

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO MESOCLIMÁTICA DE SANTA MARIA-RS¹

Sandro Luis Petter MEDEIROS², Paulo Augusto MANFRON³, Cleusa BIANCHI⁴

RESUMO

Foi comparado o desempenho de doze métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETP) com os dados obtidos em evapotranspirômetros tipo "Thornthwaite-Mather", visando determinar quais deles apresentam as melhores estimativas da ETP para a região de Santa Maria-RS (clima tipo Cfa, segundo a classificação de Köeppen). Os dados utilizados foram as médias de quinquênios obtidos em seis anos de observação. O desempenho dos métodos foi avaliado a partir do índice de performance de Camargo (CAMARGO e SENTELHAS, 1997). De acordo com este índice, os métodos de melhor desempenho foram os de Penman, Camargo e Tanner e Pelton, os quais apresentaram desempenho "muito bom".

Palavras-chave: Evapotranspiração de referência, evapotranspirômetro, métodos de estimativa.

INTRODUÇÃO

Na literatura agronômica encontram-se diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência. Entretanto, para a escolha de um determinado método deve-se levar em consideração dois aspectos: praticidade e precisão. Os métodos teóricos e/ou métodos micrometeorológicos, apesar de serem baseados em princípios físicos e de possuírem alta precisão, apresentam limitações, principalmente quanto à instrumentação, o que impede em grande parte a sua utilização (BERLATO e MOLION, 1981).

Os métodos empíricos ou semi-empíricos são os mais empregados nas estimativas da evapotranspiração de referência, visto que estes utilizam dados meteorológicos facilmente disponíveis. Entretanto, estes métodos foram desenvolvidos em condições climáticas específicas, existindo portanto a necessidade de testá-los em uma determinada região, através da comparação dos valores estimados com os valores medidos em equipamento padrão. Desta

¹ Trabalho parcialmente financiado pelo FIPE-UFSM e FAPERGS

² Eng. Agr., Dr., Prof. Adjunto do Depto de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Univ. Federal de Santa Maria. 97.105-900. Santa Maria-RS. E-mail: sandro@ccr.ufsm.br

³ Eng. Agr., Dr., Prof. Titular do Depto de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais, Univ. Federal de Santa Maria.

⁴ Aluna do Curso de Agronomia, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa

forma, obtém-se os métodos mais apropriados à região, os quais podem ser utilizados em outras regiões climaticamente semelhantes.

CAMARGO & SENTELHAS (1997) apresentam um novo índice denominado de “c” que segundo os autores reúne os índices de precisão “r” e de exatidão “d” sendo expresso da seguinte forma: $c = r.d$. Estes autores, utilizaram o índice “c” na avaliação do desempenho dos diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para o Estado de São Paulo, Brasil, conforme os critérios da Tabela 1.

Tabela 1. Critério de avaliação do desempenho dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, pelo índice “c”, segundo CAMARGO & SENTELHAS (1997).

Valor de “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 0,6	Sofrível
0,41 a 0,5	Mau
$\leq 0,4$	Péssimo

Num estudo de avaliação de métodos para a estimativa da evapotranspiração máxima da alfafa, SANTOS et al. (1994) concluíram que as estimativas para intervalos quinquidiais, ou intervalos maiores, apresentam resultados satisfatórios enquanto que em nível diário demonstram incerteza, explicando que há uma tendência de estabilização do erro a partir de estimativas quinquidiais.

Entretanto, deve-se conciliar uma resolução temporal mínima que minimize os erros nas estimativas da evapotranspiração (no mínimo quinquidial) com a necessidade de estimavas em intervalos de tempos adequados para projetos de irrigação (preferencialmente diários). Assim sendo, deve-se preferencialmente avaliar os métodos de estimativas da evapotranspiração de referência em intervalos de no máximo de quinquídios, conciliando-se

então as exigências estatísticas com as necessidades dos projetos de irrigação.

