

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA PELOTAS-RS

HALLAL, Márcia Oliveira Curi¹; RADÜNZ, André Luiz²; SHÖFFEL, Edgar Ricardo³

¹ Doutoranda – Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, FAEM, UFPel, Pelotas-RS, Fone:(53)81134521, marcihallal@hotmail.com

² Mestrando – Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar – FAEM/UFPel. alradunz@yahoo.com.br

³ Eng. Agr., Prof. Doutor, Depto. de Fitotecnia, FAEM/UFPEL, Pelotas - RS

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

RESUMO: Este trabalho apresenta uma análise da estimativa da evapotranspiração potencial (ET_o) para a cidade de Pelotas, no período de 2007 a 2010, pelos métodos de Makkink, Hargreaves-Samani, Radiação Solar, Blaney-Criddle e Penman-Monteith considerado como padrão. Foram estimados os valores da ET_o diária por cada método e estes comparados com o método padrão com o objetivo de identificar os métodos que tenham aplicação mais simples que mais se aproximem do padrão. As estimativas diárias foram agrupadas por períodos, anual e sazonal, nas quais observou-se que as estimativas da ET_o para o período anual foram mais precisas. Para avaliar o desempenho de cada método foram utilizados os coeficientes de correlação (r); de exatidão, (d), e de confiança ou desempenho através do índice (c). Concluiu-se que o método de Blaney-Criddle apresentou o melhor desempenho, com índice ótimo, mas os demais métodos analisados também podem ser utilizados para estimar a ET_o pois apresentaram índices bom a muito bom.

PALAVRAS-CHAVE : Penman-Monteith; evapotranspiração.

COMPARISON AMONG REFERENCE EVOTRANSPIRATION RATING METHODS TO PELOTAS – RS

ABSTRACT: This paper presents an analysis of the potential evotranspiration rating (ET_o) to Pelotas between 2007 and 2010 throughout the methods of Makkink, Hargreaves-Samani, Solar Radiation, Blaney-Criddle e Penman-Monteith considered the pattern. ET_o rates were estimated daily by each method and compared to the pattern in order to identify the ones that have a more simple application which are closer to the pattern. The daily rates were clustered per year and per season in which it was observed that the annual ET_o rates were more precise. To evaluate each one of the method's performance the correlation coefficients (r); accuracies (d) and reliability or performance through the index were used. It was concluded that the Blaney-Criddle method has the best performance, with great index. However the other methods can also be used the rate ET_o because they have good to very good indexes

KEYWORDS : Penman-Monteith; evapotranspiration.

Introdução: A estimativa da necessidade de água de uma cultura é fundamentalmente importante para o planejamento e manejo de áreas irrigadas. Assim, as informações sobre a evapotranspiração de referência (ET_o), que permitem estimativa da evapotranspiração das culturas, tornam-se ferramentas importantes nesse processo. A determinação do seu valor, corrigido pelo coeficiente da cultura, permite que se conheça a quantidade de água que precisa ser reposta à cultura para garantir um bom desenvolvimento, sem que ocorra desperdício. A

estimativa mais precisa da ETo é obtida através do método de Penman-Monteith que tem sua utilização limitada pela quantidade de variáveis meteorológicas (Pereira et al., 1997). As diferenças dos valores obtidos pelos variados métodos são atribuídas às variáveis utilizadas e às variações climáticas locais. Com a finalidade de apurar os métodos mais precisos para cada localidade, a comparação regional entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência é alvo de muitos estudos como, por exemplo, de Kobiyama & Vestena (2006), no Paraná; de Barros et al. (2009), no Rio de Janeiro; Vescove & Turco (2005), em São Paulo e outros. Os resultados apontam para a escolha de métodos que determina o mais preciso para a região analisada. Neste trabalho serão calculadas as estimativas da evapotranspiração de referência diária pelos métodos de Makkink, Hargreaves-Samani, Radiação Solar e Blaney-Cridle e comparadas com o método de Penman-Monteith com o objetivo de identificar um método de aplicação mais simples cujos valores apresentem um bom ajuste com o método padrão e, então, possam ser utilizados na região de Pelotas.

