



## COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM CRUZ DAS ALMAS, BA, EM ESCALA DIÁRIA E DECENDIAL.

NIVIA RIOS RIBEIRO<sup>1</sup>, MAURICIO ANTONIO COELHO FILHO<sup>2</sup>, TIBÉRIO SANTOS MARTINS DA SILVA<sup>3</sup>, EUGÊNIO FERREIRA COELHO<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Estagiária da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, estudante de geografia da UNEB.

<sup>2</sup> Doutor, Pesquisador, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, Caixa postal 07.

<sup>3</sup> Mestre, Analista, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA.

<sup>4</sup> PhD, Pesquisador, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, Caixa postal 07.

Apresentado no  
XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
30 de julho a 02 de agosto de 2007 – Bonito – MS

**RESUMO:** Avaliou-se o desempenho de oito modelos climatológicos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em Cruz das Almas a partir de dados obtidos em estação meteorológica automática, entre janeiro de 2003 e fevereiro de 2006. As ferramentas de análise foram coeficiente angular (Y) da reta de regressão, índice de correlação (r), índice de exatidão (d) (WILLMOTT et al., 1985) e índice de desempenho ou confiança (c) (Camargo & Sentelhas, 1997). As melhores estimativas diárias da ET<sub>o</sub> foram obtidas pelo modelo de Priestley-Taylor ( $r^2 = 0,957$ ). Os resultados indicaram estimativas mais precisas na escala decendial, para todos os métodos analisados, destacando-se Thornthwaite, com  $r^2 = 0,794$  e erro médio de 1%. O Tanque Classe A apresentou os piores resultados diários e decendiais, com  $r^2 = 0,572$  e  $r^2 = 0,776$ , respectivamente.

**PALAVRAS CHAVES:** evapotranspiração de referência, escala diária, escala decendial.

### COMPARISON OF METHODS FOR ESTIMATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION BY DAILY AND TEN DAYS SCALE IN CRUZ DAS ALMAS, BAHIA STATE

**ABSTRACT:** The work was made with 2003-2006 period of data obtained in the meteorological station of Embrapa Mandioca e Fruticultura located at Cruz das Almas, Bahia State. The analysis tools were angular coefficient of the regression linear model, correlation index (r), accuracy index (d) (WILLMOTT et al., 1985) and performance or confidence index (c) (Camargo & Sentelhas, 1997). The better daily estimates of ET<sub>o</sub> were obtained by Priestley-Taylor model ( $r^2 = 0,957$ ). The results indicated better estimates for ten days scale for all analyzed methods, but the Thornthwaite one performed reasonably with  $r^2 = 0,794$  and mean error of 1%. The A pan method showed the worst results either by daily or ten days scales, with  $r^2 = 0,572$  and  $r^2 = 0,776$ , respectively.

**KEY WORDS:** Reference evapotranspiration, daily scale, ten days scale.

**INTRODUÇÃO:** A agricultura irrigada é uma das atividades que mais consomem água no mundo inteiro. No Brasil a ocorrência de deficiências hídricas sazonais em regiões de vocação agrícola, aliada aos conflitos entre os múltiplos setores usuários tem aumentado a importância de estudos que visem a racionalização desse recurso natural. SENTELHAS (2001) aborda que nesta última década, com o aumento da conscientização para a preservação dos recursos naturais e com a popularização das estações meteorológicas automáticas, o uso dos métodos de estimativa de evapotranspiração de cultura baseados em dados meteorológicos cresceu acentuadamente. Em todo o Brasil o registro das variáveis meteorológicas tem sido

