

MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET_o) PARA CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

B.S. ESTEVES¹; J.C. MENDONÇA²; E.F. SOUSA³; R.A. MUNIZ⁴.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de quatro metodologias de estimativa de ET_o em períodos de 1, 3, 5 e 10 dias, comparando-as com o método de Penman-Monteith parametrizado (FAO 56). Os métodos avaliados foram os de Hargreaves-Samani (H-S), Linacre (LIN), método simplificado de Penman (MSP) e Jansen-Haise (J-H). Foram utilizados 10 anos de dados coletados em uma estação automática, modelo Thies Clima, instalada na Estação Evapotranspirométrica da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF). Os resultados obtidos foram analisados através da regressão linear e pelos cálculos do índice de concordância de Wilmontt (D), do erro médio absoluto (EMA), do erro máximo absoluto (EMAX) e da eficiência do método (EF). Os resultados obtidos indicam que dentre os métodos avaliados o melhor para a estimativa de ET_o em Campos dos Goytacazes, RJ, foi o de Hargreaves-Samani, mantendo sua eficiência acima de 0,82 em todos os períodos estudados.

PALAVRAS-CHAVE: agrometeorologia, manejo de irrigação, Penman-Monteith

ESTIMATION METHODS OF REFERENCE CROP EVAPOTRANSPIRATION (ET_o) FOR CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ

SUMMARY: The goal of this study was to evaluate the performance of four methods of estimating ET_o in periods of 1, 3, 5 and 10 days, compared to the method of Penman-Monteith parametric (FAO 56). The methods were evaluated: Hargreaves-Samani (HS), Linacre (LIN), Penman (MSP) and Jansen-Haise (JH). Ten years of data sampled at a station automatic, Thies Climate model, installed at the Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) were used. The results were analyzed by linear regression and calculations of the index of agreement of Wilmontt (D), the mean absolute error (EMA), the absolute maximum error (EMAX) and the efficiency of the method (RU). The results indicate that among the

¹Bolsista de iniciação científica, Laboratório de Meteorologia/Centro de Ciências e Tecnologias/Universidade Estadual do Norte Fluminense. Av. Alberto Lamego, 2000, Campos dos Goytacazes, RJ. CEP 28013-600. E-mail: barbbarase@yahoo.com.br

²Professor Visitante, LAMET/CCT/UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.

³Professor Adjunto, LEAG/CCTA/UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.

⁴Bolsista de iniciação científica, LAMET/CCT/UENF, Campos dos Goytacazes, RJ.

methods evaluated for the best estimate of ETo in Campos dos Goytacazes, RJ, was Hargreaves-Samani, while maintaining its efficiency over 0.82 in all periods studied.

KEY WORDS: agrometeorology, irrigation management, penman monteith

INTRODUÇÃO

Segundo ALLEN et al. (1998), evapotranspiração de referência pode ser definida como a evapotranspiração de uma cultura hipotética, com altura fixa de 0,12 m, albedo igual a 0,23 e resistência da superfície da cultura ao transporte de vapor d'água igual a 70 s.m^{-1} , de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, e sem restrição hídrica.

Segundo PARIZI et al. (2006) a escolha do método de estimativa deve ser baseado em função da disponibilidade dos dados climáticos, da precisão requerida, da conveniência e dos custos. Em projetos de irrigação são requeridos períodos curtos, diários a no máximo quinzenais, sendo necessárias pesquisas para se avaliar a eficiência das metodologias nessas condições.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de quatro metodologias de estimativa de ETo em períodos de 1, 3, 5 e 10 dias, comparando-as com o método de Penman-Monteith parametrizado (FAO 56). Os métodos avaliados foram os de Hargreaves-Samani (H-S), Linacre (LIN), método simplificado de Penman (MSP) e Jansen-Haise (J-H).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 10 anos de dados coletados em uma estação automática, modelo Thies Clima, instalada na Estação Evapotranspirométrica da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), localizada nas coordenadas geográficas de $21^{\circ}18'47''$ de latitude Sul e $41^{\circ}18'24''$ de longitude Oeste e altitude de 11 metros. Foram excluídos dados de dias chuvosos e um dia posterior a estes, além de dias em que ocorreram manutenção de equipamentos, irrigação do gramado e eventuais anormalidades. Para a análise dos períodos de 3, 5 e 10 dias foram feitas médias móveis das estimativas diárias dos métodos.

