

ACSA

**Agropecuária Científica
no Semiárido**



Análise de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência mensal para o município de Barbalha-CE

Rigoberto Moreira de Matos*¹, Patrícia Ferreira da Silva²

Recebido em 16/07/2015; Aceito para publicação em 17/07/2016

*Autor para correspondência

¹Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Mestrando em Irrigação e Drenagem, UFCG - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, e-mail: rigobertomoreira@gmail.com

² Eng^a. Agrônoma, Doutoranda em Irrigação e Drenagem, UFCG - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, e-mail: patrycyafs@yahoo.com.br

RESUMO: Climas com temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar, tende a maior evapotranspiração da cultura, desta forma é de fundamenta importância estimar o quanto de água esta sendo perdida para a atmosfera, auxiliando no manejo eficiente da irrigação. Assim, objetivou-se com o presente estudo avaliar seis métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, entre eles: Benavides & Lopéz, Blaney & Criddle, Hargreaves, Linacre, Penman (Padrão) e Radiação Solar. Os métodos foram correlacionados através dos coeficiente de determinação (r^2), índice de concordância (d), coeficiente de correlação (r), índice de desempenho (c) e estimativa do erro padrão (EEP). Os dados foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação meteorológica convencional do Barbalha, CE. O método da Radiação Solar evidenciou desempenho considerado ótimo, sendo recomendado para a região, porém o método de Benavides & Lopéz constatou desempenho sofrível, os demais métodos foram classificados como mau, não sendo recomendados. Os métodos de Benavides & Lopéz e Radiação Solar apresentam-se como uma alternativa ao manejo da irrigação para pequenos agricultores, quando se dispõe apenas das variáveis climáticas do INMET.

Palavras-chave: manejo da irrigação, equações empíricas, Penman, variáveis climáticas

Analysis of methods of evapotranspiration estimated monthly reference in Barbalha-CE

ABSTRACT: Climates with high temperatures and low humidity of the air, tends to higher crop evapotranspiration in this way is based importance to estimate how much water is being lost to the atmosphere, helping an efficient irrigation management. Thus, the aim of the present study was to evaluate six methods of estimation of reference evapotranspiration, including: Benavides & López, Blaney & Criddle, Hargreaves, Linacre, Penman (Standard) and Solar Radiation. The methods were correlated using the coefficient of determination (r^2), agreement index (d), correlation coefficient (r), Performance Index (c) and estimated standard error (EEP). Data were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET) of conventional weather station Barbalha-

CE. The method of Solar Radiation showed performance is optimal and is recommended for the region, since the method of Benavides & López found poor performance, other methods were classified as poor, and are not recommended. Methods of Benavides & López and Solar Radiation present themselves as an alternative for the management of irrigation for small farmers, when only climate variables INMET.

Keywords: irrigation management, empirical equations, Penman, climate variables

INTRODUÇÃO

A região Nordeste apresenta clima semiárido com elevada variabilidade espacial e temporal das chuvas, além das altas taxas de evaporação, fato também observado para o Município de Barbalha, estado do Ceará (ALBUQUERQUE et al., 2009). Segundo Souza Filho & Moura (2006), as pequenas flutuações climáticas provocam impactos significativos tanto sociais quanto econômicos.

A evaporação, assim como a evapotranspiração, somam perdas de água acentuadas para as áreas semiáridas do Brasil, sendo de grande importância à identificação dos fatores que afetam o balanço hídrico da região (TUCCI, 2005). Um dos elementos climáticos de importância no estudo da economia de água dos reservatórios é a evapotranspiração visando uma utilização de forma racional. Isto porque o conhecimento do consumo de água pelas culturas, ou seja, a evapotranspiração das culturas leva em consideração a precipitação e as perdas operacionais dos sistemas de irrigação (SEDIYAMA, 1996).

Para Sedyama (1996), estratégias que avaliam a necessidade da água também afetam o planejamento e a implantação de programas estratégicos que favoreçam o desenvolvimento local ou regional, fundamentados na utilização de recursos hídricos.

Cavalcanti Junior et al. (2011), ao estudar métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordestino, afirmam que o consumo hídrico das

culturas pode ser determinado através de medições de campo ou com a utilização de equações. No campo são realizadas as medições diretas e estas muitas vezes requerem o manuseio de equipamentos sofisticados e caros, o que inviabiliza sua utilização. Assim, os pesquisadores têm recorrido à equações empíricas por serem mais práticas e viáveis de serem usadas para fins de manejo da irrigação.

Os métodos empíricos desenvolvidos por cientistas, visando a determinação da evapotranspiração utilizando diferentes elementos climatológicos são muitos. Contudo, estes somente estimam a ET de forma satisfatória para as condições que foram desenvolvidos, assim quando utilizados em outras condições climáticas, podem tanto superestimar quanto subestimar os resultados, ocasionando perdas e desperdício dos recursos hídricos (ALLEN et al., 1998).

