



<http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a333>

AVALIAÇÃO DO MÉTODO PENMAN-PICHÉ PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM MOSSORÓ-RN

R.M. Maniçoba¹, J.E. Sobrinho², S. T. A. Silva³, W. de O. Santos⁴, J. G. A. Lima⁵, R. L. C. Nunes⁶

RESUMO: O interesse para utilizar um ou outro método depende de uma série de fatores como: a disponibilidade de dados meteorológicos, a escala de tempo requerida e a adaptabilidade do método à região de estudo. Logo, comparou-se a evapotranspiração de referência obtida através de dois métodos: o método padrão Penman-Monteith-FAO, com os dados obtidos através da estação meteorológica local e a estimativa através do Evaporímetro de Piché, para a cidade de Mossoró, no período de 1997 a 2006, para diferentes intervalos de tempo. Para a comparação dos métodos de estimativa de evapotranspiração de referência foram utilizados: coeficientes de correlação (r), índice de concordância de Willmott (d) e o índice de confiança (c), que é o produto entre "r" e "d". Na comparação mensal, os meses que apresentaram melhores resultados foram Janeiro, Fevereiro, Abril e Maio, que são meses considerados chuvosos. Concluiu-se que em situações de não haver estações meteorológicas, e para o período chuvoso, o Evaporímetro de Piché pode ser utilizado para se estimar a evapotranspiração de referência para as condições climáticas de Mossoró-RN.

PALAVRAS-CHAVE: Evaporação, atmometro, método Penman-Monteith

EVALUATION OF METHOD PENMAN-PICHÉ FOR ESTIMATING THE EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE IN MOSSORÓ-RN

Abstract: The interest for using either method depends on a number of factors such as the availability of weather data, the time scale required and adaptability of the method to the study region. Then, we compared the evapotranspiration of reference obtained by two methods: the method Penman-Monteith-FAO, with the data obtained from the local meteorological station and the estimation of Evaporimeter by Piché, for the city of Mossoro, from 1997 to 2006 for different time intervals. For comparison of methods for estimating reference evapotranspiration were used: correlation coefficients (r), Willmott index of agreement (d) and the confidence index (c), which is the product between "r" and "d". In monthly comparison, the months that showed best results were January, February, April and May, which are considered rainy months. It was concluded that in situations of no weather stations, and the rainy season, the Evaporimeter of Piché can be used to estimate the reference evapotranspiration for the climatic conditions of Mossley-RN.

KEYWORDS: Evaporacion, atmometro, Method Penman-Monteith

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração compreende simultaneamente a evaporação e a transpiração, processos controlados pelo suprimento de água às plantas e pela disponibilidade de energia resultante da

¹ Mestrando, PPGES/UFRN. Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (LARHISA) Campus Universitário, 3000, Lagoa Nova 59078-970 – Natal, RN. Fone: (84) 3215-3775. Email: rudahmanicoba@gmail.com

² Doutor, professor da UFERSA. Mossoró – Rio Grande do Norte. Email: jespinola@ufersa.edu.br

³ Doutor, professor da UFERSA. Mossoró – Rio Grande do Norte. Email: saulo@ufersa.edu.br

⁴ Doutorando, PPGID/Ufersa. Mossoró – Rio Grande do Norte. Email: wesley.oliv.santos@gmail.com

⁵ Doutorando, PPGEA/UFRB. Cruz das Almas – Bahia. Email: eurojoao@gmail.com

⁶ Mestrando, Agronomia – Fitotecnia/UFC. Fortaleza - Ceará. Email: renatoleandro.ce@hotmail.com



interação com as variáveis meteorológicas que condicionam a demanda atmosférica (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997).

A Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) consideram o método de Penman- Monteith (ALLEN et al., 1998) como padrão de estimativa de evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos. Também pode ser utilizado para avaliar outros métodos. O método de Penman-Monteith FAO 56 é considerado o padrão por apresentar excelente correlação com a evapotranspiração medida em lisímetros (ALLEN et al., 1998; SMITH, 1991).

