



ESTIMATIVA DA ETo DIÁRIA POR PENMAN-MONTEITH FAO COM DADOS DE TEMPERATURA DO AR PARA O PLANALTO E LITORAL DE SANTA CATARINA

ANA CARLA KUNESKI¹, ROSANDRO B. MINUZZI², ANDRÉ JR. RIBEIRO³,
DANIELLE O. DA SILVA⁴

¹ Graduanda em Agronomia, UFSC/CCA, Florianópolis-SC, Fone: (0xx48) 3721-5484, anakuneski@gmail.com ² Meteorologista, Prof. Doutor, Dep. Engenharia Rural, UFSC/CCA, Florianópolis-SC

³ Agrônomo, UFSC/CCA, Florianópolis-SC

⁴ Graduanda em Agronomia, UFSC/CCA, Florianópolis-SC

Apresentado XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, PA.

RESUMO: Este estudo tem como objetivo avaliar a precisão das estimativas de evapotranspiração de referência (ETo) diária por Penman-Monteith FAO (PMF), utilizando apenas dados de temperatura do ar nas condições climáticas do Planalto e Litoral de Santa Catarina. A ETo diária por PMF foi estimada para os meses de janeiro, abril, julho e outubro em cinco localidades do Estado de duas formas: a) utilizando dados somente de temperatura máxima e mínima (não-padrão); e b) utilizando dados de temperatura média, umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de brilho solar, a qual foi definida como padrão, para fins de comparação com a forma não-padrão. A ETo por PMF utilizando apenas dados de temperatura do ar tende a ser melhor estimada em outubro (primavera) e na região de Urussanga. Na contrapartida, as piores estimativas foram para o mês de julho (inverno).

PALAVRAS-CHAVE: balanço hídrico do solo, Cropwat, irrigação

ESTIMATIVE OF THE ETo DAILY FOR PENMAN-MONTEITH FAO WITH DATA OF AIR TEMPERATURE FOR THE PLATEAU AND COAST OF SANTA CATARINA, BRAZIL

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the accuracy of estimates of reference evapotranspiration (ETo) daily by Penman-Monteith FAO (PMF), using only air temperature data for the climatic conditions in the Plateau and Coast of Santa Catarina. The daily ETo (PMF) was estimated for the months of January, April, July and October five cities in State in two ways: a) using only maximum and minimum temperature data (non-standard), and b) using average temperature, air humidity, wind speed, and number of hours of sunshine data, which was defined as standard for comparison with the non-standard method. The ETo (PMF) using only data of air temperature tends to be better estimated in October (spring) and in the region of Urussanga. In contrast, the estimates were worst for the month of July (winter).

KEYWORDS: soil water balance, Cropwat, irrigation



INTRODUÇÃO

O conhecimento da evapotranspiração é fundamental na agricultura, pois a sua utilização no balanço hídrico do solo, juntamente com registros de precipitação, permite elaborar e determinar com maior precisão o manejo de irrigação e a estimativa de produtividade. Dentre o grande número de métodos existentes para estimativa da ETo, a Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (ICID) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) considera o método de Penman-Monteith (PMF) como padrão para a estimativa desta variável, principalmente na escala diária (Allen et al., 1998), por combinar componentes aerodinâmicos e de balanço de energia. A comunidade científica tem ratificado este método como o mais preciso, em razão das comparações das suas estimativas com dados de lisímetros em várias regiões do mundo. Souza et al. (2011) mostram que dentre os nove métodos utilizados e comparados com dados de lisímetros, o método de PMF foi o que apresentou as estimativas mais satisfatórias da ETo, em razão da pequena dispersão dos pontos, descrita pelo coeficiente angular de 0,93 e coeficiente de correlação de 0,91 nas condições de Seropédica, estado do Rio de Janeiro.

Porém, eventualmente nem sempre há a disponibilidade dos elementos climáticos necessários para a estimativa de ETo por PMF, restringindo o seu uso e comprometendo as análises dependentes de ETo, principalmente na escala diária. Por isso, este estudo teve como objetivo avaliar a precisão das estimativas de ETo diária por PMF, utilizando apenas dados de temperatura máxima e mínima do ar nas condições climáticas do Oeste de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizados dados diários de temperatura média do ar (obtido pelo método compensado), umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de brilho solar de cinco estações meteorológicas localizadas no Planalto e Litoral de Santa Catarina (Figura 1) e pertencentes à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os meses analisados foram representativos do verão (janeiro), outono (abril), inverno (julho) e primavera (outubro).



