



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.4, n.2, p.104–109, 2010
 ISSN 1982-7679 (On-line)
 Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>
 Protocolo 610.10 – 05/04/2010 Aprovado em 12/06/2010

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO NORTE DA BAHIA

Gertrudes Macario de Oliveira¹, Mário de Miranda V. B. R. Leitão², Regiane de Carvalho Bispo³, Irai Manuela Santana Santos⁴, Andréa Cerqueira de Almeida⁵

¹ Profa., Dra. em Recursos Naturais, Depto de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS, UNEB, Av. Edgard Chastinet, s/n, CEP 48900-000, Juazeiro, BA. Fone: (74) 3611 7362. E-mail: gemoliveira@uneb.br

² Prof., Dr. em Meteorologia, Colegiado de Eng. Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, BA. E-mail: mario.miranda@univasf.edu.br

³ Graduando em Engenharia Agrônômica, Bolsista FAPESB/DTCS/UNEB, Juazeiro, BA. E-mail: regiane.carvalho_bispo@hotmail.com

⁴ Graduando em Engenharia Agrônômica, Bolsista FAPESB/DTCS/UNEB, Juazeiro, BA. E-mail: aleunam_estrela@hotmail.com

⁵ Eng. Agrônoma, Mestranda Ciência Animal, UNIVASF, Juazeiro, BA. E-mail: ande_uneb@yahoo.com.br

RESUMO

Para determinar as necessidades hídricas de uma cultura em condições não-padrão, é fundamental o conhecimento da evapotranspiração de referência (ET_o). O método de Penman-Monteith é considerado pela FAO, como padrão para estimativa da ET_o. Entretanto, em função do número de variáveis meteorológicas empregadas nesse método, tem-se utilizado vários outros métodos no manejo da irrigação. O presente trabalho teve como objetivo comparar, através de valores diários estimados pelo método de Penman-Monteith, o desempenho do método do tanque classe A e dos métodos de Hargreaves-Samani e de Makkink para a região norte da Bahia. Os dados utilizados para estimar a ET_o foram obtidos na estação meteorológica automática do DTCS/UNEB, Juazeiro, BA. Os resultados mostraram que os métodos de Hargreaves-Samani e de Makkink, que utilizam como variável de entrada a temperatura do ar e radiação solar global, apresentaram bons desempenho, ambos com coeficiente “c” = 0,76. O método do tanque classe A, embora muito utilizado no manejo da irrigação, mostrou desempenho apenas regular, com coeficiente “c” = 0,62.

Palavras-chave: temperatura do ar, radiação solar global, tanque classe A

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO NORTE DA BAHIA

ABSTRACT:

COMPARISON AMONG METHODS OF ESTIMATE OF EVAPOTRANSPIRATION OF REFERENCE IN THE NORTH AREA OF BAHIA

To determine the water needs of a culture in conditions no-pattern, it is fundamental the knowledge of the reference evapotranspiration (ET_o). The method of Penman-Monteith is considered by FAO, as pattern for estimate of ET_o. However, in function of the number of meteorological variables used in that method, it has been using several other methods in the irrigation handling. The present work had as objective compares, through dear daily values for the method of Penman-Monteith, the acting of the method of the Class A pan and the methods of Hargreaves-Samani and Makkink for the north area of Bahia. The data used to esteem ET_o were obtained in the automatic meteorological station of DTCS/UNEB, Juazeiro, BA. The results showed that the methods of Hargreaves-Samani and Makkink, that use as entrance variable the air temperature and global solar radiation, presented good acting, both with coefficient "c" = 0.76. The method of the Class A pan, although very used in the handling of the irrigation, it showed acting just to regulate, with coefficient "c" = 0.62.

Keywords: air temperature, global solar radiation, Class A pan

INTRODUÇÃO

Diante da preocupação mundial com o uso racional da água, e considerando que a irrigação é indiscutivelmente, a atividade de maior uso desse recurso natural, tornou-se necessário, para um planejamento mais eficiente do aproveitamento da água na produção agrícola, o desenvolvimento de metodologias que possibilitem obter máxima produção com um mínimo de água. Nesse aspecto, destaca-se o manejo racional da água na agricultura irrigada, o qual depende, dentre diversos fatores, da quantificação correta do conteúdo de água perdido por evapotranspiração dos cultivos (ET_c).