A importância na escolha do método mais adequado para estimativa da evapotranspiração ocorre em função das dificuldades em mensurar diretamente as perdas além do conhecimento relativo à quantidade de água a ser aplicada em determinada atividade, de forma a se obter maior exatidão, reduzindo as perdas e custos com água e energia.

Dada a relevância da temática, foram avaliados seis métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, entre eles Benavides & López, Blaney & Criddle, Hargreaves, Linacre, Penman (Padrão) e Radiação Solar.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Barbalha - CE, localizado nas coordenadas geográficas 07° 30' S e 39° 20' W, com 408,03 m de altitude. Os dados utilizados na pesquisa foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação meteorológica convencional instalada no município de Barbalha, CE. Para

$$ETO = 1,21 * 10^{\left(\frac{7,45 * \bar{T}}{234,7 + \bar{T}}\right)} * (1 - 0,01 * UR) + 0,21 * \bar{T} - 2,30 \quad (1)$$

Onde: T – Temperatura média do ar (°C) e UR – Umidade relativa do ar em (%).

O método de Blaney & Criddle (1950) e Doorenbos & Pruitt (1975)

$$ETO = f (0,46 * T + 8,13) \quad (2)$$

Onde: T – Temperatura média do ar (°C) e f – Percentagem média diária das horas

estimativa da evapotranspiração de referencia utilizou-se os métodos de Benavides & Lopéz, Blaney & Criddle, Hargreaves, Linacre, Penman (Padrão) e Radiação Solar.

O método desenvolvido por Benavides & Lopez (1970), descrito em Pereira et al. (1997), utiliza apenas dados de temperatura e umidade relativa conforme Equação 1.

descrito por Varejão Silva (2005), usa apenas temperatura e percentagem do fotoperíodo anual, Equação 2.

anuais de luz solar, em função da latitude e do mês, segundo a Tabela 1.

Tabela 1 - Percentagem média diária das horas anuais de luz solar (DOORENBOS & PRUIT, 1975)

Lat/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5°	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28
10°	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,27	0,27	0,28	0,28	0,29
15°	0,29	0,28	0,28	0,27	0,26	0,25	0,26	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29

O método de Hargreaves (1974) utiliza dados mensais de temperatura e umidade relativa do ar, obteve-se a

$$ETO = FET (32 + 1,8 * T) * (0,158) * (100 - UR)^{1/2} \quad (3)$$

Onde: FET – Fator de evapotranspiração (mm mês⁻¹), obtido da latitude da região em estudo, Tabela 2; T – Temperatura

evapotranspiração de referencia mensal, como segue na Equação 3.

média mensal (°C); e UR – Umidade relativa média do ar (%).

Tabela 2 - Fator de evapotranspiração de referencia em (mm.mês⁻¹)

Lat/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
06	2,45	2,21	2,36	2,12	1,99	1,82	1,93	2,10	2,23	2,47	2,37	2,40
07	2,48	2,22	2,36	2,10	1,96	1,78	1,89	2,02	2,22	2,43	2,40	2,40
08	2,51	2,24	2,36	2,08	1,93	1,75	1,86	2,05	2,21	2,44	2,42	2,51

O método de Linacre (1977) utiliza temperatura média e temperatura do ponto de orvalho, além das coordenadas

geográficas, latitude e altitude local, conforme a Equação 4.

$$ET0 = \frac{500 * Tm}{100 - lat} + 15 * (T - Td) / 80 - T \quad (4)$$

Onde: Td – Temperatura do ponto de orvalho (°C), Tabela 3; Lat – Latitude (°);

$Tm = T + 0,006 * h$; T - Temperatura média do ar (°C); e h – Altitude (m).

Tabela 3 - Determinação da temperatura do ponto de orvalho (Td), Varejão Silva (1972)

T/UR	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
23	55	51	02	05	07	09	10	12	14	15	16	17	18	19	20	21	22
24	54	00	03	05	08	10	11	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23
25	53	01	04	06	09	11	12	14	15	17	18	19	20	21	22	23	24
26	53	01	05	07	09	11	13	15	16	18	19	20	21	22	23	24	25
27	52	02	05	08	10	12	14	16	17	19	20	21	22	23	24	25	26
28	51	03	06	09	11	13	15	17	18	20	21	22	23	24	25	26	27
29	00	04	07	10	12	14	16	18	19	20	22	23	24	25	26	27	28
30	00	05	08	11	13	15	17	18	20	21	23	24	25	26	27	28	29