a) Método de Penman-Monteith parametrizado (ETo^{PM})

Para estimativa da ETo pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (ALLEN et al., 1998), foi utilizada a seguinte equação:

$$ETo^{PM} = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

em que, ETo é a evapotranspiração de referência, em mm.dia⁻¹; Rn é o saldo de radiação e G é o fluxo de calor no solo, ambos em MJ.m⁻².dia⁻¹; T é a temperatura média diária do ar, em °C; γ a constante psicrométrica, em kPa.°C⁻¹; Δ é a tangente da curva de pressão de saturação de vapor em função da temperatura do ar, em kPa.°C⁻¹; U₂ é a velocidade média diária do vento a 2 m de altura, em m.s⁻¹; e_a é a pressão atual de vapor, em kPa; e_s pressão de saturação de vapor à temperatura da superfície, em kPa.;

b) Método de Hargreaves-Samani (H-S)

Esse método necessita apenas de dados de temperatura do ar e da radiação solar extraterrestre para estimar a ETo. Para a sua aplicação utilizou-se a seguinte equação:

$$EToHS = 0,0023 Ra (T_{máx} - T_{mín})^{0,5} (T + 17,8) \quad (2)$$

em que Ra é a radiação solar extraterrestre, em mm.dia⁻¹; T_{máx} é a temperatura máxima do ar em °C; T_{mín} é a temperatura mínima do ar, em °C.

c) Método de Linacre (LIN)

Para a estimativa da ETo pelo método de Linacre utilizou-se a equação 3:

$$EToL = \frac{\frac{J(T + 0,006h)}{100 - \phi} + 15 (T - To)}{80 - T} \quad (3)$$

em que J é uma constante adimensional igual a 700; h é altitude local em metros; ϕ é a latitude local em graus e To é a temperatura do ponto de orvalho. A temperatura do ponto do orvalho (To) pode ser estimada pela equação 4:

$$To = \frac{237,3 \log(ea) - 156,8}{8,16 - \log(ea)} \quad (4)$$

em que e_a é a pressão atual de vapor de água, em kPa, determinada pela equação 5:

$$ea = es(T) 0,01UR(\%) \quad (5)$$

em que UR% é a umidade relativa e e_s é a pressão de saturação de vapor para um período determinado, em KPa.

d) Método de Jansen-Haise (J-H)

O método de Jensen-Haise estima a ETo pela seguinte equação:

$$EToJH = Rs(0,0252T + 0,078) \quad (6)$$

e) Método Simplificado de Penman (MSP)

A ETo estimada pelo MSP, proposta por VILLA NOVA et al., (2006) foi obtida a partir da equação 7:

$$EToMSP = 0,408 \frac{(Rn - G)}{(2 - W)} \quad (7)$$

Para análise estatística utilizou-se a regressão linear considerando o modelo linear $y = a + bx$, na qual a variável dependente foi o método de Penman-Monteith (ETo^{PM}), e a variável independente, cada um dos métodos citados. Utilizou-se ainda o índice de concordância de Willmott (D) que é um índice que varia de 0 a 1, em que 1 representa 100% de concordância e 0 é sem nenhuma concordância, o erro médio absoluto (EMA), o erro máximo (EMAX) e a eficiência do método (EF), com base nas equações 8, 9, 10 e 11:

$$D = 1 - \frac{\sum (O - E)^2}{\sum (|E - X| + |O - X|)^2} \quad (8) \quad EMA = \frac{1}{n} \sum |O - E| \quad (9)$$

$$EMAX = MAX(|O - E|)^n \quad (10) \quad EF = \frac{\sum (O - X)^2 + \sum (O - E)^2}{\sum (O - X)^2} \quad (11)$$

em que: O = valores estimados por ETo^{PM} ; E = valores estimados pelos demais métodos; X = média dos valores ETo^{PM} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados referentes à análise estatística dos métodos em relação a Penman-Monteith nos períodos de 1, 3, 5 e 10 dias, respectivamente.

