



¹ Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Mestrando em Irrigação e Drenagem, DENA/UFC, Caixa Postal 12168, CEP: 60 455 970, Fortaleza, CE. Fone: (87) 8823-3842. e-mail: edivamj@yahoo.com.br

² Profº PhD, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

³ Tecnólogo em Recursos Hídricos e Irrigação, Mestrando em Irrigação e Drenagem, DENA/UFC, Fortaleza, CE

⁴ Engenheira Agrônoma, Mestranda em Ciências Agrárias, UFRB, Cruz das Almas, BA

RESUMO: O método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO é considerado, atualmente, como o modelo padrão para a determinação da evapotranspiração de referência (ET_o). Muitas estações meteorológicas, contudo, disponibilizam somente de dados de pluviosidade e termometria havendo necessidade de se utilizarem, para o cálculo de ET_o, métodos que empreguem apenas a temperatura do ar como variável de entrada. No presente trabalho foram avaliados diferentes métodos de estimativa de ET_o com base apenas na temperatura do ar, para as condições de Mandacaru, Juazeiro, Bahia. Os métodos avaliados foram os de Thornthwaite, Thornthwaite modificado, Camargo e Hargreaves & Samani. Esses valores foram comparados com os obtidos utilizando-se o modelo de Penman-Monteith, conforme a parametrização da FAO. Os melhores desempenhos foram obtidos empregado-se o método de Thornthwaite modificado, Camargo e Hargreaves & Samani.

Palavras-chave: demanda hídrica, modelos, Penman-Monteith.

ESTIMATING REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION BASED ON AIR TEMPERATURE FOR THE CONDITIONS THE MANDACARU, JUAZEIRO-BA

ABSTRACT: The FAO Penman-Monteith method is currently considered as the standart model to determine the reference evapotranpiration (ET_o). Many weather stations, however, provide only temperature and precipitation data, allowing to use only temperature input methods to estimate ET_o. In the present work the following methods to estimate ET_o based on air temperature were evaluated for the low Mandacaru, Juazeiro, Bahia valley conditions, in comparison to the values obtained by the Penman-Monteith/FAO method: Thornthwaite, modified Thornthwaite, Camargo and Hargreaves & Samani. The best performances were obtained using the modified Thornthwaite, Hargreaves & Samani and the Camargo methods.

Key-words: models, Penman-Monteith, water requirement

INTRODUÇÃO

A determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) faz-se necessário para o cálculo do consumo hídrico regional das diferentes culturas. Diversos métodos podem ser empregados para estimar a ET_o, sendo que o de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (ET_oPM) é considerado atualmente, como modelo-padrão (Allen et al., 1998; Souza, 1998). Muitas estações ou postos agrometeorológicos, contudo, disponibilizam somente séries históricas com dados de pluviosidade e termometria havendo, assim, a necessidade de se utilizarem, para o cálculo de ET_o, métodos que empreguem apenas a temperatura do ar como variável de entrada. Dentre esses métodos destacam-se os de Thornthwaite, Blaney-Criddle, Carmago, Linacre e Hargreaves & Samani (Pereira et al., 1997; Samani, 2000). Portanto, esse trabalho teve-se como objetivos estimar os valores da evapotranspiração de referência apartir de dados médios mensais de temperatura, utilizando-se diferentes métodos de determinação, e comparar esses valores com os obtidos pelo Método de Penman-Monteith-FAO, para as condições do distrito de Mandacaru, Juazeiro, Ba.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados, correspondentes a um período de cinco anos, e foram obtidos na Estação meteorológica de Mandacaru, pertencente a Unidade Experimental da Embrapa semi-árido, Juazeiro, Bahia, situada na latitude 09° 24'S, longitude 40° 26'W e altitude de 375 m. De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é classificado do tipo BSw_h', climaticamente árido, com deficiência hídrica situada nos meses de verão, como o maior problema climático da região (Teixeira & Silva, 1999). Os elementos climáticos disponíveis foram os valores médios diários de temperatura máxima (T_{máx}), média (T) e mínima (T_{mín}); umidade relativa do ar (UR); número de horas de brilho solar (n); velocidade do vento a 2m (V_v), e evaporação do Tanque Classe A (ECA). A evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada de acordo com Pereira et al. (2002), utilizando-se o modelo de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (ET_oPM).