Material e Métodos: O trabalho foi desenvolvido com dados meteorológicos diários do acervo histórico da Estação Agroclimatológica de Pelotas, instalada na cidade de Pelotas no Rio Grande do Sul, considerando o período entre os anos de 2007 a 2010. As estimativas foram feitas pelos métodos de Makkink (MK), da Radiação Solar (RS), de Hargreaves-Samani (HS), de Blaney-Cridle (BC) e de Penman-Monteith (PM) seguindo as equações contidas em Pereira et al. (1997). Estimou-se a ETo diária pelos cinco métodos e a comparação individual, de cada método com o método padrão de Penman-Monteith, anual e sazonalmente utilizando a análise de regressão linear. Para analisar a comparação serão a desempenho de cada método forma considerados os indicadores estatísticos de precisão, através do coeficiente de correlação (r); de determinação (r^2) de exatidão, pelo índice de Willmott (d), e de confiança ou desempenho através do índice (c). O coeficiente (c) será obtido reunindo os coeficientes de precisão e de exatidão da seguinte forma: $c = r * d$ e classificado segundo critério apresentado na tabela Tabela 1.

Tabela 1. Critério para classificação do desempenho dos métodos de estimativa da evapotranspiração potencial, pelo índice c (Fonte: Camargo & Sentelhas, 1997).

Valores de c	Desempenho
Maior que 0,85	Ótimo
0,76 a 0,85	Muito Bom
0,66 a 0,75	Bom
0,51 a 0,65	Regular
0,41 a 0,50	Ruim
Menor 0,41	Péssimo

Resultados e Discussão: A evapotranspiração de referência diária estimada por cada método foi calculada mensalmente e os valores médios estão apresentados na Tabela 2. A comparação destes dados com aqueles obtidos por Syperreck et al. (2008) com dados da cidade de Palotina, localizada no extremo oeste do Paraná, mostra que os valores estimados pelos métodos de PM e HS naquela localidade apresentam uma variabilidade menor do que os obtidos com dados de Pelotas, onde as médias mensais apresentam maior amplitude no decorrer dos meses do ano. No entanto, os valores das médias anuais para as duas cidades obtidas por esses mesmos métodos, embora pouco utilizados, foram muito semelhantes. O método de Penman-Monteith apresenta estimativa anual para Palotina de $2,58 \text{ mm d}^{-1}$ e para Pelotas $2,55 \text{ mm d}^{-1}$; através do método de HS os valores são de $3,27 \text{ mm d}^{-1}$ e $3,26 \text{ mm d}^{-1}$ para Palotina e Pelotas respectivamente.

Tabela 2 – Valores médios da ETodária, no período de 2007 a 2010, estimados pelos métodos de Penman-Monteith (PM), Radiação solar (RS), Makkink (MK), Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Criddle (BC).

Mês	Evapotranspiração de referência (ET _o , mm d ⁻¹)				
	PM	RS	MK	HS	BC
JAN	4,53	4,30	3,07	5,09	3,89
FEV	3,98	4,16	3,03	4,65	3,64
MAR	3,08	3,08	2,39	3,76	2,84
ABR	2,27	2,66	2,07	3,01	2,33
MAI	1,21	1,44	1,21	1,91	1,37
JUN	0,86	1,04	0,87	1,43	1,01
JUL	0,98	1,22	1,00	1,57	1,15
AGO	1,26	1,47	1,19	2,04	1,30
SET	1,94	2,12	1,62	2,59	1,79
OUT	2,72	3,16	2,34	3,63	2,46
NOV	3,55	4,11	2,97	4,45	3,23
DEZ	4,27	4,78	3,38	5,02	3,93
MÉDIA	2,55	2,79	2,10	3,26	2,41

