

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA (BA)

Robson Argolo dos Santos¹, Erli Pinto dos Santos¹,
Ramon Amaro de Sales², Rosângela Leal Santos³

RESUMO

O objetivo deste estudo foi estimar a evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA), uma vez que, não existe nenhuma pesquisa estabelecendo qual melhor método, e há uma grande necessidade de se estimar, principalmente, por se tratar de uma região com grande potencial agropecuário da Bahia. Foram utilizados dados da estação meteorológica convencional, locada na Universidade Estadual de Feira de Santana, referente ao período de janeiro a dezembro de 2014. A avaliação do desempenho foi realizada por meio do índice de precisão “r”, um índice de exatidão “d”, e de confiança ou desempenho “c”. Os métodos de Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Thornthwaite, Tanque Classe “A”, Makkink e Evaporímetro de Piche foram estimados usando Penman-Monteith (FAO-56) como padrão. O método que teve melhor desempenho estático foi Thornthwaite, com $c > 0,85$, enquanto Blaney-Criddle e Evaporímetro e Piche tiveram piores resultados, $c < 0,50$. No município de Feira de Santana, para estimar a evapotranspiração potencial, é recomendando o método de Thornthwaite que, além de apresentar melhor desenho, é de fácil execução e requer apenas a pluviosidade mensal e a temperatura média do ar como dados climáticos.

Palavras-chave: semiárido; solo; ETo; Penman-Monteith (FAO-56).

EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION OF REFERENCE FOR THE MUNICIPALITY OF FEIRA DE SANTANA (BA)

ABSTRACT

The objective of this study was to estimate a reference evapotranspiration for the city of Feira de Santana (BA), since there is no research on the best method and it is a great need for estimation, mainly because it is a region with great agricultural potential in Bahia. Data from the meteorological station (conventional), located at the State University of Feira de Santana, were used for the period from January to December, 2014. A performance evaluation for the “r” precision index, an accuracy index “d”, and confidence or performance “c”. The Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Thornthwaite, Class A, Makkink and Pich Evaporimeter methods were estimated using Penman-Monteith (FAO-56) as standard. The method that had better

¹ Graduando em Engenharia Agrônoma, UEFS, e-mail: argolo.agro@gmail.com; erlitec.agri@hotmail.com

² Mestrando em Produção Vegetal, UFES, e-mail: ramonamarodesales@hotmail.com

³ Doutora em Engenharia de Transportes, Professora da UEFS, e-mail: rosangelalealuefs@gmail.com

static performance Thornthwaite, with $c > 0.85$, while Blaney-Criddl and Evaporimeter and Piche had worse results, $c < 0.50$. In the municipality of Feira de Santana, to estimate potential evapotranspiration, is to recommend the Thornthwaite method that, besides presenting the best design, is easy to execute and requires only monthly rainfall and an average air temperature as climatic data.

Keywords: semiarid; soil; ETo; Penman-Monteith (FAO-56).

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ETo), juntamente com coeficientes relacionados a planta e solo, são utilizados para a estimativa adequada da evapotranspiração da cultura, que consiste no principal parâmetro a ser considerado no dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação, uma vez que totaliza a quantidade de água utilizada nos processos de evaporação e transpiração pela cultura durante determinado período (CUNHA et al., 2013).

A irrigação é responsável por um consumo mundial em torno de 70% de toda a água derivada das fontes. Não obstante, representa a forma mais eficiente de produção de alimento, podendo triplicar a produtividade. O seu correto dimensionamento garante um sistema eficiente, com utilização hídrica apenas demanda pela planta, e para tal, a evapotranspiração torna-se uma ferramenta imprescindível nos cálculos de irrigação, tornando o dimensionamento com maior grau de precisão, possibilitando também a otimização e estratégia na gestão dos recursos hídricos (ORTEGA-FARIAS et al., 2009).