A estimativa da ET0 pelo método de Penman (1948) é mais complexa, pela Equação 5. Onde: Δ/γ - Fator

adimensional dependente da temperatura média do ar, Tabela 4.

$$ET0 = \frac{\Delta/\gamma * H + Ea}{\Delta/\gamma + 1} \quad (5)$$

Tabela 4 - Valores de Δ/γ em função da temperatura média do ar em (°C), Vila Nova (1967)

Temperatura	23	24	25	26	27	28	29	30
Δ/γ	2,6	2,6	2,8	3,0	3,2	3,2	3,6	3,8

O fator H é o balanço de energia radiante em (mm período⁻¹), dado pela Equação 5.1. Onde: RA – Radiação extraterrestre, função do mês e latitude, Tabela 5; n/N – Razão de insolação média do período, sendo (n) a insolação obtida da estação meteorológica e (N) o número máximo possível de horas de

brilho solar em função da latitude e mês, Tabela 6; a – Poder refletor ($a = 0,25$); σ – Constante de Stefan Boltzman ($0,807 * 10^{-10}$ cal cm⁻² mm⁻¹ °K⁻⁴); Ta – Temperatura média no período (K); e – Valor médio da pressão de vapor (mm período⁻¹).

$$H = RA * \left(0,24 + 0,58 * \frac{n}{N} \right) * (1 - a) - \sigma * Ta^4 * \left(0,56 - 0,09 * \sqrt{e} \right) * \left(0,1 + 0,9 * \frac{n}{N} \right) \quad (5.1)$$

Tabela 5 - RA em mm de evaporação equivalente, em função da latitude e mês (FAO, 1979)

Lat/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
10	16,4	16,3	15,5	14,2	12,8	12,0	12,4	13,5	14,8	15,9	16,2	16,2
08	16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
06	15,8	16,0	15,6	14,7	13,4	12,8	13,1	14,0	15,0	15,7	15,8	15,7

Tabela 6 - Valor médio mensal do número máximo possível de horas de brilho solar

Lat/Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
6	12,3	12,2	12,1	12,0	11,8	11,8	11,8	11,9	12,0	12,2	12,4	12,4
7	12,4	12,2	12,1	12,0	11,8	11,8	11,8	11,9	12,0	12,2	12,4	12,5
8	12,5	12,3	12,1	11,9	11,8	11,7	11,7	11,8	12,0	12,3	12,5	12,5

O poder evaporante de uma superfície a sombra (E_a), Equação 5.2, em (mm período^{-1}). Onde: V – Velocidade média do vento a 2,0 m de

altura no período, em (Km mês^{-1}); e_s – Tensão de saturação da temperatura média do ar no período (mm Hg^{-1}), Tabela 7.

$$E_a = 0,35 * \left(1 + \frac{V}{160}\right) * (e_s - e) \quad (5.2)$$

Tabela 7 - Tensão máxima de vapor, sobre a água, em milímetros de mercúrio (Hg)

T	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,85	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,19
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,53	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,75	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50

O método da Radiação Solar segundo Doorembos & Kassam (1979), pela Equação 6. Onde: C – Fator de ajuste dependendo da velocidade do vento e umidade relativa do ar no

período, obtido graficamente através da Figura 1; e W - Fator de ajuste dependendo da temperatura média do ar e altitude, Tabela 8.

$$ET0 = C * W * RS \quad (6)$$

A radiação de ondas curtas (RS) estimado ao nível do solo (mm período^{-1}), Equação 6.1. Onde: RA – Radiação extraterrestre, Tabela 5; e n/N - Razão de insolação média do período, sendo (n)

a insolação obtida da estação meteorológica e (N) o número máximo possível de horas de brilho solar obtida em função da latitude e mês considerado, Tabela 6.