Desta forma, este trabalho teve por objetivo comparar os diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, visando eleger os métodos mais adequados à região de Santa Maria-RS.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados para estimativas da evapotranspiração de referência foram obtidos no acervo da Estação Climatológica Principal, localizada no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (latitude: 29°41'S, longitude: 53°42'W e altitude: 95m). A evapotranspiração de referência foi medida em um conjunto de três evapotranspirômetros de drenagem, tipo "Thorthwaite-Mather" com área de 0,93m² e cultivados com grama (*Paspalum notatum*, Flugge). O clima da região é Cfa, segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961).

Os dados utilizados constaram de observações diárias de evapotranspiração de referência (ETP), temperatura média do ar (tmed), temperatura máxima do ar (tmax), temperatura mínima do ar (tmin), temperatura do termômetro de bulbo úmido (tu), velocidade do vento a 2m de altura (U₂), umidade relativa do ar (UR), insolação (n) e evaporação do tanque classe A (ECA), dos anos de 1978, 1980 e de 1982 a 1985. A radiação solar no topo da atmosfera (Ra) e a radiação solar global foram estimadas com o auxílio das equações apresentadas por ESTEFANEL et al. (1990). O saldo de radiação foi estimado a partir da equação de BRUNT-PENMAN (BERLATO & MOLION, 1981). Na análise dos dados, utilizou-se a média dos quinqüídios.

Os métodos avaliados foram:

1. Método de David (ETPD)
2. Método de Hargreaves-Samani (ETPHS)
3. Método de Benevides-Lopez (ETPBL)
4. Método do tanque "Classe A" (ETPCA)
5. Método de Jensen-Haise (ETPJH)
6. Método de Tanner e Pelton (ETPTP)
7. Método de Penmam (ETPP)
8. Método de Turc (ETPT)
9. Método de Makking (ETPM)
10. Método de Camargo (ETPC)

11. Método de Linacre(ETPL)

12. Método de Priestley e Taylor (ETPPT)

Maiores detalhes sobre estes métodos podem ser encontrados em CAMARGO (1971), BERLATO & MOLION (1981), NETO et al. (1985), SORIANO & PEREIRA (1993) e PEREIRA et al. (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da evapotranspiração de referência ao longo do ano é governada basicamente pela distribuição do saldo de radiação, pois este é o principal fator determinante da evapotranspiração. Segundo BERLATO & MOLION (1981), os métodos que se fundamentam em princípios físicos inerentes ao processo de evaporação geralmente apresentam um bom desempenho para localidades com diferentes condições climáticas.

A partir dos resultados apresentados Tabela 2, constata-se que o melhor desempenho foi obtido pelo método de Penman, Camargo e Tanner e Pelton, os quais receberam a classificação “muito bom”. Após estes, classificam-se como “bom” os métodos de Benevidez-Lopez, Turc, Hargreaves-Samani, Jensen e Haise, Makking, Tanque Classe “A” e Priestley e Taylor. Os métodos de Linacre e de David foram classificados como “mau” e “péssimo”, respectivamente.

Os métodos de Tanner e Pelton e de Penman obtiveram um desempenho “muito bom” basicamente por considerarem o saldo de radiação nas suas estimativas (equações 8 e 9, respectivamente). O método de Camargo (equações 12), que apesar de considerar somente a radiação solar extraterrestre e a temperatura do ar na estimativa da evapotranspiração, também obteve um desempenho “muito bom” (Tabela 2). Estes resultados diferem parcialmente daqueles apresentados por CAMARGO & SENTELHAS (1997) que para o Estado de São Paulo-Brasil, obtiveram a classificação de desempenho “bom” e “mediano” para os métodos de Penman e de Tanner e Pelton, respectivamente, e somente os métodos Camargo e Priestley e Taylor foram classificados como “muito bom”.

Na Tabela 2, observa-se que apesar do método original de Priestley e Taylor ter obtido um valor de índice “c” mais elevado que o verificado no método modificado, ambos foram classificados como “bom”. Portanto, para regiões climaticamente semelhantes a Santa Maria e na ausência de dados de temperatura de bulbo úmido, pode-se utilizar dados de temperatura de bulbo seco no método de Priestley e Taylor.