A ET_c normalmente é determinada com base em informações obtidas em outros locais, muitas vezes com clima bem diferente, sendo estimada através de coeficiente de cultura (K_c) associado a estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o). O K_c segundo Clark et al. (1996), relata o desenvolvimento fenológico e fisiológico de uma cultura particular em relação à ET_o e também

representa o uso de água de uma cultura específica, que é de importância relevante para a estimativa do seu requerimento hídrico, necessário tanto para o dimensionamento de sistemas de irrigação quanto para a operacionalização de perímetros irrigados. Por outro lado, a ET_o relaciona-se ao efeito da demanda atmosférica sobre as exigências hídricas das plantas, sendo estimada a partir de variáveis meteorológicas.

Muitas das equações empregadas na estimativa da ET_o são empíricas, o que as limitam a serem usadas para locais e clima similar àquele onde foi efetuada sua determinação. De acordo com Grismer et al. (2002), existem cerca de cinquenta métodos para a estimativa da ET_o, os quais exigem informações meteorológicas distintas e, portanto, produzem frequentemente, resultados inconsistentes. O método de Penman-Monteith é considerado pela FAO, como padrão para estimativa da ET_o. Fundamenta-se em aspectos físicos dos processos de evaporação e transpiração e incorpora explicitamente parâmetros fisiológicos e

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO NORTE DA BAHIA

aerodinâmicos da cultura de referência (ALLEN et. al., 1998). Em função do número de variáveis meteorológicas empregadas nesse método, tem-se utilizado vários outros métodos no manejo da irrigação. Dentre esses, o método do tanque classe A, um dos métodos indiretos de uso bastante generalizado, inclusive no Brasil, em virtude de seu custo relativamente baixo e do fácil manejo (BERNARDO et. al., 2005). Esse método integra na medida da evaporação de uma superfície de água livre, os efeitos da radiação solar, da velocidade do vento, da temperatura e da umidade do ar do local em que o tanque está instalado. Além do tanque classe A, métodos que empregam um número menor de variáveis, tem sido utilizados para estimar ETo. Tais métodos têm como variável de entrada, temperatura do ar e radiação solar.

O presente trabalho teve como objetivo comparar valores diários da evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman-Monteith - padrão FAO, com os valores obtidos pelo método do tanque classe A; e estimados por

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \frac{\gamma 900U_2(es - ea)}{T + 273}}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

em que,

Rn - radiação líquida total diária, MJ m⁻² dia⁻¹;

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

γ - constante psicrométrica, kPa °C⁻¹;

U_2 - velocidade do vento a 2m de altura, m s⁻¹;

es - pressão de saturação de vapor, kPa;

$$ET_{oTCA} = K_p ECA \quad (2)$$

em que,

ECA - evaporação do tanque classe A, mm;

$$K_p = 0,482 + 0,024\ln(B) - 0,000376U + 0,0045UR \quad (3)$$

em que,

métodos que se baseiam em dados de temperatura e radiação solar, para as condições climáticas do norte da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados neste estudo correspondem ao período de janeiro de 2007 a dezembro de 2009; e foram obtidos na estação meteorológica do Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais - DTCS da Universidade do Estado da Bahia - UNEB, no município de Juazeiro (Lat. 09° 24' 50"S; Long. 40° 30' 10"W; Alt. 368 m). As estimativas de ETo tomaram como base dados coletados através de um datalogger 21X, programado para efetuar leituras a cada segundo e médias a cada 30 minutos, bem como, médias diárias. Também foram utilizadas medidas diárias da evaporação do tanque classe A. A evapotranspiração de referência diária (ETo) considerada padrão foi calculada utilizando-se o método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO (ALLEN et. al., 1998),

ea - pressão parcial de vapor, kPa;

T - temperatura média do ar, °C; e

Δ - declividade da curva de pressão de vapor em relação à temperatura do ar, KPa °C⁻¹.

A evapotranspiração de referência diária obtida pelo método do tanque classe A (ET_{oTCA}) foi determinada pela relação,

K_p - coeficiente de tanque, determinado pela expressão proposta por Snyder (1992)

B - tamanho da bordadura, $B = 20$ m;

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO NORTE DA BAHIA

U - velocidade do vento a 2 m de altura, km dia⁻¹;

UR - umidade relativa do ar média diária, %.

$ET_{o_{H\&S}} = 0,0023 Q_o (T_{max} - T_{min})^{0,5} (T_{med} + 17,8)$ (4)
em que,

Q_o - irradiância solar extraterrestre, mm dia⁻¹;

T_{max} - temperatura máxima do ar, °C;

T_{min} - temperatura mínima do ar, °C;

$ET_{o_M} = 0,61 W R_s - 0,12$ (5)

em que,

R_s - radiação solar global incidente, mm dia⁻¹;

W - fator de ponderação calculado pela equação: $W = \Delta / (\Delta + \gamma)$.