$$RS = RA * \left(0,24 + 0,58 * \frac{n}{N}\right) \quad (6.1)$$

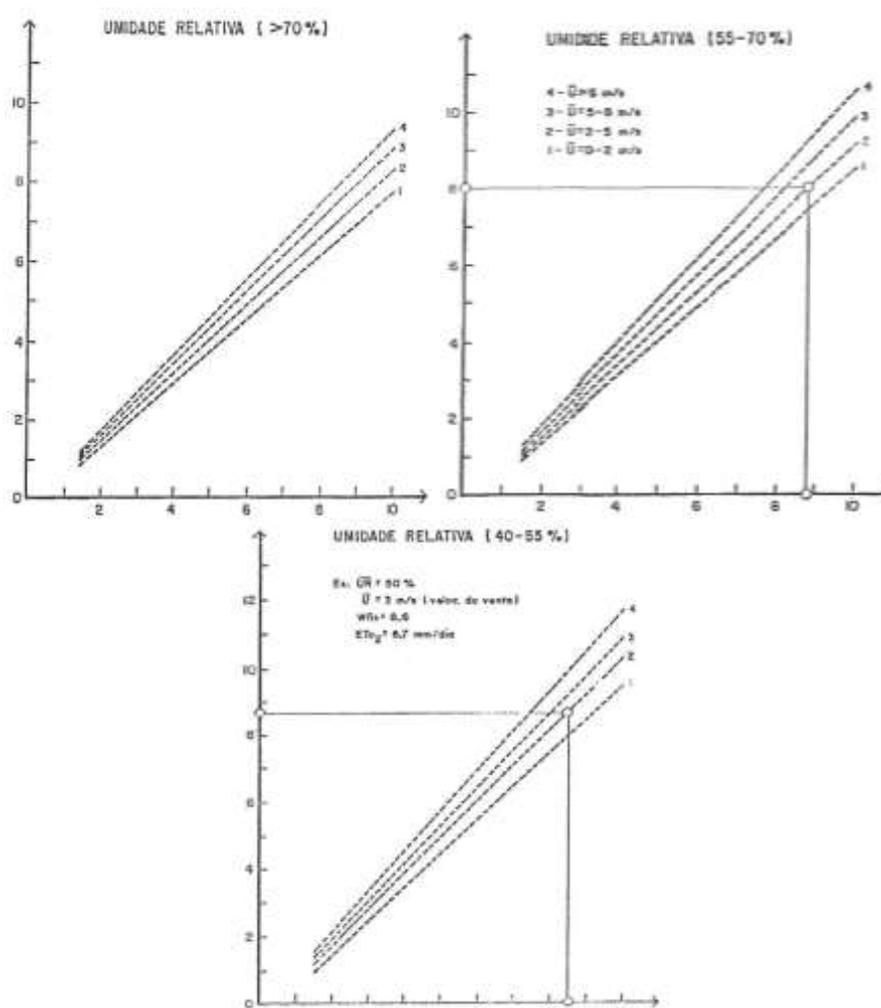


Figura 1 - Fator de ajuste função da velocidade do vento e umidade relativa (FAO, 1979).

Tabela 8 - Fator de ajuste dependendo da temperatura média do ar e altitude (FAO, 1979)

T/W	0	500	1.000	2.000	3.000
22	0,71	0,72	0,73	0,75	0,77
24	0,73	0,74	0,75	0,77	0,79
26	0,75	0,76	0,77	0,79	0,81
28	0,77	0,78	0,79	0,81	0,82
30	0,78	0,79	0,80	0,82	0,84

Na avaliação dos métodos utilizou-se o índice de concordância (d) proposto por Willmott et al. (1985). Para avaliação da correlação dos métodos utilizou-se o Coeficiente de correlação de Pearson (r). Para indicar o desempenho de cada método Camargo & Sentelhas (1997) propôs o coeficiente de confiança ou de desempenho, classificando como ótimo, Muito bom,

Bom, Mediano, Sofrível, Mau e Péssimo. Outra metodologia utilizada para comparar as relações dos métodos foi a proposta por Allen et al. (1986), em que consistiu no cálculo da estimativa do erro padrão (EEP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da temperatura e umidade relativa do ar média mensal do

município de Barbalha-CE encontram – se na Figura 2. Verifica-se que a temperatura média de Janeiro a Agosto oscila entre 25 a 26 °C, com tendência crescente da segunda quinzena do mês de Agosto até Novembro, voltando a decrescer no mês de Dezembro (Figura 2A). Nos meses de Janeiro a Abril o município estudado possui elevada umidade relativa, correspondendo à

quadra chuvosa da região, tendo comportamento decrescente até o mês de Setembro e crescente da segunda quinzena deste a Dezembro (Figura 2B). Estes resultados estão de acordo com os estudos (SILVA et al., 2013; MATOS et al., 2014) ao estudar as oscilações no regime de precipitação e a aptidão climática para Barbalha- CE.

