

ADEQUABILIDADE DE ALGUMAS EQUAÇÕES DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL EM CONDIÇÕES DE CLIMA TEMPERADO¹

Célio Orli Cardoso², Antonio Orben Bianco³

ABSTRACT - The objective was to test some methods for daily evapotranspiration in temperate climate, using as reference the USWB tank (Class A). The equations of Thornthwaite, Papadakis, Tanner, Blaney-Criddle, Ivanov, Makkink, Hargreaves, Priestley-taylor, Jensen-haise and Penman were tested. The meteorological data were obtained from the agrometeorological station of Centro de Ciências Agroveterinárias at Lages, SC. The statistical analyses were accomplished by linear regression. For daily interval, of the Hargreaves' equation showed the best performance, followed by the equations of Penman and Makkink.

INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um fenômeno físico de transporte de água, em forma de vapor, do solo à atmosfera, representando o somatório da evaporação do solo e a transpiração dos vegetais de uma determinada área. Chang (1968) define evapotranspiração como a combinação da evaporação de toda a superfície de um certo local e a transpiração das plantas neste mesmo local.

Diante da importância da evapotranspiração, vários métodos foram propostos para estimá-la, cuja dificuldade principal tem sido a de reunir simplicidade e precisão na estimativa. A escolha de um método para a estimativa da evapotranspiração baseia-se na precisão da estimativa, na resolução temporal mínima e na disponibilidade de dados meteorológicos para seu processamento. Segundo Santos (1994) o método de estimativa da evapotranspiração deve apresentar um bom desempenho na região climática com a menor resolução temporal possível em vista dos dados disponíveis para sua solução.

O objetivo foi selecionar equações clássicas que possam ser aplicadas com dados meteorológicos facilmente disponíveis em intervalo de cálculo diário e avaliar, para cada fórmula, a evapotranspiração potencial para o local nas distintas estações do ano, mediante critérios estatísticos de paralelismo e concordância.

MATERIAL E MÉTODOS

O clima da região se caracteriza por apresentar inverno bastante rigoroso, e verão com temperaturas amenas oscilando com temperaturas altas. Os dados utilizados para o processamento das equações de ETP são registros meteorológicos diários das variáveis meteorológicas da região que foram obtidos junto a estação agrometeorológica do CAV.

Os valores de evapotranspiração potencial foram calculados utilizando-se de equações e correlações, tais como: Penman, Ivanov, Blaney-Criddle, Hargreaves e Thornthwaite, entre outros. Para a escolha destas equações levou-se em consideração a disponibilidade das variáveis meteorológicas necessárias para o processamento das mesmas.

Adequação das equações para estimativas da ETP: Foi realizado uma análise estatística, tendo como base os valores de evaporação do tanque classe A, e critérios de paralelismo e de concordância propostos por Jensen (1973) e Dorfman (1977).

Critérios de paralelismo: Busca-se obter a equação de regressão, $ET = a + b.Eo$, (onde ET= estimativas de ETP e Eo = evaporação do tanque classe A, corrigida $Kp=0,81$), o coeficiente de correlação "R", o coeficiente de determinação "R²", o teste F para $\alpha = 0,99$ e o cálculo de variância residual "S²", entre ET observada e ETP estimada. Com estes critérios pode-se observar se as variações das estimativas se comportam de forma paralela às variações dos valores observados de evaporação do tanque classe A

Critérios de concordância: Busca-se selecionar alguns indicadores para avaliar o grau de concordância entre os valores observados de Evaporação do tanque classe A (Eo) e os valores de evapotranspiração (ET) obtidos das equações empíricas. Os indicadores selecionados foram, o erro padrão (RMS), o teste de variabilidade (CV) a diferença proporcional total (K), o erro relativo (C2) e as diferenças percentuais (DP). Maiores detalhes sobre estes critérios podem ser encontrados em Dorfman (1977).

Para a definição da melhor equação para o local do estudo, através dos critérios anteriormente listados, atribui-se pesos crescentes em função da sua posição de ordem de classificação em cada critério, e seus escores parciais somados obtendo-se o escore total. A classificação final foi feita de 1 a n, sendo a melhor fórmula a que apresentou o menor escore total.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se os resultados das equações de estimativas de ETP no intervalo diário a partir das variáveis meteorológicas coletadas na estação agrometeorológica do CAV ao longo do primeiro ano da pesquisa. Salienta-se que a pesquisa encontra-se em andamento, assim os resultados aqui apresentados são parciais, em apenas um intervalo de cálculo (diário) e ainda não levando em consideração as estações do ano, como proposto no projeto.

