



ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM UMA LOCALIDADE DO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE

EDMIR DOS SANTOS JESUS¹, ARTHUR MATTOS², NILZELE DE VILHENA GOMES
JESUS³

¹Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas, PPGCC/UFRN, Natal-RN, (84)9631-7681, edtempo@hotmail.com

²Prof. Adjunto do PPGCC/UFRN, armattos@ct.ufrn.br

³Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, PPGMET/UFCG, nilzele@gmail.com

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 2 a 6 de setembro de
2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Nunes - Universidade Federal do Pará –
Belém-PA

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) mensal para o município de Serra Negra do Norte, localizado na microrregião do Seridó no Estado do Rio Grande do Norte no ano de 2004 e avaliar o desempenho dos métodos utilizados. Para isso utilizou-se dos modelos empíricos de Penman-Monteith (ET_oPM), Priestley-Taylor (ET_oPT), Penman (ET_oPE), Hargreaves-Modificado (ET_oHM) e Morton (ET_oMO). E assim, os resultados foram correlacionados com a ET_oPM, tendo como padrão, para verificar o desempenho dos métodos aos valores obtidos de ET_o por meio de índices estatísticos (concordância de Willmott). Verificou-se que as correlações da ET_oPE e ET_oHM com ET_oPM, obtiveram o melhor ajuste, pois os mesmos respondem bem as variações de temperatura do ar e saldo de radiação em boa parte do ano. Concluindo que as estimativas por HM e PE foram os que apresentaram “Muito bom” desempenho através do teste estatístico, o que evidencia que os métodos podem ser utilizados na forma proposta para estimativa da ET_o deste local.

Palavras-chave: evapotranspiração; índice de Willmott; Penman-Monteith

ESTIMATE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN A TOWN OF SEMIARID RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRACT - The objective of this study was to estimate the reference evapotranspiration (ET_o) monthly for the municipality of Serra Negra do Norte, located in the micro Seridó in the State of Rio Grande do Norte in 2004 and evaluate the performance of the methods used. For this we used empirical models of Penman-Monteith (ET_oPM), Priestley-Taylor (ET_oPT), Penman (ET_oPE), Modified-Hargreaves (ET_oHM) and Morton (ET_oMO). And so, the results were correlated with ET_oPM, having as standard, to verify the performance of the methods ET_o values obtained through statistical indices (Willmott agreement). It was found that the correlations of ET_oPE and ET_oHM with ET_oPM, obtained the best fit, as they respond well to changes in air temperature and net radiation over much of the year. Concluding that the estimates for PE and HM were those with "Very Good" performance by the statistical test,





which shows that the methods can be used in the manner proposed for estimating ETo this site.

Keywords: evapotranspiration; Wilmott indice; Penman-Monteith

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração sob condições de restrições hídricas constitui um processo muito complexo e de difícil dedução por métodos climatológicos. O estado da água disponível ao ambiente radicular das plantas cultivadas e na superfície do solo, afeta significativamente a razão de evapotranspiração (MOTA, 1977). Na agricultura, informações quantitativas da evapotranspiração são de grande importância na avaliação da severidade, distribuição e frequência dos déficits hídricos, elaboração de projetos e manejo de sistemas de irrigação e drenagem (HENRIQUE & DANTAS, 2007). Em regiões semiáridas o déficit observado no balanço hídrico anual constitui um grave problema as atividades agropecuárias, pois a deficiência hídrica limita à produção agrícola, diminui a disponibilidade de água para dessedentação animal e consumo humano, sendo assim fonte de risco agrícola nestas áreas. Desta forma a quantificação da evapotranspiração assume particular importância em virtude destes eventos de déficit hídrico, ajudando no planejamento agrícola, indicando o período de escassez de água e assim buscando-se formas de as culturas para que não haja perda da agrícola. Dentre os vários tipos de evapotranspiração, destaca-se a evapotranspiração de referência (ET_o), que é uma variável relevante para o planejamento de irrigação de fácil obtenção por ser afetada apenas pelos fatores climáticos (SOUSA *et al.*, 2010). O objetivo do presente estudo foi de estimar a ET_o mensal para o município em questão e avaliar o desempenho dos modelos empíricos utilizando de índice estatístico.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Serra Negra do Norte situa-se microrregião do Seridó do Estado do Rio Grande do Norte à 331 km de Natal, entre as latitude Sul de 6°27' e 6°42' e longitude Oeste de 37°13' e 37°27', à altitude de 167m. Climatologicamente o município é descrito com temperatura média anual de 26,7°C; umidade relativa de 65%; precipitação anual de 780,7 mm e velocidade do vento de 1,2m/s. Foram utilizados dados diários de temperatura do ar, umidade relativa do ar, insolação (horas de brilho solar), pressão atmosférica e velocidade do vento a 2 metros, provenientes da estação meteorológica convencional instalada na Estação Ecológica do Seridó/IBAMA.