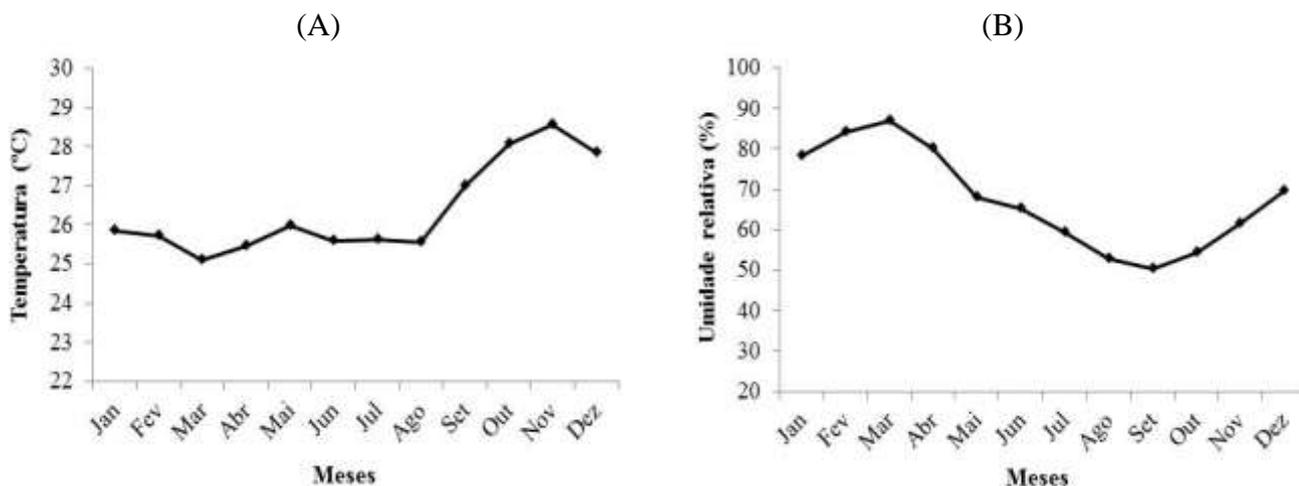


Figura 2 - Variação da temperatura média (A) e umidade relativa do ar (B) de Barbalha-CE.

A velocidade do vento evidenciou baixo desempenho durante o período chuvoso, que se estende de Janeiro a Abril, sendo que a velocidade do vento é crescente do final do período chuvoso até o mês de Agosto e decrescente até Dezembro (Figura 3A). O menor índice de insolação sobre o município é referente à quadra chuvosa, sendo o mês de Junho com maior número de horas de insolação (Figura 3B). Segundo Verissimo (1999) a insolação para Barbalha apresenta um valor total anual de 2.848 horas.

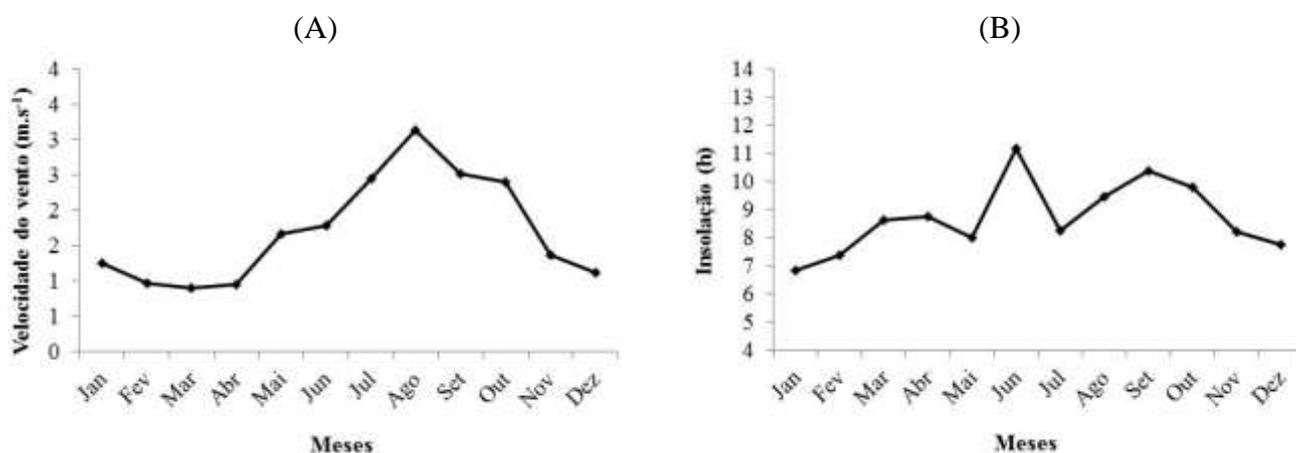


Figura 3 - Variação da velocidade do vento (A) e insolação (B) de Barbalha – CE.

As variáveis climáticas temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar, são as principais responsáveis por influenciar no processo de fornecimento da energia necessária ao processo de evapotranspiração. Estas são as que mais influência exercem sobre o desempenho dos métodos de estimativa da ET₀ (MEDEIROS, 2002; JUNGES et al., 2012).

Quando se relaciona os métodos de Benavides & Lopéz com o de Penman, verifica-se que o coeficiente de determinação não é elevado, assim o método de Benavides & Lopéz tende a subestimar a evapotranspiração quando comparado a Penman, apresentando uma diferença na ordem de 523,2 mm (Figura 4A). Recomenda-se o uso desta

metodologia quando se dispõe apenas de temperatura e umidade relativa média do ar. Quanto à relação entre o método de Blaney & Criddle com Penman, foi obtido o menor coeficiente de determinação (Figura 4B). Observa-se a dispersão dos pontos, sendo a diferença de estimativa da ET₀ na ordem de 419,2 mm, além de baixo índice de confiança, não sendo recomendada a utilização deste método para a determinação da evapotranspiração de referência da região estudada.