$$ET_{oPM} = \frac{0,408s(R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{(T + 273)}}{s + \gamma(1 + 0,34 U_2)} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que “s” é a declividade da curva de pressão de vapor em relação à temperatura (kPa °C⁻¹); “R_n” é a radiação líquida total diária (MJ m⁻² dia⁻¹); “G” é o fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹), tendo sido considerado igual a zero; “γ” é o coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹); “U₂” é a velocidade do vento, a 2 m de altura (m s⁻¹); “e_s” é a pressão de saturação de vapor (kPa); “e_a” é a pressão parcial de vapor (kPa); e “T” é a temperatura média do ar (°C). A radiação líquida (R_n) foi estimada pela expressão: , em que “R_{ns}” é a radiação de ondas curtas (MJ m⁻² dia⁻¹) e “R_b” é a radiação de onda longas (MJ m⁻² dia⁻¹). Os valores de “R_{ns}” foram calculados pela expressão (Pereira et al., 1997), em que “R_s” é a radiação global incidente (MJ m⁻² dia⁻¹).

O valor de R_s , por sua vez, foi determinado pela relação proposta por Glover & McCulloch (1958) (Pereira et al., 1997) e o “ R_b ” também foi estimado por Pereira et al. (1997).

Os métodos utilizados para estimar a ETo foram os de Thornthwaite, Hargreaves & Samani e Camargo. Para o método de Thornthwaite utilizou-se a expressão apresentada por Pereira et al (1997). E para o método de Thornthwaite modificado por Camargo et al. (1999) empregando-se a temperatura efetiva “ T_{ef} ” no lugar de “ T ”, em que a evapotranspiração obtida, utilizando-se “ T_{ef} ”, foi denominado “EToTm”. Para o método de Camargo, foi empregada a expressão (Pereira et al. 1997):

$$EToC = FQ_oT \quad (\text{Eq. 2})$$

em que “EToC” é a evapotranspiração de referência segundo Camargo (mm dia-1); “ F ” é o fator de ajuste que varia com “ T ” anual (foi empregado um valor de “ F ” igual a 0,012 correspondente a um valor de “ T ” igual a 29,5°C); e “ Q_o ” é a radiação solar extraterrestre expressa em equivalente de evaporação (mm dia-1) no mês considerado (tabela apresentada por PEREIRA et al., 1997). O método de Hargreaves & Samani foi descrito por Pereira et al., (1997) da seguinte Forma:

$$EToHS = 0,0023Q_o(T_{\max} - T_{\min})^{0.5}(T + 17,8) \quad (\text{Eq.3})$$

Em que “EToHS” é a evapotranspiração de referência de acordo com o método de Hargreaves & Samani (mm dia-1); e “ Q_o ” é a radiação solar extraterrestre (mm dia-1); e “ T ” é a temperatura média diária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores da evapotranspiração de referência calculada pelo método padrão de Penman-Monteith (EToPM), correlacionados com os obtidos pelo método de Thornthwaite modificado (EToTm), estão apresentados na Figura 1. Empregando-se o método original (EToT) o valor do coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,3241, enquanto que ao se utilizar o mesmo método modificado (EToTm), de acordo com Camargo et al. (1999), o valor de R^2 foi de 0,6863. Para EToTm o modelo aproximou-se mais da linha 1:1 em relação ao modelo referente à EToT, o que mostrou um melhor ajuste entre os dados estimados pelo método de Thornthwaite em relação a EToPM (Figura 1). Esse melhor ajuste foi encontrado por Camargo et al. (1999) e Conceição (2003). O valor de R^2 obtido empregando-se o método de Hargreaves & Samani (EToHS) foi igual a 0,6109, apresentando assim um melhor ajuste à reta 1:1 em relação EToPM (Figura 2).