Os métodos de estimativas utilizados nesse estudo foram:

O método de Penman-Monteith utiliza a Eq. 1, de acordo com o Boletim 56/FAO (Allen *et al.*, 1998), considerando-se a resistência estomática de 70 s/m, a altura da cultura hipotética fixada em 0,12 m e albedo de 0,23.



$$ET_{oPM} = \frac{0,408 \cdot \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900 u_2}{T_{med} + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

em que: Δ é a declinação da curva de saturação do vapor d'água (kPa/°C); R_n é o saldo de radiação (MJ/m².dia); G a densidade do fluxo de calor no solo (MJ/m².dia); γ é o fator psicrométrico (MJ/kg); u_2 a velocidade (m/s) do vento a 2 m acima da superfície do solo; T_{med} a temperatura (°C) média do ar; e_s a pressão (KPa) de saturação do vapor; e_a a pressão (KPa) real do vapor.

O método Priestley-Taylor (1972), o qual consisti numa simplificação do método Penman-Monteith.

$$ET_{oPT} = 1,26 \cdot \frac{(R_n - G)}{\lambda} \cdot 0,483 + 0,010 \cdot T_{med} \quad (2)$$

em que, λ é o calor latente de evaporação (MJ/Kg)

$$\text{O método de Penman (1948) : } ET_{oPE} = \frac{\Delta R_n + 0,26 \cdot \gamma (1 + 0,54 u_2) (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma} \quad (3)$$

$$\text{O método de Morton (1985) : } ET_{oMO} = 2 \cdot ET_{oPT} - ET_{oPE} \quad (4)$$

O método de Hargreaves-Modificado (1985):

$$ET_{oHM} = 6 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{R_o}{\lambda} \cdot (1,8 T_{med} + 32) \sqrt{100 - UR} \quad (5)$$

em que, R_o é a radiação solar incidente (MJ/m².dia)

Análise estatística utilizada:

Os valores de ETo estimados pelos métodos de Priestley-Taylor (PT), Penman (PE), Morton (MO) e Hargreaves-Modificado (HM) foram confrontados com os valores estimados por Penman-Monteith (PM) por meio de índices estatísticos como, o índice de concordância de Willmott (WILLMOTT et al. 1985), d (variando de 0, para nenhuma concordância, a 1 (Eq. 6); o coeficiente de correlação de Pearson, r (Eq. 7) e pelo coeficiente de confiança ou desempenho, c (Eq. 8).

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \right] \quad (6); \quad r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (7); \quad c = r \cdot d \quad (8)$$

em que: E_i é o valor estimado; O_i é o valor observado; \bar{O} é a média dos valores observados; e, n é o número de observações; x_1, x_2, \dots, x_n e y_1, y_2, \dots, y_n são os valores medidos de ambas as variáveis. O coeficiente c , proposto por Camargo & Sentelhas (1997), é interpretado de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Critérios de interpretação do índice de desempenho (c) dos métodos de estimativa da ETo.

Valor de c	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 - 0,85	Muito Bom
0,66 - 0,75	Bom
0,61 - 0,65	Mediano
0,51 - 0,60	Sofrível
0,41 - 0,50	Mau
$\leq 0,4$	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a distribuição mensal dos valores da ETo calculada pelos métodos de PM, PT, HM, PE e MO, onde percebe-se que os valores acompanham a variabilidade temporal. Os maiores valores estimados por esses métodos estiveram no mês de outubro, com EToPT (120,7mm), EToHM (178,4mm), EToPE (134,5mm) e EToMO (107mm), e subestimados pelo método de Penman-Monteith, com 163,5mm/mês. Verificou-se que os valores estimados pelos métodos superestimaram o primeiro semestre comparados a EToPM e que estes valores demonstram diferenças significativa em todo o período estudado.

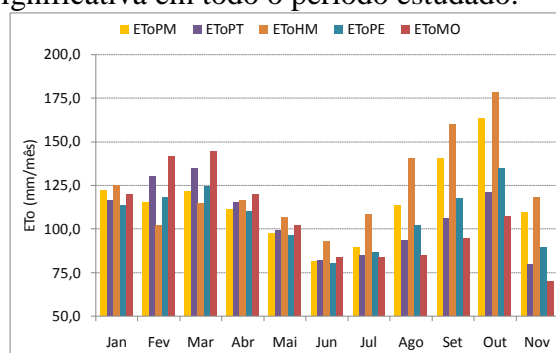


Figura 1. Distribuição mensal da Evapotranspiração de referência (ETo) calculada pelos métodos de EToPM, EToPT, EToHM, EToPE e EToMO durante o ano de 2004.

A Figura 2 apresenta os valores de ETo encontrados pelos métodos resultantes da regressão linear confrontados ao método de PM. Nota-se que os resultados se aproximaram do método escolhido como Padrão, como EToHM (Figura 2b) e EToPE (Figura 2c) os quais se ajustaram melhor com R^2 igual a 0,788 e 0,83. Já o método de Morton (Figura 2d) foi o que menos se

ajustou, $R^2 = 0,074$. Acredita-se que as variáveis de entrada nos modelos de estimativa sejam o que diferencia os resultados ao se comparar com o método Padrão.