O baixo desempenho dos métodos de David e Linacre pode ser explicado pelo fato

de que não é considerada a radiação solar (equações 3 e 13, respectivamente). Considerando que estes dois métodos necessitam apenas da temperatura do ar e/ou do déficit de saturação do vapor d'água em suas estimativas, então, as variáveis meteorológicas utilizadas por estes métodos apresentam pequena influência sobre a evapotranspiração na região de Santa Maria ou mesmo, que estes métodos necessitam ser ajustados para a região.

Tabela 2. Desempenho dos diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Santa Maria-RS.

Método	Equação de regressão	r	Índice d	"c"	Desempenho
Penmam	$y=0,98x+0,14$	0,87	0,93	0,81	Muito bom
Camargo	$y=0,8x+0,41$	0,86	0,92	0,79	Muito bom
Tanner e Pelton	$y=1,04x+0,06$	0,84	0,9	0,76	Muito bom
Benevides-Lopez	$y=0,99x+0,11$	0,83	0,9	0,75	Bom
Priestley e Taylor ⁽¹⁾	$y=0,84x-0,14$	0,84	0,88	0,74	Bom
Turc	$y=0,75x+1,28$	0,84	0,87	0,73	Bom
Hargreaves-samani	$y=1,02x+0,98$	0,88	0,83	0,73	Bom
Jensen e Haise	$y=1,13x+0,41$	0,85	0,86	0,73	Bom
Makking	$y=0,61x+0,57$	0,85	0,85	0,72	Bom
Tanque classe "A"	$y=1,03x+0,91$	0,86	0,83	0,71	Bom
Priestley e Taylor ⁽²⁾	$y=0,89x-0,18$	0,77	0,89	0,68	Bom
Linacre	$y=0,86x+2,78$	0,83	0,59	0,49	Mau
David	$y=1,93x+0,67$	0,79	0,49	0,39	Péssimo

Onde, y e x, valores estimado e observado, respectivamente; r-coeficiente de correlação; d- índice de concordância; c-índice de desempenho. ⁽¹⁾ Estimativa obtida com o método original de Priestley e Taylor ; ⁽²⁾ Estimativa obtida com o método de Priestley e Taylor modificado.

Conclusões

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que:

1. Estimativas adequadas da evapotranspiração de referência, em Santa Maria-RS, são obtidas com os métodos de Penman, de Camargo e de Tanner e Pelton.
2. Os métodos que incorporam a radiação solar e a temperatura do ar em sua estrutura, possuem uma melhor estimativa da evapotranspiração de referência que os métodos que utilizam somente temperatura do ar e/ou o déficit de saturação.

BIBLIOGRAFIA

- BERLATO, M.A., MOLION, L.C.B. **Evaporação e Evapotranspiração**. Porto Alegre, IPAGRO, Secretaria de Agricultura, RS. 1981. 95p. (Boletim Técnico, 7).
- CAMARGO, A.P. **Balanço Hídrico no estado de São Paulo**. 3^a.ed., Campinas, IAC, 1971. 24p.
- 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.
- ESTEFANEL, V., SCHNEIDER, F.M., BERLATO, M.A., BURIOL, G.A., HELDWEIN, A.B. Insolação e radiação solar na região de Santa Maria, RS: I-Estimativa da radiação solar global incidente a partir dos dados de insolação. **Rev. do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.20,n.3-4, p.203-218. 1990.
- MORENO, J.A. **O clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria de Agricultura. 43p. 1961.
- NETO, M. da S.A.; OLIVEIRA, C.A.V. e SILVA, D.D. da. Avaliação de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial em regiões Semi-Áridas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, IV, 1985, Londrina, PR. **Anais...**, Londrina: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 344p. p.211-229.
- PEREIRA, A. R., VILA NOVA, N. A., SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba, FEALQ, 1997. 183p.
- SANTOS, O.D., BERGAMASCHI, H., CUNHA, G.R. Avaliação de métodos para a estimativa da evapotranspiração máxima da alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.2, p.37-42. 1994.
- SORIANO, B.M.A., PEREIRA, A.R. Estimativa da evapotranspiração de referência para a sub-região da Nhecolândia, pantanal Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, p.123-129. 1993.