Observa-se na Tabela 2 que o método de Hargreaves-Samani (HS), superestima os valores de ET_o em todo o período e apresenta o pior ajuste em relação ao método padrão, conforme tem-se na Figura 1. Nos meses de maio, junho e julho onde a radiação solar é menos intensa, os demais métodos apresentaram valores muito próximos ao de Penman-Monteith. O método de Makkink (MK) mostrou valores inferiores ao padrão ao contrário da Radiação Solar (RS) que, com exceção de janeiro, superestimou a evapotranspiração em todo o período e mostrou valores muito próximos ao método padrão nos meses de janeiro, fevereiro e março. Na Figura 1 nota-se, ainda, que nos dois casos essas diferenças se acentuam nos meses de maior intensidade da energia solar e que o método de Blaney-Criddle (BC) foi o que apresentou os valores mais próximos aos obtidos por Penman-Monteith (PM), subestimando os valores nos meses de primavera e verão e mostrando-se ligeiramente superior nos meses de outono e inverno. Estudo de Mendonça et al. (2003), para Campos de Goytagazes, no Rio de Janeiro, apresenta valores médios anuais da estimativa da ET_o pelos métodos de Penman-Monteith, Makkink, e Hargreaves-Samani equivalentes a 3,8 mm d⁻¹; 3,3 mm d⁻¹ e 4,2 mm d⁻¹, respectivamente, ilustrando como os valores diferem entre regiões.

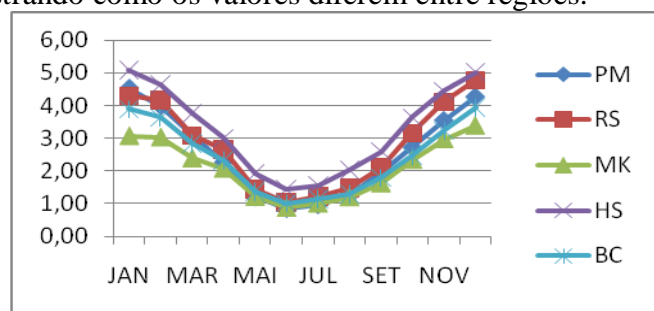


Figura 1 – Valores médios mensais da ET_o, em mm d⁻¹, estimados pelos métodos de Penman-Monteith (PM), Radiação solar (RS), Makkink (MK), Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Criddle (BC), no período de 2007 a 2010 para Pelotas.

Na busca de uma equação mais simples porém precisa, para estimar a ET_o comparou-se cada método com o método padrão. Os resultados na maioria das equações encontradas mostraram os coeficientes lineares próximos a zero e então, buscou-se novas equações que eliminassem esse termo e ainda mostrassem um bom ajuste entre as variáveis, conforme é mostrado na Figura 2, na comparação entre o método de Blaney-Criddle e o método padrão.

Os resultados destas análises encontram-se na Tabela 3. Observa-se que as equações que representam os valores anuais mostram resultados mais precisos do que aquelas obtidas na comparação sazonal, pois utilizam maior número de dados fazendo com que os valores mais dispersos fiquem menos significativos.

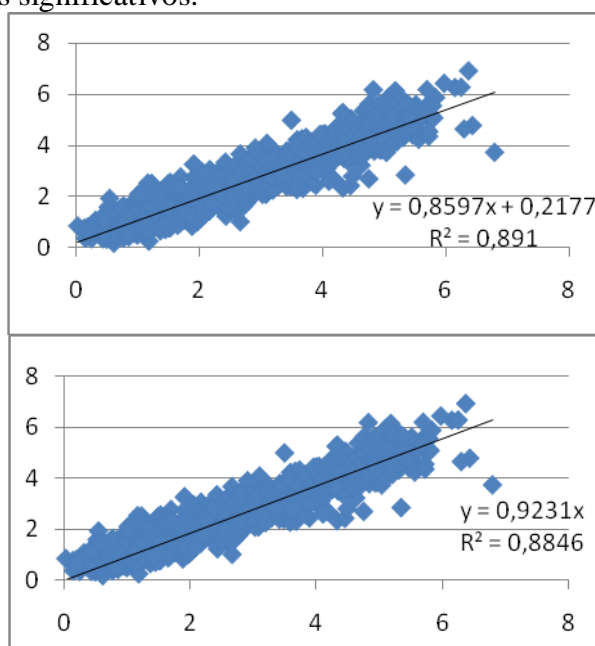


Figura 2 – Comparação da ETo diária entre os métodos de Penman-Monteith e o de Blaney-Criddle no período de 2007 a 2010 para a cidade de Pelotas.

Tabela 3 – Equação de regressão, indicadores estatísticos e classificação da comparação dos métodos de Radiação solar (RS), Makkink (MK), Hargreaves-Samani (HS) e Blaney-Criddle (BC) com o método de Penman-Monteith (PM), por estações do ano e total do período de 2007 a 2010, para Pelotas.