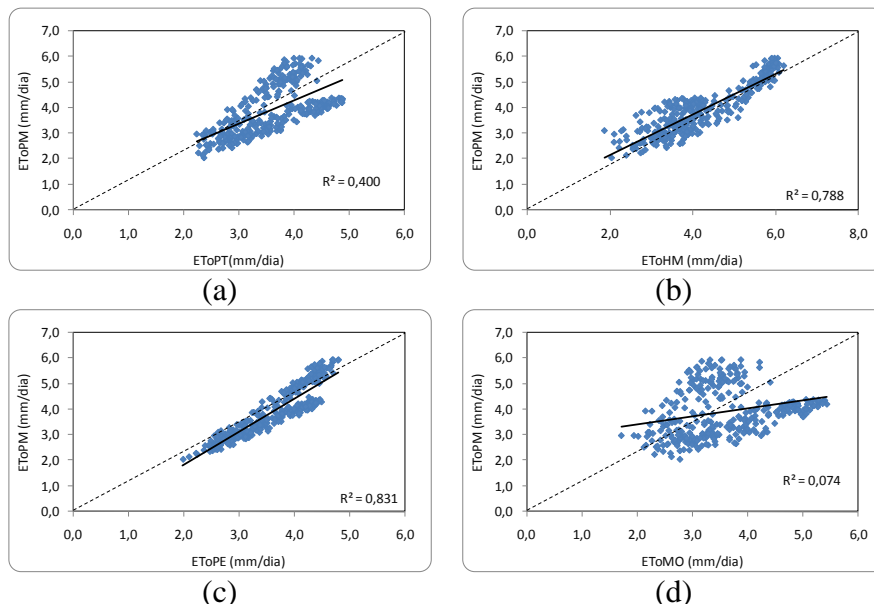


Figura 2. Regressão linear da EToPM em função da EToPT (a), EToHM (b), EToPE (c) e EToMO (d) durante os dias do ano de 2004.

A seguir a Tabela 2 mostra o “Muito Bom” desempenho que o método de Penman obteve, assim como o de Hargreaves-Modificado. O que demonstra que entre os métodos houve boa correlação. Já o método de Priestley-Taylor apresentou-se com “Mau” desempenho. Ainda segundo GOSSON (2005) o método de PT no trimestre (fev-mar-abr) apresenta melhor índice de desempenho, piorando nos meses subsequentes como (set-out-nov), e finalmente o método de Morton obteve “Péssimo” desempenho comparado aos resultados apresentados no método de regressão linear.

Tabela 2. Desempenho dos métodos de estimativa da ETo, segundo o índice de desempenho “c”.

Método de Estimativa	d	r	c	Desempenho
Priestley-Taylor	0,73	0,63	0,46	Mau
Hargreaves Modificado	0,92	0,89	0,81	Muito bom
Penman	0,90	0,91	0,82	Muito bom
Morton	0,55	0,27	0,15	Péssimo

Os métodos que estimam a ETo a partir da temperatura e radiação solar, como os métodos de Hargreaves-Modificado e Penman apresentaram desempenhos satisfatórios (Tabela 2). Revelando que usar apenas a temperatura do ar como variável climática para estimar a ETo



pode causar limitações na representatividade das condições meteorológicas do local. Lembrando que as condições de umidade e vento que também afetam a necessidade hídrica dos vegetais resultarão em diferentes valores de ETo.

CONCLUSÕES

Os valores encontrados pelas estimativas de ETo utilizadas nesse estudo mostraram que alguns métodos desempenharam muito bem comparados ao método escolhido como Padrão e que os mesmos indicaram que o melhor método a ser utilizado foi o de Penman em relação aos demais analisados. A partir desses resultados satisfatórios sugere-se que estudos mais aprofundados comparando-os as estimativas a dados reais de evapotranspiração medidos através de instrumentos convencionais e com séries temporais maiores sejam atualizados.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M.** Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56). 300p. 1998.
- BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M.** Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, n. 3, p. 293-300, 2007.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C.** Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- GOSSON, P. C. R.** Avaliação de Métodos de Balanço de Energia para Determinação da Evaporação em lago na região semiárida do RN. Dissertação mestrado em Engenharia Sanitária da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2005.
- HENRIQUE, F. de A. N.; DANTAS, R. T.** Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande, Paraíba. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, n. 6, p. 594-599. 2007.
- MOTA, F. S.** Meteorologia Agrícola, São Paulo, NOBEL, 1977.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C.** Evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- SOUSA, I. F. de; SILVA, V. P. R. da; SABINO, F. G.; NETTO, A. de O.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V.** Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado de Sergipe. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 6, p. 633-644. 2010.
- WILLMOTT, C. J.; ACKLESON, S. G.; DAVIS, J. J.; FEDDEMA, K.; KLINK, D. R.** Statistics for the evaluation and comparison of models. Journal of Geophysical Research, Ottawa, v. 90, n. 5, p. 8995-9005, 1985.