Figura 1- Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo com suas respectivas altitudes (em parênteses) em regiões climaticamente homogêneas de Santa



Catarina (Braga & Ghellre, 1999).

A evapotranspiração de referência diária pelo método de Penman-Monteith (FAO) foi estimada de duas formas: a) utilizando dados somente de temperatura máxima e mínima do ar (não-padrão); e b) utilizando dados de temperatura média do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e número de horas de brilho solar, a qual foi definida como padrão, para comparação com a outra forma de estimativa de ETo. A avaliação da estimativa de ETo utilizando somente dados de temperatura do ar foi realizada por meio do erro padrão da estimativa (EPE), dos coeficientes de correlação (r) e de determinação (r^2) da Regressão Linear, do Índice de Concordância (d) e do Índice de Confiança (c). O índice de concordância (d) (Willmott, 1981) varia de 0 a 1 e representa o quanto os valores de ETo estimados pela forma padrão se ajustam aos valores obtidos pelas outras duas formas, sendo que, valores próximos de 1 indicam uma concordância perfeita. Analogamente, para a análise da confiabilidade de ETo estimado pela forma não padrão, considerou-se o Índice de Confiança (c).

Tabela 1- Critério de interpretação do índice de confiança (Camargo e Sentelhas, 1997).

Índice 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 0,60	Mau
$\leq 0,40$	Péssimo

Os cálculos da estimativa de ETo por PMF pelas duas formas, foram feitos utilizando o software Cropwat 8.0. No cálculo de ETo utilizando dados somente de temperatura máxima e mínima do ar, a estimativa dos demais elementos climáticos necessários ao cálculo de ETo, foram feitos mediante os procedimentos sugeridos por Allen et al. (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação da estimativa de ETo diária por Penman-Monteith FAO (PMF) com dados de temperatura do ar, são apresentadas na Tabela 2 para os municípios e meses utilizados no estudo. Os valores do coeficiente de determinação (r^2) mostram que a ETo padrão explica em sua maioria, de 55 a 70% da variação da ETo estimada apenas com dados de temperatura do ar (ETo não-padrão), principalmente em janeiro, abril e outubro. Algumas exceções são observadas neste quesito, como no município de Rio Negrinho que teve os menores coeficientes em janeiro (0,50), abril (0,40) e julho (0,37), ou seja, a variação de ETo estimada pela temperatura do ar não explica nem a metade aos valores da ETo padrão. Na contrapartida, estão os municípios de Urussanga nos meses janeiro (0,71) e outubro (0,74), e de Lages, em julho (0,72) e outubro (0,72). Na associação dos resultados dos coeficientes de correlação (r) e de concordância (d), percebe-se que os meses representativos do verão (janeiro) e, principalmente, da primavera (outubro), tiveram desempenhos relativamente mais satisfatórios. Na análise entre municípios, Urussanga foi o de melhor desempenho, exceto em julho, que foi unânime em apontar os piores desempenhos para todos os municípios.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
*Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia*



Percebe-se que, enquanto o mês mais frio analisado (julho) obteve as piores classificações, o município localizado na região mais quente de Santa Catarina (Urussanga), dentre as regiões analisadas, teve os melhores desempenhos ($c \geq 0,62$), ou seja, a estimativa da ETo utilizando somente dados de temperatura do ar tende a ser mais precisa em locais e períodos com clima mais quente no estado. Uma hipótese para tal comportamento, pode ser explicada pela maior resposta da variação diária da temperatura do ar em relação à radiação solar ser observada durante os períodos mais quentes do ano. No inverno, as condições pós-frontais (atuação de massas de ar frio e/ou polar) são habituais na região Sul do Brasil, resultando numa sequência de dias de céu com pouca nebulosidade (maior intensidade de radiação solar), mas com baixas temperaturas. Situação contrária à observada no verão, quando os dias com maior intensidade de radiação, estão associados com maior temperatura do ar, ou seja, a ETo não-padrão responde de forma semelhante a ETo padrão, que necessita da radiação para a sua estimativa. Melo (1998) destacou que entre os componentes da equação de estimativa da ETo por PMF, a radiação apresenta o maior coeficiente de sensibilidade relativa (0,87). Sentelhas et al. (2010) ratificam esta afirmação para o sul de Ontário (Canadá), ao constatarem que o método de Penman-Monteith FAO pode ser usado na estimativa diária de ETo quando a velocidade do vento e/ou a umidade relativa do ar não são disponíveis, havendo erros menores do que 0,6 mm/dia. Já na ausência de dados de radiação solar, as estimativas de ETo por PMF tornaram-se insatisfatórias. Irmak et al.(2006) realizaram o estudo em regiões dos Estados Unidos com diferentes características climáticas. Em geral, a radiação solar foi o elemento mais influente nas regiões úmidas, comparado ao déficit de pressão de vapor d'água (DPV). Situação oposta foi observada durante o inverno que, segundo os autores, deve-se à menor disponibilidade de energia nesta estação do ano e, conseqüentemente, maior DPV.