Na tabela 1 são apresentados os coeficientes obtidos para as equações de regressão linear, seus coeficientes de correlação, teste de hipóteses (validade das equações) e os resultados dos critérios de avaliação adotados (tabela 2), mediante os quais as equações de ETP foram submetidos, com o intuito de verificar sua adequabilidade na estimativa da ETP para o local de estudo, em intervalo de cálculo diário.

Para verificar a validade das equações obtidas, seus coeficientes de correlação foram submetidos a dois testes de hipóteses. No primeiro teste realizou-se a prova de significância dos coeficientes de correlação (teste t). Neste, rejeitou-se a hipótese da nulidade ($H_0: R=0$) para as equações obtidas exceto para a equação de Tanner, na qual não se rejeitou a hipótese da

¹ Trabalho de Iniciação Científica.

² Prof. Depto. de Engenharia Rural (ENR), Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV Univ. Estado de Santa Catarina – UDESC - CP 281 - CEP 88520-000 - Lages SC, Brasil. (a2coc@cav.udesc.br)

³ Acadêmico de Agronomia. Bolsistas de Iniciação Científica PROBIC/UDESC. Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV.

nulidade, pois o valor de t calculado foi menor que o tabelado ao nível de 10% de significância ($T_t = 2,62$, Fonseca et al, 1985). Assim sendo, podemos dizer que existe relação linear entre as variáveis correlacionadas, para o intervalo diário de estimativa, exceto para a equação de Tanner. O segundo teste recaiu apenas sobre as equações, cujos coeficientes de correlação apresentaram valores inferiores a 0,7 (valor aceitável como satisfatório). Neste, rejeitou-se a hipótese da nulidade ($H_0: r = 0,7$) para as equações de Papadakis, Priestle-Taylor e Tanner (valores calculados fora do intervalo de aceitação), demonstrando que a relação linear existente, entre os valores diários de evaporação de tanque classe A e as estimativas realizadas por estas equações, é relativamente fraca, e a utilização das equações de regressão, nestes casos, podem resultar em erros grosseiros. Mesmo assim, estas equações foram utilizadas para dar continuidade aos testes de classificação das estimativas de ETP que seguem.

Tabela 1. Valores dos coeficientes das equações de regressão linear ($ETP=f(E_0)$) para intervalo de cálculo diário, coeficientes de correlação e teste de hipóteses.

Intervalo cálculo	Métodos	Coeficientes			Teste hipótese	
		a	b	R	Tc	Zc
Diário	Blaney-Cridde	2,77	0,53	0,67	9,96	-0,59
	Hargreaves	2,99	0,35	0,76	13,05	
	Ivanov	2,37	1,44	0,64	9,08	-1,25
	Jensen-Haise	1,62	0,51	0,66	9,62	-0,85
	Makking	0,28	2,80	0,73	11,70	
	Papadakis	1,46	0,27	0,47	5,93	-3,84
	Penman	3,05	0,30	0,71	11,05	
	Priestle-Taylor	3,51	0,20	0,55	7,32	-2,55
	Tanner	5,02	0,05	0,17	1,85	-7,66
	Thornthwaite	1,07	0,39	0,67	9,98	-0,58

Na tabela 2, apresentam-se os resultados obtidos pelas equações de estimativa da ETP submetidas aos critérios de paralelismo e concordância selecionados, bem como a classificação geral obtida (performance) na tabela 3. Para esta classificação usou-se inicialmente dois critérios de paralelismo (coeficiente de determinação " r^2 " e o teste F " F_c ") e dois critérios de concordância (erro padrão "RMS" e erro relativo "CV"), sendo os demais critérios auxiliares, usados em caso de empate.

Tabela 2. Valores dos critérios de avaliação (paralelismo e concordância) das equações de estimativa de ETP para o intervalo diário em Lages - SC.