A gestão dos recursos hídricos demanda estudos minuciosos. A estimativa da evapotranspiração é um fator preponderante no balanço hídrico e, para tal, a precisão na sua estimativa é importante para diversas aplicações de estudo de modelagem, caracterização de risco climático e, principalmente, no planejamento e manejo de irrigação (BEZERRA, 2014). Segundo Alencar et al. (2011) a evapotranspiração é um dos principais componentes do ciclo

hidrológico, e a escolha do método adequado para estimá-la depende das condições climáticas locais, daí a importância de estabelecer uma metodologia que se adeque a região de forma simples e precisa.

Evapotranspiração foi um termo criado por Thornthwaite na década de 40 para expressar a ocorrência simultânea da evaporação e transpiração (BOREGES; MEDIONDO, 2007; PEREIRA et al., 1997) e pode ser entendida como a quantidade equivalente de água evaporada e transpirada, geralmente expressa como lâmina de água por unidade de tempo. É controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. A disponibilidade de energia é dependente do local e da época do ano. As coordenadas geográficas (latitudes e longitude) juntamente com a altitude, determinam a radiação solar potencialmente passivo, temperatura do solo e do ar, e a pressão atmosférica, todos eles fatores que influenciam a evapotranspiração.

Evapotranspiração de referência (ETo) foi um termo utilizado por Jensen et al. (1971) definindo como limite superior que ocorre numa cultura de alfafa (*Medicago sativa* L.) com altura de 0,3 a 0,5 m. Smith (1991) traz uma conformação diferente, afirmando que a ETo é aquela de uma cultura hipotética, com altura fixa de 0,12 m, albedo igual a 0,23, e resistência da cobertura ao transporte de vapor d'água igual a 69 s m^{-1} . Essa parametrização foi inserida na equação de Penman-Monteith e apontada como padrão (ALLEN et al., 1998).

Segundo Cavalcante Júnior et al. (2011) existem diversos métodos para

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA (BA)

estimativa da evapotranspiração, em que uns são bem aceitos e outros são bastante criticados, principalmente a medida direta que é difícil e onerosa. Segundo Pereira et al. (1997) esses métodos são agrupados em cinco categorias, o empírico, aerodinâmico, balanço de energia, combinados e correlação dos turbilhões.

Os dados climáticos requeridos pelos vários métodos diferem entre si e não estão plenamente disponíveis (ARAÚJO et al., 2007). Em Feira de Santana, há interrupção da séria histórica compreendendo uma normal climatológica de dados meteorológicos, porém, há uma necessidade de estimar um método de evapotranspiração para o município, principalmente por se tratar de uma região com grande importância agropecuária para Bahia. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi comparar os valores de ETo mensais para a cidade de Feira de Santana (BA) obtidos pelo método de Penman-Monteith (FAO-56), considerando-o como padrão, com os obtidos pelos métodos de Hargreaves-Samani, Blaney-Criddl, Thornthwaite, Tanque Classe “A”, Makkink e Evaporímetro de Piche, com o intuito de apontar métodos apropriados na estimativa de ETo e que necessitem, para tal, de um menor número de variáveis climáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Feira de Santana, localizada no estado da Bahia, que, apesar de estar a apenas 90 km do litoral, situa-se numa zona intermediária entre o clima úmido do litoral e o semiárido do interior (Figura 01-A). O índice pluviométrico médio anual é de 850 mm, possui dois períodos chuvosos distintos: o primeiro no outono-inverno e o segundo no final da primavera (Figura 02-B). O tipo climático da região, segundo Thornthwaite e Matther (1955) é o tropical subúmido seco.

Os dados pluviométricos foram disponibilizados pela Estação Climatológica

pertencente ao IV Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no Campus da Universidade Estadual de Feira de Santana, no município em estudo. Foram utilizados dados mensais e diários da temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa média do ar, precipitação, radiação solar global, insolação, velocidade do vento e evaporação do Tanque Classe A e do Evaporímetro de Piche, compreendidos entre janeiro a dezembro de 2014.