Tabela 2. Avaliação da estimativa da ETo diária por Penman-Monteith FAO utilizando dados da temperatura do ar.

Janeiro	r	r ²	d	c	EPE	Desempenho
Urussanga	0,84	0,71	0,78	0,66	0,602	Bom
Rio Negrinho	0,71	0,50	0,67	0,48	0,641	Mau
Lages	0,82	0,67	0,79	0,65	0,491	Mediano
Itajaí	0,75	0,56	0,77	0,58	0,595	Sofrível
São Joaquim	0,79	0,62	0,78	0,62	0,475	Mediano
Abril	r	r ²	d	c	EPE	Desempenho
Urussanga	0,81	0,66	0,77	0,62	0,433	Mediano
Rio Negrinho	0,63	0,40	0,64	0,40	0,480	Péssimo
Lages	0,82	0,67	0,73	0,60	0,356	Sofrível
Itajaí	0,82	0,67	0,68	0,56	0,323	Sofrível
São Joaquim	0,80	0,64	0,75	0,60	0,352	Sofrível
Julho	r	r ²	d	c	EPE	Desempenho
Urussanga	0,79	0,62	0,67	0,53	0,409	Sofrível
Rio Negrinho	0,61	0,37	0,64	0,39	0,458	Péssimo
Lages	0,85	0,72	0,56	0,48	0,277	Mau
Itajaí	0,71	0,50	0,50	0,36	0,387	Péssimo
São Joaquim	0,72	0,52	0,54	0,39	0,232	Péssimo
Outubro	r	r ²	d	c	EPE	Desempenho
Urussanga	0,86	0,74	0,87	0,75	0,602	Bom
Rio Negrinho	0,78	0,61	0,73	0,57	0,654	Sofrível
Lages	0,85	0,72	0,83	0,71	0,484	Bom
Itajaí	0,78	0,61	0,78	0,61	0,492	Mediano
São Joaquim	0,80	0,64	0,78	0,62	0,469	Mediano

r=coeficiente de correlação; r²=coeficiente de determinação; d=índice de concordância; c=índice de confiança; EPE= erro padrão de estimativa.

CONCLUSÕES

A ETo por PMF utilizando apenas dados de temperatura do ar apresenta os melhores resultados em outubro (primavera) e no município de Urussanga. Na disponibilidade apenas de dados de temperatura do ar, deve-se recorrer a outros métodos de estimativa de ETo que necessitem apenas desse elemento climático e que sejam comprovadamente eficazes na escala diária para as condições climáticas de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**. Rome: FAO, 1998. 297p. Irrigation and Drainage Paper, 56.
- BRAGA, H.J.; GHELLRE, R. Proposta de diferenciação climática para o estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11,





1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. CD-Rom

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**, v.5, p.89-97, 1997.

IRMAK, S.; PAYERO, J.O.; MARTIN, D.L.; IRMAK, A.; HOWELL, T. Sensitivity analyses and sensitivity coefficients of standardized daily ASCE-Penman-Monteith equation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.132, n.6, p.564-578. 2006.

MELLO, J.L.P. **Análise de sensibilidade dos componentes da equação de Penman-Monteith-FAO**. 1998. 78f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

SENTELHAS, P.C.; GILLESPIE, T.J.; SANTOS, E.A. Evaluation of FAO Penman-Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.97, p.635-644. 2010.

SOUZA, A.P. de; CARVALHO, D.F. de; SILVA, L.B.D. da; ALMEIDA, F.T. de; ROCHA, H.S. da. Estimativa da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p.219-228. 2011.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v.2, p.184-194, 1981.