Estes resultados são condizentes com os relatados por Borges Junior et al. (2012), ao estudar os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE.

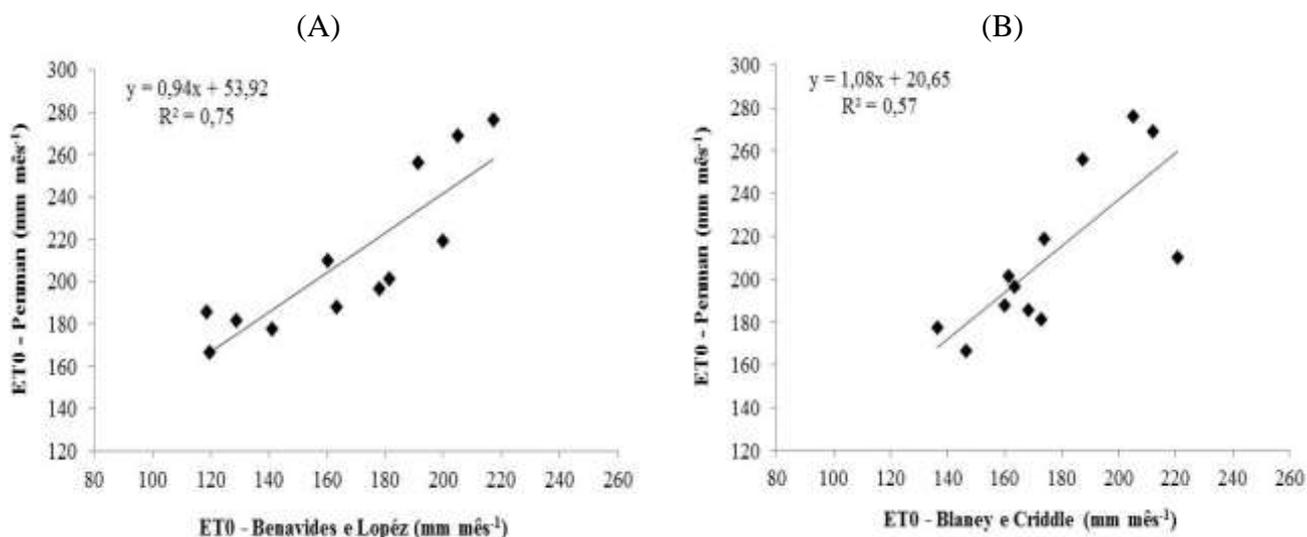


Figura 4 - Razão dos valores mensais da evapotranspiração de referência (ET₀) calculados pelos métodos de Benavides & Lopéz (A) e Blaney & Criddle (B) em relação ao de Penman.

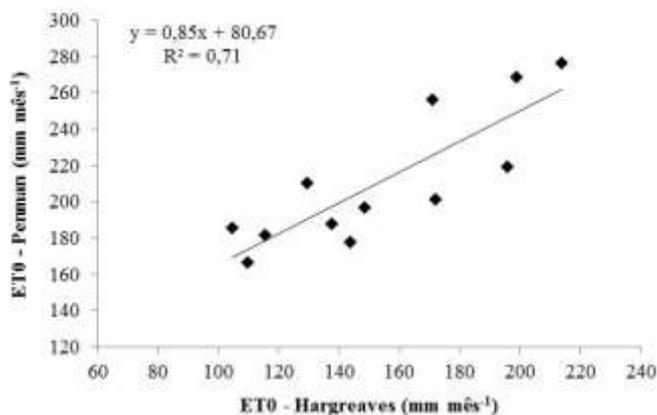
A correlação entre os métodos de Hargreaves e Linacre em relação ao de Penman encontram-se na Figura 5A e B, respectivamente. Observa-se na (Figura 5A) a dispersão entre os métodos de Hargreaves e Penman, sendo que não houve boa exatidão entre os mesmos, devido aos baixos valores de evapotranspiração estimados pelo método testado. Este resultado evidencia

uma baixa eficiência do método para dados de evapotranspiração mensal, tendo como referência, o método padrão da FAO (SILVA et al., 2014).

Quanto à metodologia de Linacre (Figura 5B), os pontos foram melhor ajustados ao modelo linear, mesmo assim este subestimou a ET₀. A adoção destes métodos no manejo da irrigação pode acarretar em estresse hídrico para

as plantas. A vantagem destes métodos de estimativa da evapotranspiração consiste na utilização de variáveis como

(A)



temperatura e umidade relativa do ar, uma vez que são de fácil obtenção.