Após a aquisição das variáveis climáticas, a evapotranspiração de referência mensal foi estimada pelos métodos do Thornthwaite, Hargreaves-Samani, Blaney-Criddle, Penman-Monteith-(FAO-56), Tanque Classe A e Makkink utilizando-se

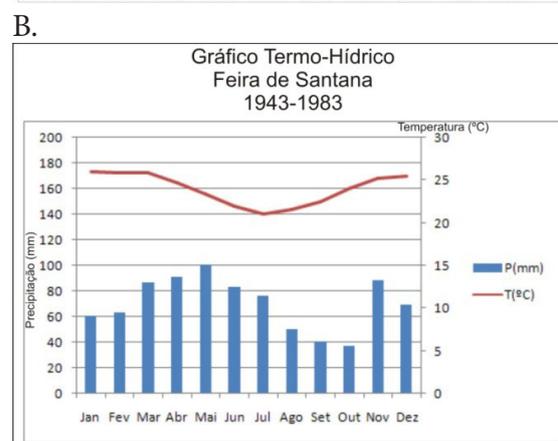
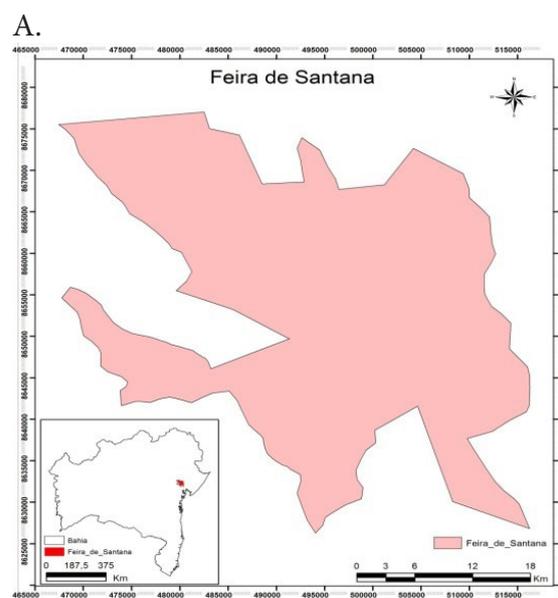


Figura 1. Localização do município de Feira de Santana (A); Gráfico Termo-Hídrico do município de Feira de Santana (B).

o programa computacional em ambiente Excel para Windows, denominado BHídrico GD 4.0-2004 (D'ANGIOLELLA; VASCONCELLOS, 2004) e leitura direta do Evaporímetro de Piche.

Thornthwaite

Thornthwaite (1948) propôs a estimativa da evapotranspiração real mensal de um posto meteorológico como um elemento climatológico, objetivando a classificação climática. O conjunto de equações desenvolvida foi com base no balanço hídrico de bacia hidrográficas e em medidas de evapotranspiração realizada em lisímetros e usando apenas a temperatura do ar como variável independente (PEREIRA et.al, 1997).

$$ET_{oTh} = 16 \left(10 \frac{T_i}{I} \right)^a \quad T_i > 0 \quad (1)$$

em que: ET_{oTh} - evapotranspiração real mensal de Thornthwaite (mm m^{-1}); T_i - temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$), e o subscrito i corresponde aos meses do ano; I - índice de calor da região calculado com os valores normais; e, a - expoente calculado em função de I .

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2T_i)^{1,514} \quad (1.1)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^{-2} + 1,7912 \cdot 10^{-2} + 0,49239 \quad (1.2)$$

Esse valor da ET_{oTh} precisa ser corrigido para as condições climáticas de Feira de Santana, ficando a equação da seguinte forma:

$$ET_o = ET_{oTh} \times \text{Cor} \quad (1.3)$$

$$\text{Cor} = \left(\frac{ND}{30} \right) \times \left(\frac{N}{12} \right) \quad (1.4)$$

em que: ND - número de dias do mês em questão; e , N - fotoperíodo médio do mesmo mês.