Método	Critérios de Paralelismo		Critérios de Concordância					
	r^2	F_c	S2	RMS	CV	K	C2	DP
Blaney	0,45	99,3	1,70	1,56	0,22	1,09	0,31	0,09
Hargreaves	0,58	170,3	0,58	1,54	0,07	1,01	0,30	0,01
Ivanov	0,41	82,5	13,98	4,21	0,82	1,73	0,78	0,73
Jensen	0,43	92,6	1,68	1,74	0,35	0,80	0,33	0,20
Makking	0,53	136,9	0,41	1,69	0,15	0,90	0,33	0,10
Papadakis	0,23	35,2	0,87	2,55	0,64	0,57	0,49	0,43
Penman	0,50	122,2	0,50	1,62	0,01	0,98	0,32	0,02
Priestle	0,31	53,7	0,35	1,78	0,06	1,01	0,35	0,01
Tanner	0,03	3,4	0,26	2,26	0,35	1,24	0,44	0,24
Thornthwaite	0,45	99,7	0,91	2,38	0,67	0,57	0,47	0,43

Analisando-se os valores do teste F (F_c) verificou-se que o teste foi altamente significativo ao nível adotado ($F(n_1, n_2, \alpha=0,99, F_{tab} = 1,00)$) para todas

as equações de estimativa testadas, assim procedeu-se a classificação de acordo com o estabelecido em materiais e métodos.

A classificação final obtida mediante os critérios analisados é apresentada no Tabela 3, a seguir.

Tabela 3. Classificação final das equações de estimativas da ETP no intervalo de tempo diário em Lages - SC.

Classificação	Critério		
	Paralelismo	Concordância	Geral
1º lugar	Hargreaves	Hargreaves	Hargreaves
2º lugar	Makking	Penman	Penman
3º lugar	Penman	Blaney	Makking
4º lugar	Thornthwaite	Priestle	Blaney
5º lugar	Blaney	Makking	Priestle
6º lugar	Jensen	Jensen	Jensen
7º lugar	Ivanov	Tanner	Thornthwaite
8º lugar	Priestle	Thornthwaite	Tanner
9º lugar	Papadakis	Papadakis	Papadakis
10º lugar	Tanner	Ivanov	Ivanov

Os resultados obtidos vêm ao encontro com as conclusões de alguns autores (Dorfman, 1977, Berlato et al., 1981), que afirmam que o método de Penman não parece dar bons resultados para estimativas diárias, sendo recomendado para períodos de 5 dias ou mais. Entretanto, Tanner e Pelton (1960 apud Braga, 1982) em análises exaustiva de comparação concluíram que o método de Penman é válido para estimar a evapotranspiração potencial para períodos curtos, como um dia. Já os métodos que utilizam a média da temperatura e a umidade relativa do ar na estimativa de evapotranspiração potencial (Ivanov, Papadakis, e Thornthwaite) perdem consideravelmente em precisão quando utilizados em períodos inferiores a um mês. Segundo comenta Braga (1982), as principais fontes de erro destes métodos são a defasagem entre a radiação e temperatura e a advecção.

REFERÊNCIAS

- Berlato, M.A. & Molion, L.C.B. 1981. Evaporação e Evapotranspiração. Porto Alegre, IPAGRO - Instituto de Pesquisas Agronômicas. 96 p. (IPAGRO. Boletim Técnico, 7)
- Braga, H.J. 1982. Caracterização da Seca Agronômica Através de Novo Modelo de Balanço Hídrico, na Região de Laguna, Litoral Sul do Estado de Santa Catarina. Piracicaba, S.P. ESALQ/USP. 139 p. (Diss. de Mestrado)
- Chang, J. 1968. Climate and Agriculture. An Ecological Survey. Chicago, Aldine Publishing Company, 304p.
- Dorfman, R. 1977. Critérios de Avaliação de Alguns Métodos de Cálculo da Evapotranspiração Potencial, CPGRHS/UFRGS, Porto Alegre, R.S. 150p. (Master Thesis).
- Fonseca, J.S.; Martins, G.A.; Toledo, G.L. 1985. Estatística Aplicada. 2.ed. Atlas. São Paulo. 267p.
- Jensen, M.E., 1973. Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements. New York, American Society of Civil Engineers, 215p.
- Santos, A. O.; Bergamaschi, H.; Cunha, G.R. 1994. Avaliação de Métodos para a Estimativa da Evapotranspiração Máxima da Alfafa. In Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria, v.2.p.37-42.