(B)

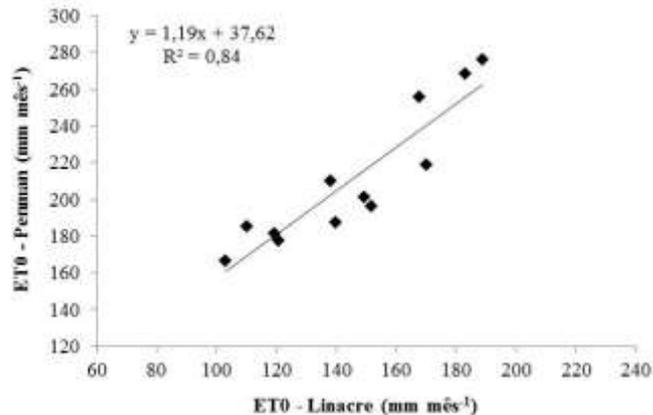


Figura 5 - Razão dos valores mensais da evapotranspiração de referência (ET0) calculados pelos métodos de Hargreaves (A) e Linacre (B) em relação ao de Penman.

Os valores de evapotranspiração de referência estimados pelo método da Radiação Solar em relação à metodologia de Penman proporcionou uma aproximação de 97,0%, ajustados sobre o modelo linear (Figura 6). Este foi o único método que mais se aproximou dos valores de evapotranspiração estimado pelo método de Penman. A desvantagem deste método é que ele

necessita de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento. Quando se dispõe de poucas variáveis, o método da radiação solar poderá ser adotado no manejo da irrigação de forma eficiente. O mesmo resultado foi observado por Mendonça & Dantas (2010), em estudo realizado no município de Capim-PB ($R^2 = 0,907$).

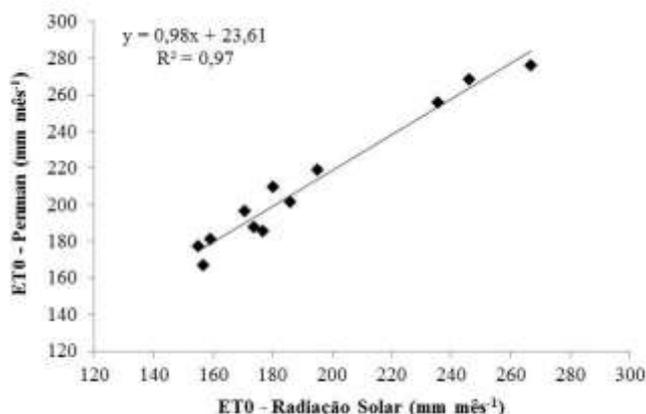


Figura 6 - Razão dos valores mensais da evapotranspiração de referência (ET0) calculado pelo método da Radiação Solar em relação ao de Penman.

De acordo com os dados, observa-se que o método da Radiação Solar evidenciou elevado coeficiente de determinação, sendo que os dados se

ajustaram melhor ao modelo matemático linear. Além disto, proporcionou alto índice de concordância, alta correlação de Pearson, ótimo nível de confiança e

baixo erro padrão de estimativa, classificado como ótimo na estimativa da evapotranspiração de referência, quando

se dispõe de poucas variáveis climáticas (Tabela 9).

Tabela 9 - Comparação dos índices: coeficiente de determinação (r^2), índice de concordância (d), coeficiente de correlação (r), índice de confiança (c) e estimativa do erro padrão (EEP)

Método Testado	r^2	d	r	c	EEP	Classificação
Benavides e Lopéz	0,75	0,66	0,86	0,57	0,65	Sofrível
Blaney e Criddle	0,57	0,65	0,76	0,49	0,83	Mau
Hargreaves	0,71	0,58	0,84	0,49	0,69	Mau
Linacre	0,84	0,54	0,91	0,49	0,52	Mau
Radiação Solar	0,97	0,93	0,98	0,91	0,24	Ótimo

Como segunda opção, o método de Benavides & Lopéz foi classificado como sofrível na estimativa da evapotranspiração de referência, devido ao baixo índice de confiança e ao elevado erro padrão de estimativa. A vantagem deste método é de se utilizar apenas dados médios de temperatura e umidade relativa do ar. Os demais métodos foram classificados como Mau em função do baixo desempenho obtido por meio dos índices da Tabela 9.

CONCLUSÕES

O método da Radiação Solar evidenciou desempenho considerado ótimo, sendo recomendado para a região. O método de Benavides & Lopéz constatou desempenho sofrível, os demais métodos foram classificados como mau, não sendo recomendados.