Hargreaves-Samani

Usando dados adquiridos no lisímetro de Davis, região semiárida da Califórnia, com gramado, Hargreaves-Samani (1985) propuseram a evapotranspiração real expressa em mm.d^{-1} . Seu método tem como base nas temperaturas máxima e mínima e a radiação extraterrestre.

$$ET_o = 0,0023Q_o(T_{\max} - T_{\min})^{0,5} (T_{\text{med}} + 17,8) \quad (2)$$

em que: ET_o - evapotranspiração real, (mm d^{-1}); Q_o - radiação extraterrestre, (mm d^{-1}); T_{\max} - temperatura máxima do dia ($^{\circ}\text{C}$); T_{\min} - temperatura mínima do dia ($^{\circ}\text{C}$); e, T_{med} - temperatura média do dia ($^{\circ}\text{C}$);

Blaney-Criddle

Esse método foi desenvolvido na região semiárida dos Estados Unidos e possui várias versões existentes. No entanto, nesse trabalho será considerado o método modificado pela FAO e descrito por Doorenbos e Pruitt (1977). Sendo assim, a versão apresentada estima a ET_o média mensal de um gramado e sua fórmula é:

$$ET_o = K_p(0,46T_a + 8,13) \quad (3)$$

em que: k - coeficiente mensal dependente da vegetação, localidade e estação do ano, que varia de 0,5 a 1,2; p - porcentagem de insolação máxima diária (N) em relação ao horário de insolação teórico do ano (4380 h); e, T - temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$).

Penman-Monteith-FAO

Após sofrer parametrização proposta pelo Relatório Técnico em Irrigação e Drenagem nº 56 da FAO (ALLEN et al., 1998) a equação original de Penman-Monteith assume a seguinte forma para a ET_o diária (mm d^{-1}).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (4)$$

em que: ET_o - evapotranspiração de referência, (mm d^{-1}); Δ - gradiente da curva

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA
PARA O MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA (BA)**

pressão vapor vs temperatura ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$);
 R_n - radiação solar líquida disponível ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); G - fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$); γ - constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); u_2 - velocidade do vento a 2 m, (m s^{-1}); e_s - pressão de saturação do vapor de água atmosférico (kPa); e_a - pressão atual do vapor de água atmosférico (kPa); e , T_a - temperatura média diária do ar ($^\circ\text{C}$).

Para o cálculo das variáveis acima foi usada toda a metodologia apresentada no Relatório Técnico em Irrigação e Drenagem nº 56 da FAO (ALLEN et al., 1998), incluindo, quando pertinente, o uso das recomendações para situações de escassez de dados.

Makkink

Esse método usa como fonte de variáveis a radiação solar usando dados de evapotranspiração de um gramado em lisímetro de lençol freático constante, obtendo a seguinte equação:

$$ET_o_MK = 0,89 \cdot W \cdot R_g \quad (5)$$

$$W = 0,407 + 0,0145 \cdot T_{ar} \quad \text{para } 0 < T_{ar} < 16 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.1)$$

$$W = 0,483 + 0,01 \cdot T_{ar} \quad \text{para } 16,1 < T_{ar} < 32 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.2)$$

em que: ET_o_MK - evapotranspiração de referência (mm mês^{-1}); T_{ar} - temperatura do ar média diária ($^\circ\text{C}$); e , R_g : radiação solar global total diária (mm mês^{-1}).

Tanque de Classe A

De acordo com Pereira et al. (1997) o Tanque de Classe A (TCA) foi desenvolvido pelo Serviço Meteorológico Norte Americano (U.S.W.B), e tem uso generalizado, inclusive no Brasil. É feito com materiais em ferro galvanizado em formato cilíndrico, onde é preenchido com água. A leitura é feita num poço tranquilizador de 0,25 m de altura e 0,10 m de diâmetro e corrigido pelo um coeficiente (K_p), adotando o valor de 0,7. O k_p reduz a evaporação do tanque de classe A (ECA) ao valor próximo a evaporação da lagoa, desta forma, temos:

$$ET_o_TCA = K_p(ECA) \quad (6)$$

em que: ET_o_TCA - evaporação de referência do tanque de classe A (mm dia^{-1}); ECA - evaporação no Tanque Classe A, (mm dia^{-1}); e , K_p = coeficiente do tanque, (adimensional).