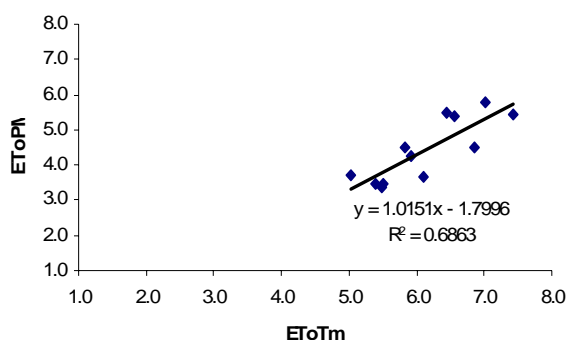


Figura 1. Regressões lineares entre valores calculados pelos métodos de Thornthwaite modificado (EToTm) e Penman-Monteith (EToPM) em (mm dia⁻¹)

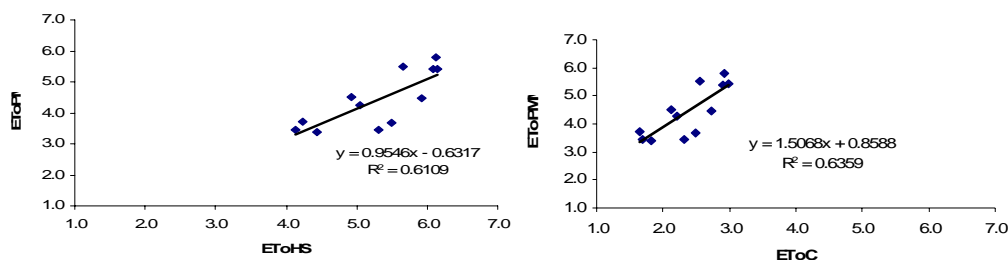


Figura 2. Regressões lineares entre valores calculados pelos métodos de Hargreaves & Samani (EToHS) e Penman-Monteith (EToPM) e entre os valores calculados pelos métodos de Camargo (EToC) e EToPM (mm dia^{-1}).

Enquanto, que o método de Camargo apresentou um valor de R^2 igual a 0,6359. Entretanto os valores de EtoC subestimaram, em geral, os valores de EToPM, apresentando um menor ajuste à reta 1:1 em relação aos valores de EToHS (Figura 2).

Os métodos que empregam somente a temperatura do ar limitam a representatividade das condições climáticas para efeito de estimativa da evapotranspiração de referência. Isso porque, conforme as condições de umidade e ventos, a demanda hídrica da atmosfera será diferente para os mesmos valores da temperatura do ar. Essas observações são válidas, principalmente, para os métodos de Thornthwaite (EToT) e Camargo (EToC). Já os métodos de Hargreaves & Samani (EToHS) e o Thornthwaite modificado (EToTm) foram desenvolvidos para condições climáticas mais específica. O método de Hargreaves & Samani (EToHS) foi desenvolvido com base em dados obtidos nas condições semi-áridas da Califórnia (Pereira et al., 1997), que se assemelham, até certo ponto com as condições da região em estudo, entre os meses de abril e outubro, quando ocorre, normalmente, um déficit hídrico acentuado e uma frequência reduzida de precipitações. O pior desempenho foi referente ao método de Thornthwaite (EToT) classificado como regular, conforme Conceição (2003). Os demais métodos foram classificados com bons, segundo o mesmo autor.

Já os métodos de Hargreaves & Samani (EToHS) e o Thornthwaite modificado (EToTm) foram desenvolvidos para condições climáticas mais específica. O método de Hargreaves & Samani (EToHS) foi desenvolvido com base em dados obtidos nas condições semi-áridas da Califórnia (PEREIRA et al., 1997), que se assemelham, até certo ponto com as condições da região em estudo, entre os meses de abril e outubro, quando ocorre, normalmente, um déficit hídrico acentuado e uma frequência reduzida de precipitações

CONCLUSÕES

Na região de Mandacaru, Juazeiro, Bahia, os métodos de Camargo, Thornthwaite modificado e de Hargreaves & Samani apresentaram os melhores desempenhos para a estimativa mensal da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar, em comparação ao modelo-padrão de Penman-Monteith parametrizado pela FAO.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq/CT-Hidro pelo financiamento para excursão deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation And Drainage Paper 56, Roma, Itália, 1998, p.300.
- CARMAGO, A. P. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.7, n.2, p. 251-257, 1999.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. Estimativa da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande, SP. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.11, n.2, p. 229-236, 2003.
- SAMANI, Z. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Reston, v.126, n.4, p.265-267, 2000.
- SOUZA, F. Avaliação dos estudos hidroclimáticos do plano estadual de recursos hídricos do Ceará: I-Evapotranspiração. Irriga. Botucatu, v. 3, n. 3, p. 109-125, 1998.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.