Inúmeros são os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, sendo que muitos deles têm aceitação quase que unânime, enquanto outros são bastante criticados e até desprezados (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997). O interesse para utilizar um ou outro método depende de uma série de fatores como: a disponibilidade de dados meteorológicos e a adaptabilidade do método à região de estudo.

Apesar da existência de diversos modelos para estimar a ETo, eles são utilizados em condições climáticas e agronômicas muito diferentes daquelas em que, inicialmente, foram concebidos e, por isto, é de extrema importância avaliar o grau de exatidão desses modelos antes de utilizá-los para nova condição (SILVA et al., 2005; BURIOL, 2001; SOUSA et al., 2010). Segundo Fernandes et al. (2011) a não-verificação da adequação dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência às condições climáticas conduzem ao manejo inadequado da água, acarretando em aplicações insuficientes ou em excesso resultando em perdas e prejuízos consideráveis às plantas e ao solo diminuindo desta forma, a eficiência do uso de irrigação.

Outro grande problema enfrentado pelos pequenos produtores agrícolas e fruticultores, no momento da irrigação, é a disposição de dados meteorológicos para determinação da lâmina de irrigação correta. Muitas estações ou postos meteorológicos disponibilizam somente séries históricas com dados de pluviosidade e temperatura, além de dados de evaporação medidos através de evaporímetros, Tanque classe A ou Evaporímetro de Piché. Para buscar alternativas que visem simplificar os modelos existentes e reduzir os custos de medição de variáveis, vem se desenvolvendo estudos referentes à utilização de evaporímetros, que apresentam as vantagens do fácil manejo e do baixo custo (Pivetta, 2007).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de comparar e correlacionar os valores obtidos pelo método de estimativa Penman-Piché com os determinados pelo método padrão Penman-Monteith-FAO, durante o período de 1997 a 2006, em Mossoró-RN.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados diários obtidos na Estação Climatológica da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), (latitude: 5° 12' 48" S, longitude: 37° 18' 44" W e altitude de 37 m), durante o período de dez anos (janeiro de 1997 a dezembro de 2006).

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSwh', isto é, clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono. Apresenta temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica anual muito irregular, com média anual de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9% (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995). Segundo a classificação climática de Thornthwaite, Mossoró apresenta um clima do tipo Dda'a', ou seja, Clima Semi-árido, megatérmico, com pouco ou nenhum excesso de água durante o ano (SANTOS, 2010).

Por meio da Equação 1 (VILLA-NOVA; OMETTO, 1981) foi estimada a evapotranspiração de referência pelo evaporímetro de Piche (ETpi).

$$ET_{pi} = (0,28.Pi)/(1-W) \quad (1)$$

em que,

Pi - evaporação obtida pelo evaporímetro de Piché, mm.d⁻¹

w - definido por Makkink (1957) como sendo uma função da temperatura do ar (Eq. 2 e 3).

$$w = 0,407 + 0,0145 \times T \text{ quando } 16 \text{ }^\circ\text{C} < T < 32 \text{ }^\circ\text{C} \quad (2)$$

$$w = 0,483 + 0,01 \times T \text{ quando } T < 16 \text{ }^\circ\text{C} \quad (3)$$

em que,

T – temperatura média, °C

Todo o procedimento de cálculo da ETo pelo método de Penman-Monteith-FAO foi realizado de acordo com Allen et al. (2006).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} V_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34V_2)} \quad (4)$$

em que,

ET_o - evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹

Rn - saldo de radiação na superfície da cultura, MJ m⁻² dia⁻¹

G - densidade de fluxo de calor no solo, MJ.m⁻² dia⁻¹

T - temperatura média do ar a 2 m de altura, °C

V₂ - velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹

e_s - pressão de saturação de vapor, kPa

e_a - pressão real de vapor, kPa

e_s - e_a - déficit de saturação do vapor, kPa

Δ - declividade da curva de pressão de vapor, kPa °C⁻¹

γ - parâmetro psicrométrico, kPa °C⁻¹

A análise estatística desenvolvida foi baseada em três índices. Foi determinado o coeficiente de correlação (r), índices de concordância de Willmott (WILLMOTT, 1981) (d) e o índice de confiança (c), que é o produto entre r e d, proposto por Camargo e Sentelhas (1997).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - O)(P_i - P)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - O)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - P)^2}} \quad (5)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (6)$$