Evaporímetro de Piche

É um tubo de 22,5 cm de comprimento com 1,1 cm de diâmetro interno, graduado em décimo de milímetro fechado em uma das extremidades. A extremidade aberta é presa um disco de papel de 3,2 cm de diâmetro. O tubo é preenchido com água destilada e pendurado na vertical, com a extremidade fechada para cima. A evaporação se dá através do disco de papel, e quantidade d'água evaporada é determinada pela variação do nível d'água no tubo.

Posteriormente, cada valor de ET_o foi correlacionado com o método padrão, Penman-Monteith (FAO-56), obtendo-se o coeficiente de determinação (R^2), de precisão (r) e de confiança (c). O desempenho estatístico foi realizado através do Microsoft Excel 2010, analisado os métodos através do índice de concordância "d" desenvolvido por Willmott et al. (1985), disposto na equação 7. Após estabelecidos os índices "d", prosseguiu-se para determinação do coeficiente de correlação. O coeficiente de correlação indica o quanto os métodos testados se correlacionam com o método padrão utilizando, variando de 0,0 - para nenhuma concordância, a 1,0 - para concordância perfeita entre os dados (Tabela 1).

$$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (7)$$

em que: d - coeficiente de concordância; P_i - evapotranspiração de referência estimada pelo método testado, mm; O_i - evapotranspiração de referência estimada pelo método padrão, mm; O - média dos valores observados pelo método padrão, mm.

Tabela 1. Classificação das correlações de acordo com o coeficiente de correlação (r).

Coeficiente de correlação (r)	Classificação
0,0-0,1	Muito baixa
0,1-0,3	Baixa
0,3-0,5	Moderada
0,5-0,7	Alta
0,7-0,9	Muito alta
0,9-1,0	Quase perfeita

De posse dos valores “d” e “r”, calculou-se o índice de confiança “c”, ferramenta estatística de comparação proposta por Camargo e Sentelhas (1997), expresso pela equação 8.

$$c = r \times d \quad (8)$$

em que: c - índice de confiança; r - coeficiente de correlação; e, d - coeficiente de concordância.

Os valores do índice “c” varia de menor que 0,40, para péssimo desempenho, até maior que 0,80, para desempenho ótimo (Tabela 2).

A verificação dos erros proporcionados pelas estimativas foi realizada pelo cálculo do erro padrão da estimativa (EPE), expressa na equação 9.

$$EPE = \left[\frac{\sum (P_i - O_i)}{n - 1} \right]^{1/2} \quad (9)$$

em que: P_i - evapotranspiração de referência estimada pelo método testado, mm; O_i - evapotranspiração de referência estimada pelo método padrão, mm; e, n - número total de observações.

Tabela 2. Classificação do desempenho segundo o índice de confiança “c”.

Índice de desempenho “c”	Classificação
>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	Mal
<= 0,40	Péssimo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visualiza-se na tabela 3 a variação mensal da ETo estimada pelos diferentes métodos. A média mensal estimada pelo método Penman-Monteith (FAO-56), considerado padrão, foi de 108.2 mm, sendo que o mês de janeiro apresentou o maior valor, 144.8 mm, enquanto o mês de julho, o menor valor, com 73.9 mm. É importante notar que o método de Hargreaves & Samani apresentou o maior valor, 197.8 mm, do que os demais métodos. Em contrapartida, o Evaporímetro de Piche registra o menor valor, 43,9 mm, entres os métodos testados.

Ainda na tabela 03, verifica-se que os métodos de Blaney & Criddle, Makkink e Evaporímetro de Piche subestimaram a evapotranspiração no período estudado. Segundo Junior et al. (2011) a razão pelo qual o método de Makkink subestimou, se deve, provavelmente, ao fato dos coeficientes utilizados da equação original serem desenvolvidos nas condições climáticas de Wageningen, na Holanda. Tal premissa é corroborada por Pereira et al. (1997), em que afirma que os coeficientes dessa equação podem variar de local para local e nas diferentes escalas de tempo de medida. Ao avaliar as condições climáticas de Araraquara-SP, Vescove e Turco (2005) também encontraram valores subestimado da evapotranspiração pelo método de Makkink. Palaretti et al. (2014) avaliando evapotranspiração em São Paulo encontram valores subestimado de Blaney & Criddle na região de Jaú e em Botucatu. A subestimação do Evaporímetro de Piche pode ser em razão do mesmo está à sombra, em abrigo meteorológico, não sofrendo influência dos ventos.