A comparação entre ETo estimada e ETo padrão foi feita utilizando o coeficiente de

$$d = 1 - \left\{ \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \right\} \quad (6)$$

em que,

P_i - valor da ETo estimado;

O_i - valor da ETo padrão;

O - média dos valores padrão.

O desempenho foi classificado como ótimo para valores de “c” maiores que 0,85;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados dos indicadores estatísticos de análise do desempenho dos métodos de estimativa da ETo. Observam-se nessa tabela que entre os métodos analisados, os que utilizam como parâmetros de entrada a temperatura do ar e a radiação solar global incidente foram os que apresentaram melhor desempenho, ambos com “c” = 0,67, sendo classificados como Bom, enquanto o método do tanque classe A teve um desempenho regular com “c” = 0,62. Medeiros (1998) verificou também bom desempenho dos métodos de Hargreaves & Samani e de Makkink para a região de Santa Maria, RS, com “c” = 0,73 e “c” = 0,72, respectivamente. Conceição &

O método utilizado para estimar ETo diária com base na temperatura do ar foi o de Hargreaves & Samani (ET_{o_{H&S}}), descrito por Pereira et al. (1997), cuja expressão é,

T_{med} - temperatura média do ar, °C.

A ETo diária que utiliza a radiação solar como variável de entrada foi estimada pelo método de Makkink (ET_{o_M}), descrito por Pereira et al. (1997) da seguinte forma,

desempenho “c” proposto por Camargo & Sentelhas (1997), correspondente à multiplicação do coeficiente de correlação “r” pelo coeficiente de exatidão “d” apresentado por Willmott et al. (1985) e descrito por Camargo & Sentelhas (1997) da seguinte forma,

como muito bom para valores entre 0,76 e 0,85; como bom para valores entre 0,66 e 0,75; como regular para valores entre 0,51 e 0,65; como ruim para valores entre 0,41 e 0,50; e como péssimo para valores inferiores a 0,40.

Mandelli (2005) registraram desempenho muito bom do método de Hargreaves & Samani (“c” = 0,84, e “d” = 0,94) e desempenho ótimo do método de Makkink (“c” = 0,91 e “d” = 0,95), para as condições de Bento Gonçalves, RS. Segundo esses autores, o desempenho surpreendente do método de Hargreaves & Samani para essa região pode ser atribuído a menor amplitude térmica. Ainda com base na Tabela 1, verifica-se que o método do tanque classe A, embora tenha apresentado desempenho regular quando comparado com o método padrão, obteve correlação superior ao método de Hargreaves & Samani (r = 0,81) e mesma exatidão do método de Makkink (d = 0,77).

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO NORTE DA BAHIA

Tabela 1. Coeficiente de correlação (r), exatidão (d) e desempenho (c) para valores diários da ETo estimada pelos métodos: tanque classe A, Hargreaves-Samani e Makkink comparados com o método padrão de Penman-Monteith parametrizado pela FAO. Período: 2007 a 2009, Juazeiro, BA.

Métodos de estimativa de ETo	r	d	c	Desempenho
Tanque Classe A	0,81	0,77	0,62	Regular
Hargreaves & Samani	0,79	0,85	0,67	Bom
Makkink	0,87	0,77	0,67	Bom

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que os métodos de estimativa da evapotranspiração de referência que utilizam como variável de entrada, a temperatura do ar e a radiação solar global, tiveram desempenho melhor do que o método do tanque classe A.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E C. **Manual de Irrigação**. 7ª edição. Viçosa: UFV Imprensa Universitária, 2005. 611 p.

CAMARGO, A. P. de; 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.

CLARK, G.A.; ALBREGTS, E.E.; STANLEY, C.D. **Water requirements and crop coefficients of drip-irrigated strawberry plants**. Transaction of ASAE, St. Joseph, v.39, n.3, p. 905 - 912, 1996.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MANDELLI, F. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 303 – 307, 2005.

GRISMER, M. E.; ORANG, M.; SNYDER, R.; MATYAC, R. Pan evaporation to reference evapotranspiration conversion methods. **Journal of Irrigation Drainage Engineering**, New York, v. 128, n. 3, p. 180 - 184, 2002.

MEDEIROS, S. L. P. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região mesoclimática de Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 105 – 109, 1998.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C **Evapo(transi)piração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

**COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NA REGIÃO NORTE DA BAHIA**

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation Drainage Engineering**, New York, v. 118, p. 977 - 980, 1992.

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