Métodos	equação de regressão	r ²	r	d	c	classificação
primavera						
RS	y=1,1937x	0,79	0,89	0,87	0,78	muito bom
MK	y=0,8448x	0,79	0,89	0,89	0,79	muito bom
HS	y=1,2064x	0,32	0,56	0,76	0,43	ruim
BC	y=0,9287x	0,88	0,94	0,96	0,90	ótimo
verão						
RS	y=1,0265x	0,60	0,77	0,84	0,65	regular
MK	y=0,7404x	0,57	0,76	0,72	0,55	regular
HS	y=1,1242x	0,15	0,39	0,75	0,29	péssimo
BC	y=0,8889x	0,80	0,89	0,90	0,80	muito bom
outono						
RS	y=1,136x	0,71	0,84	0,89	0,75	bom
MK	y=0,8846x	0,63	0,79	0,90	0,71	bom
HS	y=1,286x	0,37	0,61	0,77	0,47	ruim
BC	y=1,0362x	0,81	0,90	0,95	0,86	ótimo
inverno						
RS	y=1,1546x	0,53	0,73	0,81	0,59	regular
MK	y=0,8899x	0,37	0,61	0,81	0,49	ruim
HS	y=1,3489x	0,14	0,38	0,64	0,24	péssimo
BC	y=1,0051x	0,57	0,75	0,88	0,67	bom
2007/2010						

RS	$y=1,1025x$	0,7885	0,89	0,92	0,82	muito bom
MK	$y=0,7989x$	0,7611	0,87	0,90	0,79	muito bom
HS	$y=1,1811x$	0,6725	0,82	0,88	0,72	bom
BC	$y=0,923x$	0,8846	0,94	0,97	0,91	ótimo

Nota-se ainda que o método de Blaney-Criddle foi o que apresentou melhores resultados mostrando, na avaliação anual, índice de desempenho ótimo na comparação com o método padrão. Esse resultado difere do estudo de Conceição & Mandelli (2005) para a cidade de Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul, que concluíram que os métodos que empregam a radiação solar incidente apresentam desempenho superior aqueles que utilizam somente valores de temperatura e onde os melhores desempenhos foram dos métodos de Makkink e Radiação Solar. Conforme se pode consultar na Tabela 3, o método que apresentou o pior desempenho foi o de Hargreaves-Samani, mas mesmo assim, considerando sua facilidade de uso, pois utiliza apenas as temperaturas máximas e mínimas como variáveis e que seu índice de desempenho foi classificado como bom, é possível a sua utilização após a correção ao efeito local em situações específicas.

Conclusões. Para os métodos Makkink, Hargreaves-Samani, Radiação Solar e Blaney-Criddle as equações que consideram o período anual são mais adequadas do que as sazonais na comparação com o método de Penman-Monteith. O método de Blaney-Criddle foi o que mostrou valores mais precisos para esta estimativa apresentando índice de desempenho ótimo. Os métodos de Makkink, Radiação Solar e Hargreaves-Samani apresentaram resultados que permitem que sejam utilizados para estimar a ETo na região de Pelotas com menor precisão, mas ainda com desempenhos muito bom e bom.

Referências Bibliográficas

- BARROS, V. R.; SOUZA, A. P.; FONSECA, D. C. ; SILVA, L. B .D. Avaliação da evapotranspiração de referência na Região de Seropédica, Rio de Janeiro, RJ, utilizando lisímetros de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.4, n.2, p.198-203, 2009.
- CONCEIÇÃO, M. A. F; MANDELLI, F. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referencia em Bento Gonçalves. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.13, n.2, p.303-307, 2005.
- KOBIYAMA, M.; VESTENE, L. Aplicação do método de Penman modificado no calculo da evapotranspiração potencial diária para quatro estações meteorológicas do Estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. v.8, n.1, p.83-97, 2006
- MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; SALASSIER, B.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referencia na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.275-279, 2003.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: Fealq, 1997. 183p.
- SYPERRECK, V. L. G.; KLOSOWSKI, E. S.; GRECO, M.; FURLANETTO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativa de evapotranspiração de referencia para região de Palotina, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 5 supl., p.603-609, 2008.
- VESCOVE, H.; TURCO, J. Comparação entre três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara-SP. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, SP, v.25, n.3, p.713-721, 2005.