O método Hargreaves & Samani superestimou Panman-Monteith (FAO-56) em todos os meses, porém apresentou correlação muito alta, mas sofrível índice de desempenho (tabela 04). Segundo Alencar et al. (2015), este método requer, apenas, as temperaturas máximas e mínimas para entrada de dados, o qual influência alto

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA
PARA O MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA (BA)**

Tabela 3. Estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) mensal, mm, para o município de Feira de Santana (BA), calculada por diversos métodos.

	Penman-Monteith FAO	Hargreaves & Samani	Blaney & Criddle	Thornthwaite	Tanque Classe A	Makkink	Evaporímetro de Pich
Jan	144,8	197,8	93,7	147,5	163,9	112,2	141,8
Fev	122,6	151,3	70,0	121,7	113,8	101,7	104,4
Mar	137,1	159,8	98,3	126,8	155,9	101,9	109,9
Abr	123,7	145,2	97,2	134,1	130,8	88,8	111,5
Mai	95,8	114,7	91,9	97,2	84,8	78,8	64,9
Jun	74,5	93,2	69,1	69,9	67,9	67,1	43,9
Jul	73,9	99,3	73,2	72,6	69,3	73,6	51,6
Ago	80,8	108,2	78,4	75,2	104,9	80,7	50,0
Set	104,1	136,5	86,8	94,3	143,1	89,9	71,7
Out	125,0	152,4	88,6	112,4	129,6	99,4	87,1
Nov	129,2	156,5	78,9	114,2	140,3	99,3	92,5
Dez	133,0	168,9	67,8	133,3	117,7	108,5	94,6
Média	108,2	140,3	82,8	112,0	118,5	91,8	85,3

valor da evapotranspiração, principalmente em Feira de Santana-Ba que apresenta altas temperaturas durante o ano.

De modo geral, observa-se que os valores mínimos da evapotranspiração se concentra nos meses de maio a agosto (figura 2), sendo esses meses com maior índice pluviométrico da região e menores temperaturas. As chuvas no leste do Nordeste nesse período, estão associadas

à máxima convergência dos alísios com a brisa terrestre, a qual deve ser mais forte durante as estações de outono e inverno (KOUSKY, 1980). Os valores máximos de ET_o são observados no mês de janeiro para os métodos de Hargreaves & Samani, Thornthwaite, Tanque de Classe A, Makkink e Evaporímetro de Piche e no mês de março para o método de Blaney & Criddle. Araujo et al. (2007) encontrou resultados parecidos