Tabela 1 – Parâmetros estatísticos entre os valores estimados por ETo^{PM} e estimados pelos demais métodos

Intervalo (Dias)	b	EF	D	EMAX (mm dia ⁻¹)	EMA (mm dia ⁻¹)	R ²
Jensen-Haise						
1	0,80	0,34	0,89	2,80	1,00	0,92
3	0,81	0,26	0,88	2,50	0,96	0,94
5	0,81	0,23	0,88	2,39	0,95	0,94
10	0,81	0,19	0,87	2,28	0,95	0,95
Lincro						
1	0,95	0,51	0,78	3,08	0,84	0,54
3	0,94	0,57	0,82	2,37	0,73	0,61
5	0,94	0,60	0,83	2,05	0,68	0,64
10	0,94	0,62	0,85	1,79	0,63	0,67
Hargreaves-Samani						
1	1,02	0,83	0,95	2,18	0,46	0,84
3	1,02	0,88	0,96	1,54	0,34	0,89
5	1,02	0,90	0,97	1,42	0,29	0,91
10	1,02	0,93	0,98	1,24	0,24	0,93
Método Simplificado de Penman						
1	1,16	0,72	0,93	2,45	0,66	0,89
3	1,16	0,69	0,93	1,95	0,66	0,91
5	1,16	0,68	0,93	1,85	0,66	0,91
10	1,16	0,67	0,93	1,45	0,66	0,92

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 estão apresentadas as relações entre a ETo calculada pelo método de ETo^{PM} e estimada pelos demais métodos avaliados. Observando os valores apresentados na Tabela 1, verifica-se que para todos os métodos avaliados houve acréscimo de R² e do índice de concordância de Wilmontt (D) à medida que se aumentou os períodos avaliados. Esta constatação concorda com MENDONÇA et al.(2003). Em relação à eficiência, também houve melhoria nos índices dos métodos de Hargreaves-Samani e Linacre, em que as eficiências variaram de 0,83 para 0,93 (de 1 dia para 10 dias, para H-S) e 0,51 para 0,62 (de 1 dia para 10 dias, para LIN). O mesmo ajustamento não ocorreu para Jansen-Haise e o método simplificado de Penman, em que suas eficiências decaíram com o incremento dos períodos analisados, sendo a variação para J-H de 0,34, para 1 dia, para 0,19 em 10 dias. Para o método MSP a variação foi de 0,72 para 0,67.

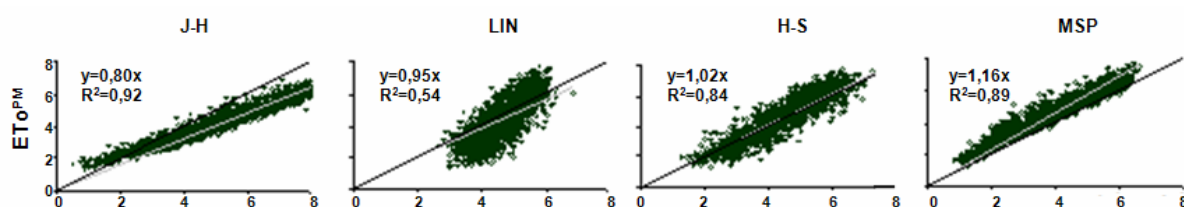


Figura 1 - Correlações entre os valores da ETo estimados pelo método de Penman-Monteith e os demais métodos avaliados, em mm dia⁻¹, no período de 1 dia, em Campos dos Goytacazes, RJ.