em que,

O_i – Valores obtidos pelo método de Piché, mm dia⁻¹

P_i – Valores obtidos pelo método de Penman-Monteith-FAO, mm dia⁻¹

O – Média dos valores obtidos pelo método de Piché, mm dia⁻¹

P – Média dos valores obtidos pelo método de Penman-Monteith-FAO, mm dia⁻¹

$$c = r.d \quad (7)$$

onde,

c – Índice de confiança;

r – Coeficiente de correlação;

d – Índice de concordância;

Para análise dos dados (Tabela 1) foram utilizados o índice de confiança “c” e sua classificação na Tabela 2, a classificação para o coeficiente de correlação “r”, seguindo-se a metodologia de Hopkins (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os dados valores diários, médios mensais de evapotranspiração obtidos por ambos os métodos, durante o período analisado. Em todos os meses a evapotranspiração calculada pelo método de Penman Monteith foi superior à evapotranspiração estimada pelo método de Penman Piche. O mês que apresentou maior distinção foi Novembro de 2005, com médias de ET_{pm} e ET_{pi} de 8,79 e 3,19 mm.dia⁻¹ respectivamente, totalizando 168,07 mm em todo o mês. Em 2004, no mês de Junho, foi identificado o mês com menor diferença, sendo a média mensal de ET_{pm} e ET_{pi} de 3,81 e 1,59 mm.dia⁻¹.

Através da Figura 1, pode-se observar que as maiores diferenças se encontram nos meses do segundo semestre do ano, destacando-se os meses de setembro, outubro e novembro que são considerados meses secos, não chuvosos. Os meses que apresentaram menor diferença foram os meses de junho e julho.

O melhor índice de correlação (Tabela 4) entre os métodos foi para o mês de janeiro, $r = 0,98$ e menor índice de correlação, com $r = 0,58$ para o mês de setembro, resultado semelhante ao encontrado por Fernandes et al. (2011), em Uberaba-MG, cujo melhor valor de correlação encontrado também foi no mês de janeiro, com $r = 0,96$ e pior índice no mês de setembro, com $r = 0,70$.

Observou-se ainda que os meses de janeiro, fevereiro, abril e maio (Tabela 4) apesar de classificados com desempenho Péssimo quanto ao índice de confiança (Tabela 1), apresentaram coeficientes de correlação “r” superiores a 0,90, que representa um desempenho quase perfeito de acordo com a classificação quanto ao coeficiente de correlação (Tabela 2). Isso sugere que este índice isolado não é suficiente para a seleção ou indicação de modelos regionais.

Analisando-se o índice de confiança (c) os melhores resultados obtidos foram nos meses janeiro, abril e maio, meses considerados chuvosos, com valores de “c”, 0,23; 0,20 e 0,24, respectivamente. Este resultado, também é semelhante ao encontrado por Fernandes et al. (2011), que encontraram os melhores índices de confiança nos meses chuvosos, porém os índices encontrados foram todos acima de 0,85.

CONCLUSÃO

O método Penman-Piché apresentou melhor comportamento para os quatro primeiros meses do ano em Mossoró, período este, correspondente à época de maior umidade relativa do ar, em função das chuvas que ocorrem na região nesta época. O método analisado não mostrou a mesma desenvoltura para o segundo semestre do ano, quando verifica-se a época mais seca e mais quente na região em estudo.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration. Rome: FAO, 1998. 297p. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- ALLEN, R. G.; PRUIT, W. O.; JENSEN, M. E. Environmental requirements of lysimeters. In: 2006. Agric. Water Manag., v. 85. pp. 15-26. 2006.
- BURIOL, G. A. Evaporação d'água em estufas plásticas e sua relação com o ambiente externo: 2 – avaliação do uso do tanque classe A e do evaporímetro de Piche. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.9, p.35-41, 2001.
- 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, nov, 1997.