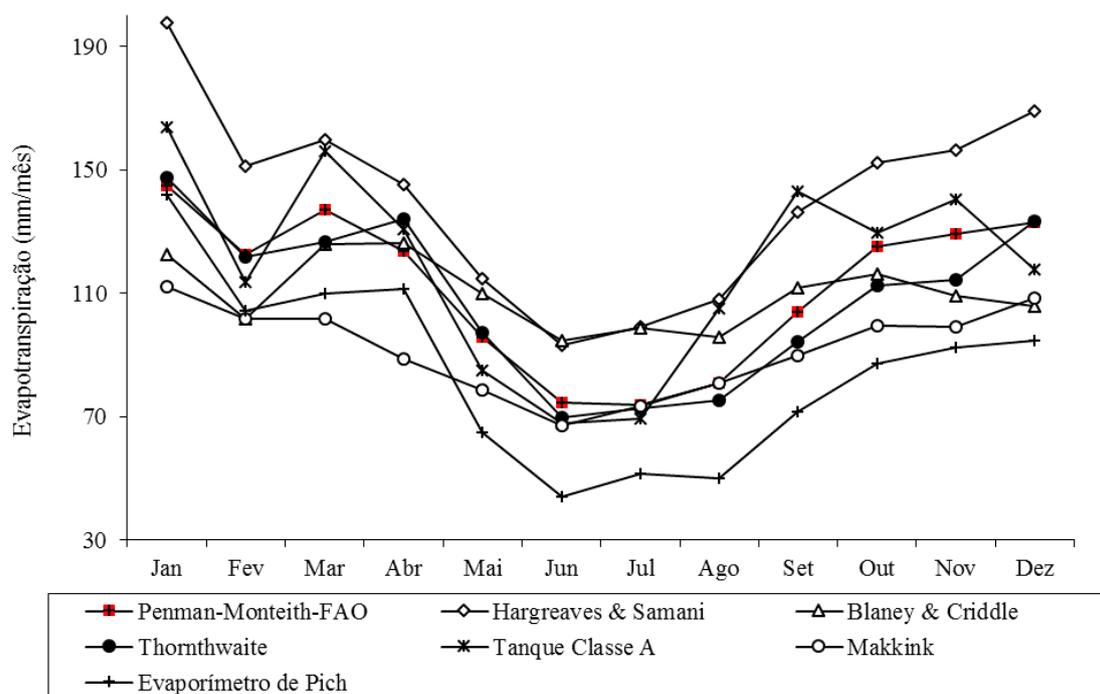


Figura 2. Estimativa da Evapotranspiração de Referências (ET_o), para o município de Feira de Santana (BA), por diferentes métodos.

Tabela 4. Resultados das análises de correlação, de desempenho e regressão entre a evapotranspiração de referência (ET_o) estimada, com a equação padrão, Penman-Monteith (FAO-56).

Variável dependente (x)	(ET _o = bx+a)	EPE (mm)	R ²	r	d	c
Thornthwaite	11,96x + 0,924	2,0	0,922	0,960	0,992	0,95 – Ótimo
Hargreaves & Samani	1,113x + 19,793	5,9	0,880	0,938	0,648	0,60 – Sofrível
Blaney & Criddle	0,185x + 62,827	5,2	0,184	0,429	0,712	0,30 – Péssimo
Tanque Classe A	0,933x + 17,464	3,3	0,591	0,769	0,957	0,73 – Bom
Makkink	0,485x + 39,281	4,4	0,790	0,888	0,823	0,73 – Bom
Evaporímetro de Piche	-32,928x + 1,092	5,0	0,286	0,956	0,800	0,77 – Muito bom

quando determinou a ET_o na região de Boa Vista-RR. Os métodos que apresentaram máxima evapotranspiração em janeiro são influenciados pelas altas temperaturas que ocorrem nesse mês, o que apresenta uma relação direta como base de cálculos, e maior poder evaporante do Tanque de Classe A e no Evaporímetro de Piche (ARAÚJO et al, 2007).

De acordo com os resultados da tabela 04, pode-se verificar das equações analisadas, somente Thornthwaite apresentou índices de desempenho satisfatório para estimar a ET_o. O método de Thornthwaite apresentou correlação perfeita e ótimo índice de desempenho. Este método possui a vantagem de ser simples e de fácil aplicação, necessitando apenas de dados de temperatura do ar. De forma contrária, Hargreaves & Samani e Blaney & Criddle apresentaram os piores desempenhos para estimar a ET_o, contrariando Cavalcante Junior et al. (2011) que, em suas pesquisas, determinaram como ótimo o desempenho de e Blaney & Criddle para estimar a ET_o no Nordeste. O Tanque de Classe A e o método Makkink apresentaram correlação muito alta, porém o índice de desempenho foi classificado apenas como bom. Enquanto que o Evaporímetro de Piche apresentou correlação quase perfeita e índice de desempenho muito bom.

Ainda na tabela 4 pode se observar os valores do erro padrão de estimativa (EPE), baseado nos modelos testados, apresentaram o maior valor para o Hargreaves & Samani (5.9 mm), seguido por Blaney & Criddle (5.2 mm), Evaporímetro de Piche (5.0 mm), Makkink (4.4 mm), Tanque de Classe

A (3.3 mm) e Thornthwaite (2.0 mm). Por apresentar menor EPE, o modelo de Thornthwaite apresentaria o melhor ajuste da linha de regressão, caso houvesse calibração dos métodos.