Os métodos de Benavides & Lopéz e Radiação Solar apresentam-se como uma alternativa para o manejo da irrigação para pequenos agricultores, quando se dispõe apenas das variáveis climáticas do INMET.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, I.F.; FERREIRA, J.N.; SILVA, M.G.; DIAS, M.F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009. 280p.
 ALLEN, J.P.; FEHER, G.; YEATES, T.O.; REES, D.C.; DEISENHOFER, J.; MICHEL, H.; HUBER, R.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A., v.83, p.8589-8593. 1986.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

BENAVIDES, J.G.; LOPEZ, D.J. Formula para el calculo de La evapotranspiracion potencial adaptada al tropico (15° N - 15° S). **Agronomia Tropical**, v.20, n.5, p.335-345, 1970.

BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. O. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data**. Washington, D. C.: Soil Conservation Service, 1950. 48p.

BORGES JÚNIOR, J.C.F.; ANJOS, R.A.; SILVA, T.J.A.; LIMA, J.R.S.; ANDRADE, C.L.T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.4, p.380-390, 2012.

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**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- CAVALCANTI JUNIOR, E.G.; OLIVEIRA, A.D.; ALMEIDA, B.M.; ESPÍNDOLA SOBRINHO, J. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.32, suplemento 1, p.1699-1708, 2011.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Guidelines for predicting cropwater requirements**. Rome: Estudio FAO, 1975. 179p. (Irrigation and Drainage, Paper, 24).
- DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efectos del agua en al rendimiento de los cultivos**. FAO, Roma, 1979. 212 p (Riego y Drenaje n. 33).
- JUNGES, T.S.C.; DALLACORT, R.; INOUE, M.H.; MODOLO, A.J.; RAMOS, H.C. Estimativa da evapotranspiração de referência por diferentes métodos para a região de sinop-mt. Brasília, **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.14, p.516-529, 2012.
- HARGREAVES, G. H. **Precipitation dependability and potentials for an agricultural production for Northeast Brazil**. Cusushash: EMBRAPA and Utah State University, 1974. 123p.
- LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evapotranspiration rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.18, p.409-424, 1977.
- MATOS, R.M.; SILVA, J.A.S.; MEDEIROS, R.M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 8, n. 6, p. 422-431, 2014.
- MEDEIROS, A.C. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba**, CE. 2002. 120p. Tese (Doutorado em Agronomia): Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MEDEIROS, R.M.; SILVA, J.A.S.; SILVA, A.O.; MATOS, R.M.; BALBINO, D.P. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para a área produtora da banana do município de Barbalha, CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.7, n.4, p.258-268, 2013.
- MENDONÇA, E.A.; DANTAS, R.T. Estimativa da evapotranspiração de referência no município de Capim, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.2, p.196-202, 2010.
- PENMAN, H.L. **Natural evapotranspiration from open water, bare soil and gross**. Roy. Soc. Proc. Série A. 193: 120-146. 1948.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 183p. 1997.
- SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração: Necessidade de água para plantas cultivadas**. Brasília - DF: ABEAS/UFV, 1996. 176p. (curso de engenharia da irrigação, módulo 4).
- SILVA, J.A.S.; MEDEIROS, R.M.; SILVA, A.O.; SILVA, J.W.O.S.; MATOS, R.M. Oscilações no regime da precipitação pluvial no município de Barbalha - CE. 2013. **Anais... I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido-SBRNS**, 2013, Iguatu.
- SILVA, M.V.T.; CARNEIRO, M.A.; FERREIRA, P.P.B.; CONCEIÇÃO, G.C.; OLIVEIRA, F.L.; MARACAJÁ, P.B. Comparação de métodos evapotranspiração de referência para cidade de Piracicaba-SP. **ACSA – Agropecuária**

- Científica no Semi-Árido**, Patos, v.10, n.2, p.61-65, 2014.
- SOUZA FILHO, F. A.; MOURA, A. D. **Memórias do Seminário Natureza e Sociedade nos Semi-Áridos**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 332p. 2006.
- TUCCI, C.E.M. **Modelos hidrológicos**-2ed, Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.669p.
- VAREJÃO-SILVA, M.A. **Metereologia e Climatologia**. Recife, versão digital, 2005. 449p.
- VAREJÃO-SILVA, M.A. **Noções de Meteorologia**. SUDENE, Recife, 213p. 1972.
- VERÍSSIMO, L.S. **A importância das águas subterrâneas para o desenvolvimento socioeconômico do eixo Crajubar, Cariri Ocidental – Estado do Ceará**. Fortaleza, 1999, 127p. Dissertação (Mestrado) - UFC.
- VILLA NOVA, N.A. **Estimativa da evapotranspiração no Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1967, 66p. Tese (Doutorado) - ESALQ-USP.
- WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; ROWE, C.M.; O'DONNELL, J. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v.90, n.5, p.8995-9005, 1985.