- CARMO FILHO F.; OLIVEIRA O. F. 1995. Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B) 62p.
- FERNANDES, A. L. T.; JÚNIOR E. F. F.; TAKAY B. Y. Avaliação do método Penman Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba, MG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental , v.15, n.3, p.270–276, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000300008>
- HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient**. <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>>. 04 Nov. 2007.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- PIVETTA, C. R. Evapotranspiração máxima do tomate e do pimentão em estufa plástica em função da evaporação no “Piche” e outras variáveis meteorológicas e fenométricas. Santa Maria: UFSM. 2007. 83p. Dissertação Mestrado.
- SANTOS, W. O. Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró-RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade. 2010. 222 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN.
- SILVA, V. DE P. R. DA; BELO FILHO, A. F.; SILVA, B. B. DA; CAMPOS, J. H. B. DA C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, p.547- 553, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662005000400017>
- 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, p.633-644, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000600010>
- WILLMOTT, C. J. On the validation of models. Physical Geography. v. 2, p. 184- 197, 1981.

Tabela 1. Classificação do índice de confiança (c)

Coeficiente de confiança (c)	Desempenho
> 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito bom
0,66 a 0,75	Bom
0,61 a 0,65	Mediano
0,51 a 0,60	Sofrível
0,41 a 0,50	Mau
< 0,40	Péssimo

Fonte: Camargo e Centelhas (1997)

Tabela 2. Classificação das correlações de acordo com o coeficiente de correlação (r)

Coeficiente de correlação (r)	Desempenho
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

Fonte: Hopkins (2007)

Tabela 3. Valores diários, médios mensais, da ETo, em mm d⁻¹, avaliados no período de 1997 a 2006.

	1997		1998		1999		2000		2001	
	ETpi	ETpm	ETpi	ETpm	ETpi	ETpm	ETpi	ETpm	ETpi	ETpm
Jan	2,23	5,95	1,75	5,43	2,06	5,76	1,68	5,29	2,16	5,62
Fev	1,90	6,33	2,38	6,35	2,05	5,59	1,29	4,80	2,09	5,56
Mar	1,66	5,29	1,93	5,74	1,58	4,83	1,16	4,69	1,87	4,86
Abr	1,22	4,40	2,18	5,85	1,67	4,71	0,86	3,83	1,25	3,74
Mai	1,13	4,06	2,54	5,56	1,10	3,94	1,14	4,02	1,84	5,21
Jun	1,83	5,46	2,45	5,36	1,93	4,94	1,69	2,81	1,80	4,28
Jul	2,28	5,39	2,44	4,94	2,30	5,34	1,47	3,88	2,01	5,20
Ago	2,60	6,13	2,59	5,98	2,63	6,36	1,63	5,14	2,01	5,46
Set	2,35	6,64	2,91	7,01	2,81	7,01	1,94	5,67	2,80	7,09
Out	2,48	6,97	2,86	7,24	2,68	6,87	2,44	7,01	2,71	6,96
Nov	2,48	6,89	2,33	6,37	2,49	6,45	2,35	6,52	2,65	6,75
Dez	2,17	6,58	2,49	6,69	2,17	5,86	1,98	5,44	2,68	6,34
	2002		2003		2004		2005		2006	
	ETpi	ETpm	ETpi	ETpm	ETpi	ETpm	ETpi	ETpm	ETpi	ETpm
Jan	1,06	4,27	1,67	5,35	1,46	4,56	2,41	6,47	3,10	7,25
Fev	1,88	5,17	1,37	4,82	0,99	4,26	2,16	6,12	2,05	5,91
Mar	1,53	4,56	1,09	4,30	1,33	5,14	1,92	5,65	1,21	4,98
Abr	0,89	4,00	0,83	4,26	1,69	5,00	1,40	4,84	0,98	4,09
Mai	1,09	4,15	1,61	4,49	1,73	4,67	1,28	4,27	0,97	4,05
Jun	1,02	3,63	1,63	4,54	1,59	3,81	1,23	3,72	1,69	3,98
Jul	1,56	4,27	2,85	5,36	1,43	4,21	2,62	5,33	2,16	4,88
Ago	2,92	6,30	2,61	6,41	2,53	6,09	3,06	6,30	1,63	6,12
Set	2,54	6,93	3,18	7,16	2,73	7,56	3,25	6,69	2,35	7,08
Out	2,74	7,31	3,18	7,31	3,00	7,48	3,09	7,53	2,94	7,22
Nov	2,53	6,94	2,78	7,04	2,85	7,12	3,19	8,79	2,89	6,93
Dez	2,27	6,53	2,63	6,84	2,55	6,84	3,10	7,17	2,72	6,10