CONCLUSÕES

Para o município estudado, o método de Thornthwaite foi o que se apresentou como o mais adequado na estimativa da evapotranspiração, quando comparados com o método de Penman-Monteith (FAO 56), podendo ser classificados como ótimo para o período anual.

Os métodos de Blaney & Criddle e Hargreaves & Samani apresentaram os piores desempenhos estatísticos, quando comparado com o método de Penman-Monteith (FAO 56), entre os métodos avaliados.

Na estimativa da ETP no município de Feira de Santana, é recomendando aplicar o método proposto por Thornthwaite, uma vez que apresentou o melhor desempenho entre os demais, e pela sua fácil execução, necessitando apenas da variável temperatura média do ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, L. P.; SADIYAMA, G. C.; WANDERLEY, H. S.; ALMEIDA, T. S.; DELGADO, R. C. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades no Norte de Minas Gerais. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 5, P. 437-449, 2011.

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA
PARA O MUNICÍPIO DE FEIRA DE SANTANA (BA)

- ALENCAR, L. P.; SEDIYAMA, G. C.; MANTOVANI, E. C. Estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o padrão FAO), para Minas Gerais, na ausência de alguns dados climáticos. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 39-50, 2015.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop e evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 297p (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56), 1998.
- CAVALCANTE JUNIOR, E. G.; OLIVEIRA, A. D.; ALMEIRA, B. M.; SOBRINHO, J. E. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, p. 1699-1708, 2011.
- ARAÚJO, W. F.; COSTA, S. A. A.; SANTOS, A. E. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) Para Boa Vista-RR. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 84-88, 2007.
- BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. A.; SILVA, E. F. F.; LOPES, P. M. O.; SILVA, B. B. Estimativa da evapotranspiração de referência diária para Mossoró (RN, Brasil). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 211-220, 2014.
- BORGES, A. C.; MEDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 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. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul - MS. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 159-172, 2013.
- D'ANGIOLELLA, G. L. B.; VASCONCELOS, V. L. D. BHÍDRICO GD 4.0-2004: planilha eletrônica para cálculo do balanço hídrico climático. **Revista Bahia Agrícola**, Salvador, v. 6, n. 3, p. 14-16, 2004.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, J. O. **Crop Water Requirement**. Rome: FAO, 1977. 144p. FAO (Irrigation and Drainage Paper 24).
- HARGREAVES, G. L.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. Basin. **Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE**, New York, v. 111, n. 1, p. 113-124. 1985.
- JENSEN, M. E.; WRIGHT, J. L.; PRATT, B. J. **Estimating Soil Moisture Depletion From Climate Crop And Soil Data**. Trans of the ASAE, 1971.
- KOUSKY, V. E. **Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil**. Mon. Weather Rev, v. 108, p. 88-498, 1980.
- MAKKINK, G. F. Testing the Penman formula by means of lysimeters. **Journal of the Institution of Water Engineers**, London, v. 11, n. 3, p. 277-288. 1957.
- ORTEGA-FARIAS, S.; IRMAK, S.; CUENCA, R. H. Special issue on evapotranspiration measurement and modeling, **Irrigation Science**, v.28, n.1, p.1-3, 2009.
- PALARATTI, L. F.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em regiões citrícolas

paulistas. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 38-47, 2014.

PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.183 p.

SMITH, M. **Report On The Expert Consultation On Revision Of Fao Methodologies For Crop Water Requirements**. Rome, FAO, p. 45, 1991.

SOUZA, M. do S. M. de; BEZERRA, F. M. L.; VIANA, T. V. de A.; TEÓFILO, E. M.; CAVALCANTE, Í, H, L. Evapotranspiração do maracujá nas condições do Vale do Curu. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 2, p. 11-16, 2009.

THORNTHWAITE, C. W. **An approach toward a rational classification of climate**. Geogr. Rev., 38:55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology, New Jersey, Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara-SP. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 713-721, 2005.

WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.