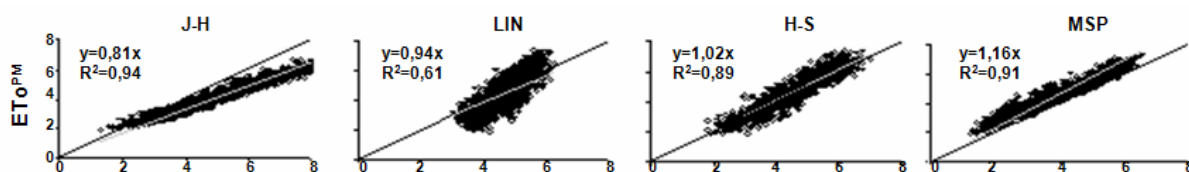


Figura 2 - Correlações entre os valores da ETo estimados pelo método de Penman-Monteith e os demais métodos avaliados, em mm dia⁻¹, no período de 3 dias, em Campos dos Goytacazes, RJ.

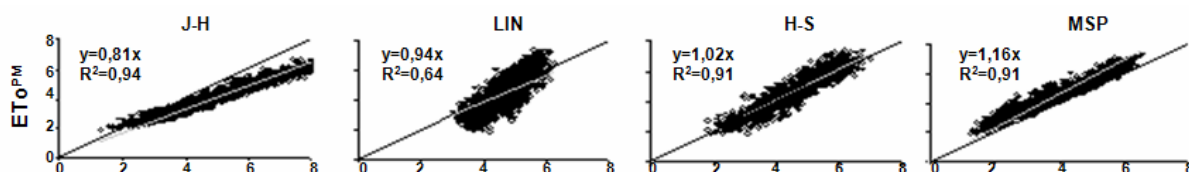


Figura 3 - Correlações entre os valores da ETo estimados pelo método de Penman-Monteith e os demais métodos avaliados, em mm dia⁻¹, no período de 5 dias, em Campos dos Goytacazes, RJ.

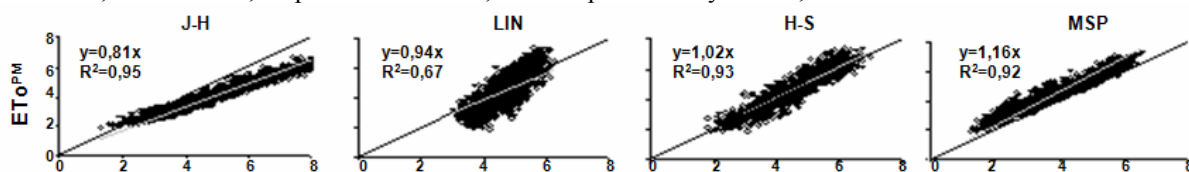


Figura 4 - Correlações entre os valores da ETo estimados pelo método de Penman-Monteith e os demais métodos avaliados, em mm dia⁻¹, no período de 10 dias, em Campos dos Goytacazes, RJ.

Em relação ao erro máximo e o erro médio todos os métodos obtiveram melhoria nos seus índices (Tabela 1). As Figuras 1, 2, 3 e 4 demonstram a dispersão dos métodos em relação a Penman-Monteith parametrizado.

CONCLUSÕES

O melhor método avaliado para estimativa da evapotranspiração de referência em Campos dos Goytacazes foi o de Hargreaves Samani para todos os períodos analisados. Os métodos de Linacre e de Jansen-Haise não são recomendados para esta região pelas suas baixas eficiências. Quanto ao método simplificado de Penman é recomendável apenas para o período de 1 dia, haja vista que sua eficiência decaiu com o incremento dos períodos analisados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. Irrigation and Drainage Paper 56, Rome FAO, 301p. 1998.

PARIZI, A. R. C.; GOMES, A. C. S.; PEITER, M.X.; ROBAINA, A. D.; SOARES, F. C. Avaliação de métodos de evapotranspiração de referência para a região de São Borja – RS. Anais XIV CBMET, 2007 (CD-ROM).

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S; DIAS, G.P, & GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração potencial de referencia (ET_o) para região Norte Fluminense, RJ. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.2, p.275-279. 2003.

VILLA NOVA, N. A.; MIRANDA, J.H.; PEREIRA, A.B.; SILVA, K.O. Estimation of the potential evapotranspiration by a simplified Penman method. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.3, p.713-721. 2006.