se mais evidentes nas primeiras horas do dia, uma vez que, em Belém, é alta a nebulosidade nas últimas horas do dia, não acarretando, portanto, desvios nesse período.

A comparação entre horários de início de queima das tiras dos tipos 2 e 3 (Fig. 3) mostrou que os desvios menos acentuados ocorreram em dias em que o início da queima verificou-se mais tardiamente, ou seja, naquelas em que alta nebulosidade - foi verificada nas primeiras horas do dia.

O teste de Tukey (5% de probabilidade) não evidenciou diferença significativa entre os valores diários medidos em tiras dos tipos 1 e 3 (Fig. 4), sugerindo que tais tipos de tira apresentam desempenho equivalente.

CONCLUSÃO

1. As diferenças marcantes entre valores medidos com as tiras dos tipos 2 e 3, que exibem diferença em espessura média da ordem de 0,15 mm, sugerem diferenças nas respostas de tiras com idêntica magnitude de variação quanto à espessura.

2. A tira do tipo 3 apresentou desempenho comparável à do tipo 1 (padrão) podendo, dessa forma, substituí-la satisfatoriamente.

3. As diferenças em resposta quanto ao tipo de tira, ocorrem, principalmente, nas primeiras horas do dia, e em menor escala, nas últimas horas do dia, ou em períodos intermediários, durante a alternância de condições de céu claro com as de céu nublado.

4. É importante que as instituições usuárias desse tipo de material, bem como seus fabricantes, procurem chegar a um consenso sobre sua padronização.

TABELA 1 - Desvio padrão, média e teste de Tukey (probabilidade = 5%) para espessura (mm) de diferentes tipos de tira de heliógrafos Campbell-Stokes.

Tipos de tira	Desvio Padrão	Média	Contraste
7	0,0078	0,55	a
2	0,0084	0,54	a
4	0,0128	0,48	b
5	0,0077	0,44	c
1	0,0148	0,42	d
3	0,0105	0,39	e
6	0,0143	0,29	f
8	0,0078	0,28	f

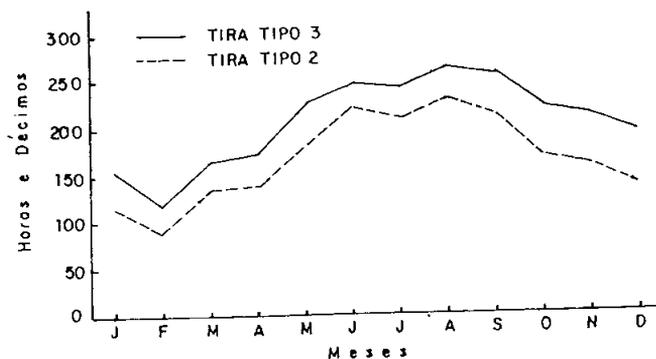


FIGURA 1 - Comparação entre totais mensais de duração do brilho solar (horas/mês) registrados com tiras dos tipos 2 e 3.

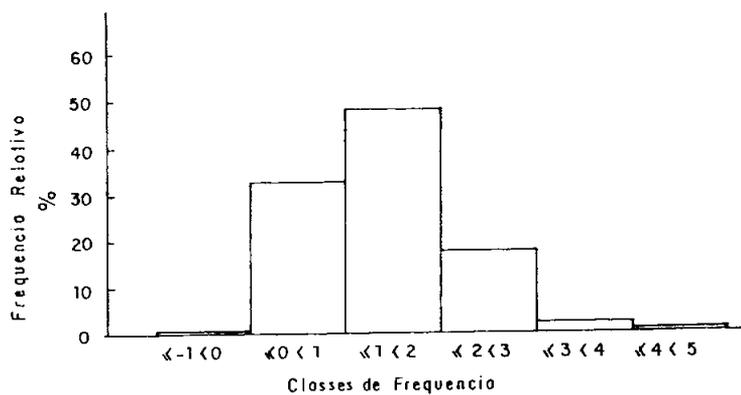


FIGURA 2 - Histograma de frequência relativa das diferenças em totais diários de duração do brilho solar registrados com tiras dos tipos 2 e 3.