operados manualmente (estações convencionais). Porém não há como desconsiderar as contribuições da automatização dos sistemas de coletas de dados, que melhor caracterizam as condições meteorológicas, nos estudos de irrigação. Entre os diversos modelos climatológicos de estimativa da evapotranspiração, o modelo elaborado por Penman-Monteith (ALLEN et al, 1998), é considerado padrão de estimativa de evapotranspiração. Mas por ser um método que exige um grande número de variáveis meteorológicas, sua aplicabilidade se torna restrita, enquanto outros métodos são caracterizados pela simplicidade, como é o caso dos métodos de Thornthwaite (1948) e Hargreaves & Samani (1985), que por não serem de aplicação universal, necessitam, muitas vezes, de ajustes locais. O presente trabalho objetivou testar o desempenho de oito modelos climatológicos de estimativa de evapotranspiração (ET<sub>o</sub>) diária e decenal, tendo como referência o modelo de Penman-Monteith, nas condições climáticas de Cruz das Almas, Estado da Bahia.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O trabalho foi realizado utilizando-se série de dados em escala diária e decenal compreendida entre os anos de 2003 a 2006 obtidos pela estação meteorológica localizada na Embrapa Mandioca e Fruticultura, na cidade de Cruz das Almas, BA (latitude 12° 40' 39" Sul, longitude 39° 06' 23" W e altitude 225m). A média anual da precipitação é aproximadamente 1100 mm, ocorrendo o período úmido nos meses compreendidos entre março e agosto, ocorrendo excedente hídrico durante os meses de maio a julho e déficit hídrico nos meses de janeiro a março e de setembro a dezembro conforme balanço hídrico feito pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955). Usou-se o modelo de PENMAN-MONTEITH modificado por ALLEN ET AL (1998), como ferramenta de comparação com os modelos de PRIESTLEY-TAYLOR (1972), HARGREAVES & SAMANI (1985), THORNTHWAITE (1948), PENMAN modificada por THOM & OLIVER (1977), RADIAÇÃO SOLAR (1977), JENSEN & HAISE (1963), BLANEY & CRIDDLE adaptada por FREVERT ET AL. (1983) e TANQUE CLASSE A recomendado pela FAO (Doorenbos & Pruitt, 1977). A análise comparativa foi feita por meio da equação de regressão com intercepto forçado em zero ( $Y = B * X$ ), do coeficiente de correlação ( $r$ ), índice de Willmott ( $d$ ) (WILLMOTT et al., 1985) e pelo indicador de confiança ou desempenho ( $c$ ) (CAMARGO, 1997), que representam respectivamente a precisão, a exatidão e o desempenho de cada método. O índice  $d$  e  $c$  são calculados pelas expressões:

$$d = 1 - [ \sum (P_i - O_i)^2 / \sum (|P_i - O| + |O_i - O|)^2 ] \quad \text{eq.1}$$

$$c = r * d \quad \text{eq. 2}$$

Onde:  $P_i$  é o valor estimado,  $O_i$  o valor observado e  $O$  média de  $O_i$ . O índice  $c$  é interpretado pela Tabela 1.

Tabela 1- Critério de interpretação do desempenho dos métodos de estimativa da ET<sub>p</sub>, pelo índice  $c$ .

Valor de $c$	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
≤ 0,40	Péssimo

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** As Tabela 1 e 2 mostram respectivamente os índices estatísticos escolhidos para comparação dos modelos em questão. A primeira vista facilmente se observa que o desempenho dos modelos em escala decenal foi superior aos em escala diária, o

que já era esperado, pois a média de dez dias diminui a dispersão dos dados diários, porém os modelos não apresentaram a mesma relação de desempenho entre si nos dois tipos de escala. Essa alternância de desempenho pode ser explicada pelo tipo de variáveis de entrada dos modelos. Assim, modelos que são fortemente influenciados pela temperatura como BLANEY & CRIDDLE (adaptado), HARGREAVES & SAMANI (1985) e THORNTHWAITE (1948) sofrem sensíveis variações ao serem analisados sob condição de dados decenal e diário como visto nas Tabelas 1 e 2. Cinco modelos entre os oito estudados apresentaram classificação de desempenho c entre muito bom a ótimo nas duas escalas. Apesar da maioria dos modelos, com exceção dos modelos de THORNTHWAITE (1948) e TANQUE CLASSE A, terem apresentado valores de r acima de 0,8346, o coeficiente angular Y das equações apresentou estimativas para mais ou para menos do método padrão. O modelo de PENMAN (modificado) nas duas escalas apresentou valor de r igual a 0,9990 quase igual a 1,0, demonstrando precisão superior a todos os outros modelos, resultado esperado pois a equação de PENMAN-MONTEITH modificado por Allen et al (1998), tem sua origem na equação de PENMAN. No entanto, o coeficiente angular da equação (y) aponta uma superestimativa de 17,75% em relação à equação padrão, razão que faz este modelo apresentar índice c inferior aos modelos de PRIESTLEY & TAYLOR (1972) e JENSEN & HAISE (1963) em escala diária e inferior aos modelos de PRIESTLEY & TAYLOR (1972), HARGREAVES & SAMANI (1985), BLANEY & CRIDDLE (adaptado) e JENSEN & HAISE (1963) em escala decenal.