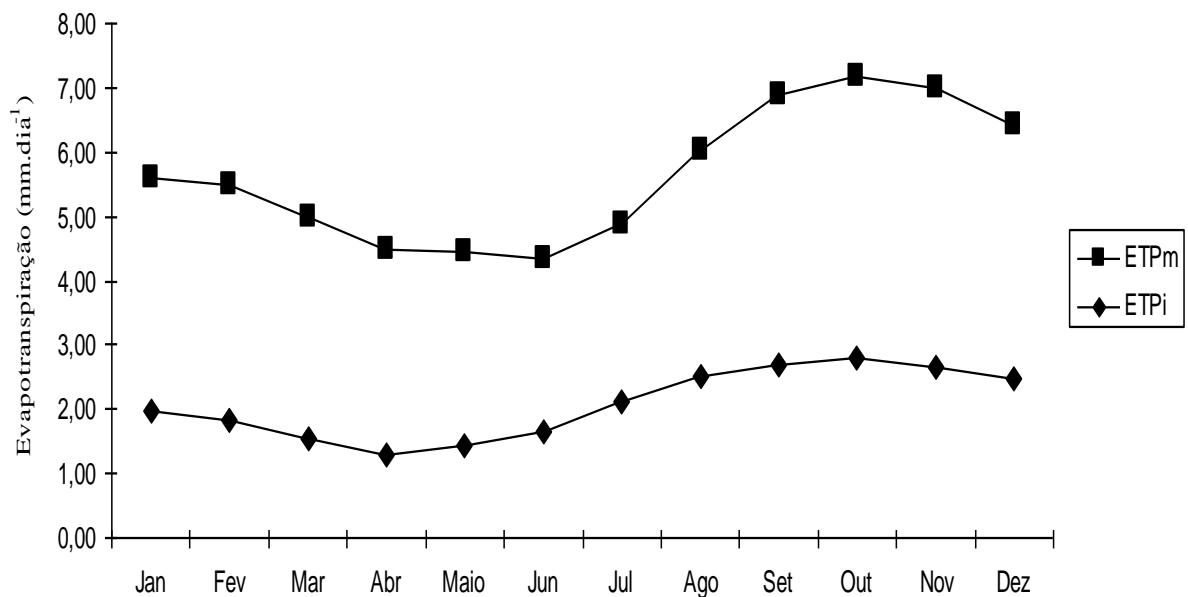


Figura 1. Variação dos valores diários, média mensal, da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith e pelo método de estimativa Penman-Piché, no período de 1997 a 2006. Mossoró-RN, 2013.

Tabela 4. Valores dos coeficientes de correlação “r”, de exatidão “d” e de confiança “c” e da classificação do desempenho dos diferentes métodos usados para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o).

Meses	ET _o – PM (Penman-Monteith)/Epi (Piché)			Desempenho
	r ²	d	c	
Janeiro	0,98	0,24	0,23	Péssimo
Fevereiro	0,90	0,18	0,16	Péssimo
Março	0,66	0,14	0,10	Péssimo
Abril	0,90	0,23	0,20	Péssimo
Mai	0,96	0,25	0,24	Péssimo
Junho	0,65	0,20	0,13	Péssimo
Julho	0,59	0,24	0,14	Péssimo
Agosto	0,72	0,19	0,14	Péssimo
Setembro	0,58	0,13	0,08	Péssimo
Outubro	0,70	0,10	0,07	Péssimo
Novembro	0,85	0,11	0,09	Péssimo
Dezembro	0,68	0,12	0,09	Péssimo