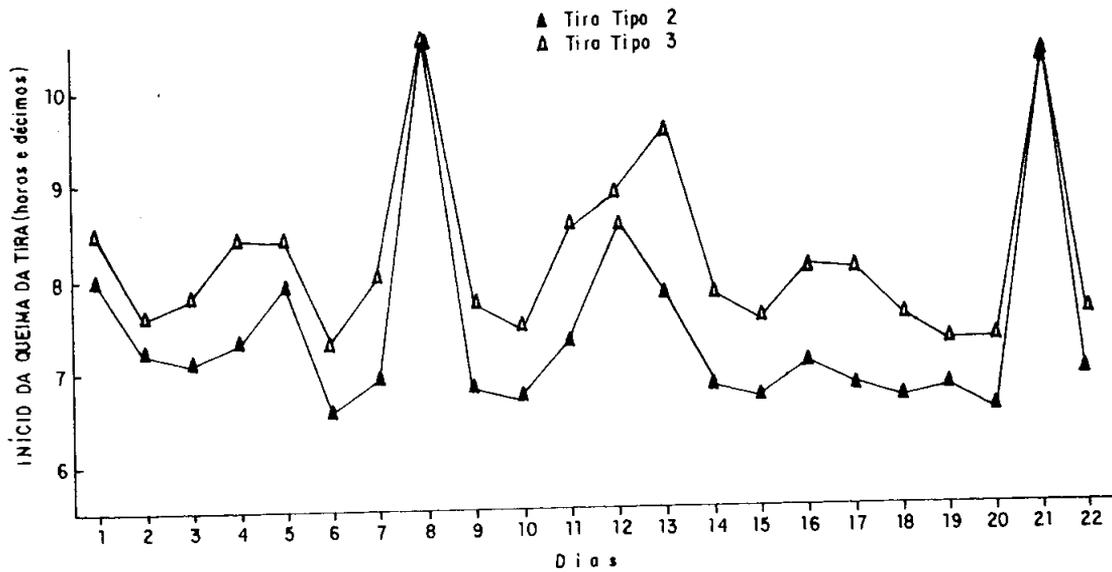


FIGURA 3 - Comparação entre horas de início da queima de ti ras de heliôgrafos dos tipos 2 e 3.

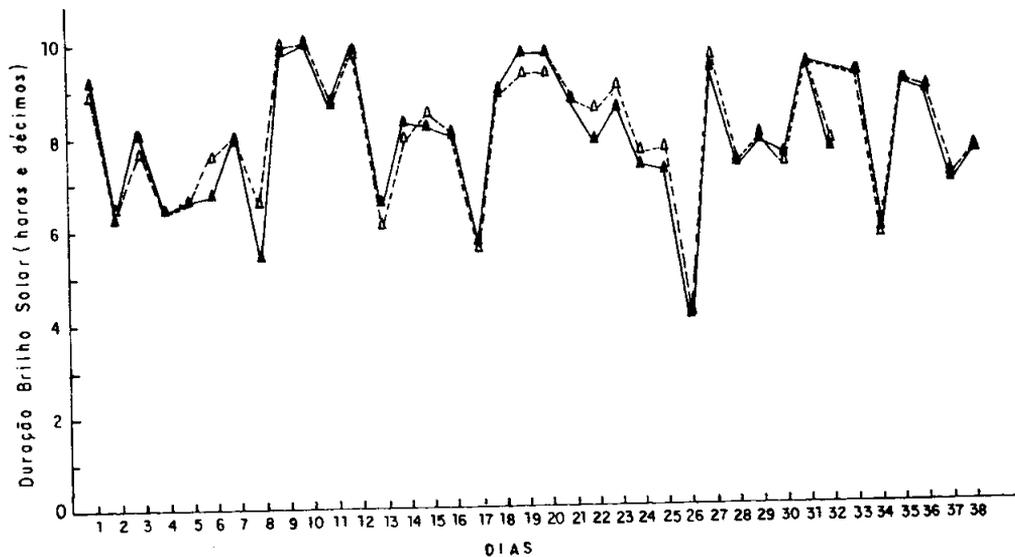


FIGURA 4 - Comparação entre valores diários de duração de brilho solar registrados através de tiras do tipo 1 (padrão) e tipo 3.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, D. da C.; ARAUJO, M.I.M. de; BRITO, J.I.B. de & OLIVEIRA, N.M.C. Medidas e estimativas da radiação solar global no Brasil. Campina Grande, 1980. 4p. (Trabalho apresentado no I Congresso Brasileiro de Meteorologia).
- CERVELLINI, A & SALATI, E. Estimativa da distribuição da energia solar no Estado de São Paulo. Bragantia, 25(3):31-40, 1966.
- COULSON, K.L. Solar and terrestrial radiation. Methods and measurements. New York, Academic Press, 1975, 322p.
- FRANÇA. Direction de la meteorologie. Centre Technique et du material. Division Technique. Pour la fourniture de: carton d'heliographe Campbell-Stokes. s.n.t. (Cahier des specifications Techniques, A00-1500).
- MOTA, F.S. da & BEIRSDORF, M.I.C. Novas estimativas da radiação solar sobre o sul do Brasil. Ciência e Cultura, 23 (5) 573-576, 1971.
- MOTA, F.S. da; BEIRSDORF, M.I.C. & ACOSTA, M.J.C. Estimativa preliminar da radiação solar no Brasil. B. Téc. Dep. Nac. Meteorol., 14:42-58, 1977.
- NUNES, G.S.S.; ANDRÉ, R.G.B.; VIANELLO, R.L. & MARQUES, V.S. Estudo da distribuição de radiação solar incidente sobre o Brasil. São José dos Campos, INPE, 1978. 45p.
- OMETTO, J.C. Estudo das relações entre: radiação solar global, radiação líquida e insolação. Piracicaba, ESALQ, 1968. 64p. Tese Doutorado.
- ROBINSON, N. Solar radiation. New York, Elsevier, 1966, 347p.
- SÁ, D.F. de. Alguns aspectos da energia solar em Mandacaru. B. Rec. Nat. SUDENE, 11(1/2):11-26, 1973.
- SANTOS, J.M. dos; RATISBONA, L.R. & CARNEIRO, L.M.P. Estimativa da distribuição da radiação solar no Estado do Rio de Janeiro. Bol. Téc. Serv. Meteorol., 3:1-8, 1966.