Tabela 2. Índices r, d e c e interpretação para os valores do índice c dos modelos de estimativa de ETo em escala diária.

Modelo	y	r	d	c	Interpretação de c
Priestley & Taylor (1972)	1,0889	0,9783	0,9666	0,9456	Ótimo
	0,9415	0,9703	0,9554	0,9270	Ótimo
Jensen & Haise (1963)	1,1775	0,9990	0,9238	0,9228	Ótimo
Penman (modificado)	0,8575	0,9241	0,9026	0,8340	Muito bom
Blaney & Criddle (adaptado)	1,0873	0,8967	0,9291	0,8332	Muito bom
	1,2674	0,9351	0,8186	0,7655	Muito bom
Hargreaves & Samani (1985)	0,9623	0,7868	0,9097	0,7157	Bom
	1,1679	0,7699	0,7990	0,6152	sofrível
Radiação Solar (1977)					
Thornthwaite (1948)					
Tanque Classe A					

Tabela 1. Índices r, d e c e interpretação para os valores do índice c dos modelos de estimativa de ETo em escala decenal.

Modelo	y	r	d	c	Interpretação de c
Priestley & Taylor (1972)	1,0777	0,9678	0,9600	0,9291	Ótimo
	1,1048	0,9777	0,9444	0,9233	Ótimo
Hargreaves & Samani (1985)	0,8827	0,9760	0,9344	0,9120	Ótimo
	0,888	0,9743	0,9282	0,9044	Ótimo
Blaney & Criddle adaptado	1,1754	0,9990	0,8982	0,8973	Ótimo
	1,0015	0,8915	0,9500	0,8469	Muito bom
Jensen & Haise (1963)	1,2429	0,8940	0,7658	0,6847	Bom
Penman modificado	1,2884	0,8346	0,7212	0,6019	sofrível
Thornthwaite (1948)					
Radiação Solar (1977)					
Tanque Classe A					



**CONCLUSÃO:** As equações que apresentaram as melhores aproximações do método padrão, PENMAN-MONTEITH modificado por Allen et al (1998), são: 1) PRIESTLEY & TAYLOR (1972), JENSEN & HAISE (1963), PENMAN (modificado) e BLANEY & CRIDDLE (adaptado) em escala diária e decenal; 2) HARGREAVES & SAMANI (1985) em escala decenal. O Tanque Classe A apresentou os piores resultados nas duas escalas ( $r^2=0,5721$  e  $r^2 = 0,696$ ).

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALLEN, R.G. et al. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- CAMARGO, A. P. DE; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da Evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- DORENBOS, J.; PRUITT, W.O. Crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 144p. (FAO. Irrigation and Drainage, 24).
- FREVERT, D. R., HILL, R. W. BRAATEN, B. C. Estimation of FAO evapotranspiration coefficients. Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, v. 109, p. 265-270. 1983.
- PEREIRA, A. R.; NOVA, N.A.V.; SEDIYAMA, G.C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p
- THOM, A.S.; OLIVER, H.R. On Penman's equation for estimating regional evaporation. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, London, v. 103, n. 436, p. 345-357, 1977.
- WILLMOTT, C.J., ACKLESON, S.G., DAVIS, R.E. et al. Statistics for the evaluation and comparison of models. Journal of Geophysical Research, Ottawa, v. 90, n. C5, p. 8995-9005. 1985.