

ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DE VILLA NOVA E OMETTO (ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA) PARA A REGIÃO DE PELOTAS, RS.

JOSÉ CARLOS OMETTO¹ e FLÁVIO GILBERTO HERTER²

RESUMO - O presente trabalho trata da adaptação do modelo de estimativa da evapotranspiração de referência, utilizado por VILLA NOVA E OMETTO, para a região de Pelotas, RS. Pela tentativa de se obter expressões mais significativas, procurou-se fazê-las mensais, as quais se mostraram eficientes. Em estudo comparativo contra a expressão original de PENMAN, juntamente com os modelos de THORNTHWAITE, Radiação Solar e Classe A, o presente modelo foi o que melhor se comportou, acusando um coeficiente de 0,96.

ADAPTATION OF THE METHOD DEVELOPED BY VILLA NOVA & OMETTO (ESTIMATION OF POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION) FOR THE REGION OF PELOTAS, RS.

ABSTRACT - The present paper deals with the adaptation of the VILLA NOVA and OMETTO model for estimating potential evapotranspiration applied in the Pelotas region, RS. In an attempt to obtain more significant expressions, they were made monthly and showed to be efficient. In a comparative study with the original PENMAN expression, together with the methods of THORNTHWAITE, Solar Radiation and Class A Evaporation Pan, the present model presented the best behavior, giving determination coefficient of 0,96.

1. Eng^o Agr^o, LD, Professor Adjunto da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP - Caixa Postal 9 - 13400 Piracicaba - SP.

2. Eng^o Agr^o, M.Sc., Pesquisador EMBRAPA-UEPAE de Cascata, RS.

INTRODUÇÃO

A necessidade de se determinar a demanda em água por uma cultura qualquer, envolve o conhecimento dos parâmetros físicos e fisiológicos que concorrem para tal. Dessa maneira procura-se caracterizar as influências destes parâmetros na produção agrícola e também encontrar coeficientes que tornem racional e econômica a quantidade de água a ser utilizada pela cultura. E este trabalho baseia-se nessa busca, utilizando-se da adaptação do modelo de estimativa de consumo e perda em água proposto por VILLA NOVA & OMETTO (1981) para a região de Pelotas, RS.

A região de Pelotas, RS, segundo MORENO (1961) está classificada como clima sub-tropical, ou temperado, com boa distribuição anual de chuvas. MOTTA *et al* (1974) salienta existir um déficit hídrico de 47 a 117 mm anuais, sendo que em meses de verão pode ocorrer uma má distribuição de chuvas. Como a resposta das plantas aos estímulos causados pelo déficit de água no meio ambiente encontra-se, em geral, em torno de alguns dias, existe a necessidade de se estabelecerem métodos que possam estimar com certa aproximação o consumo em água. E esta, como se sabe, é o fator condicionante da produção agrícola.

Alguns autores têm trabalhado com modelos que possam estimar o consumo real de água para as diversas plantas. Assim, BLANEY & CRIDLE (1945) desenvolveram um modelo para a utilização em irrigação baseado no uso consuntivo de água pela cultura.

Outros autores basearam-se na estimativa da perda em água utilizando-se da evapotranspiração de referência (ET_0). Para esse parâmetro existem muitos métodos propostos.

O primeiro método que se conhece foi proposto por THORNTHWAITE (1948). Baseia-se em informações de temperatura e fotoperíodo. Por ser um método bastante simples é até hoje muito utilizado. Um outro, chamado de método combinado (associa-se parâmetros energéticos e aerodinâmicos), foi proposto por PENMAN (1948). Este é considerado como o mais racional e eficiente, justamente pela precisão de sua estimativa. Isto é uma forte justificativa para que pesquisadores de todo o mundo procu-

rem simplificá-lo. Pelo fato de ser preciso, é também complexo. A busca é sempre no sentido de diminuir sua complexidade, procurando sempre manter sua precisão.

Entre nós, VILLA NOVA & OMETTO (1981), procurando também simplificar a equação original de PENMAN, fizeram-na para dois períodos anuais (primavera-verão e outono-inverno), encontrando duas equações adaptadas às condições do Estado de São Paulo. E o propósito final deste trabalho é encontrar as equações mensais, propostas por esse método para a região de Pelotas, RS.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados climáticos foram obtidos no posto agrometeorológico da UEPAE de Cascata, localizado no município de Pelotas, RS, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude de 31,87° Sul e longitude de 52,35° Oeste.

A série de dados da qual se obtiveram as equações mensais de ET_0 corresponde ao período de 1969 a 1980.

A metodologia utilizada foi a partir do modelo de PENMAN modificado por VILLA NOVA & OMETTO (1981) através da seguinte equação:

$$ET_0 = \alpha \cdot H + \Omega \cdot P_i$$

onde: ET_0 é a evapotranspiração de referência (em mm)

α é o coeficiente de correção para o termo energético, função da temperatura do ar (Tabela 1)
Significa a relação entre a tangente a curva do vapor d'água atmosférico quando a temperatura do solo tende à do ar, com soma desse mesmo item e constante psicrométrica.

H é o termo energético, expresso pela radiação líquida disponível aos processos naturais

Ω é o coeficiente de correção para o termo aerodinâmico, sendo também função da temperatura.
Significa a relação entre a constante psicrométrica com a soma da tangente a curva do vapor d'água atmosférico, quando a temperatura do solo tende à do ar e a própria constante

psicrométrica.

Pi é a evaporação do evaporímetro Piche (em mm) (Tabela 2).

O cálculo da radiação líquida (H) foi feito através de estimativa, utilizando-se da equação original de PENMAN, sendo que os valores da radiação global extraterrestre (Q_0) médios mensais calculados para Pelotas foram obtidos em milímetros de evaporação equivalente (conforme Tabela 3).

Os coeficientes a e b da regressão para o balanço de ondas curtas utilizados foram os encontrados por MOTTA (1976), sendo iguais a 0,35 e 0,46 respectivamente.

Para correlacionar o termo aerodinâmico da equação de PENMAN com valores de evaporação obtidos no evaporímetro Piche, foram utilizados dados de velocidade média do vento a 7 metros de altura e transformados através da equação de Pasquill:

$$\left[\frac{U_2}{U_7} = \left(\frac{Z_2}{Z_7} \right)^{0,142857} \right]$$

para a altura de 2 metros (conforme Tabela 4). Os valores referentes aos défices de saturação foram obtidos a partir daqueles indicados pelo psicrômetro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações mensais de evapotranspiração de referência obtidas a partir dos valores médios mensais dos dados meteorológicos da região obedecendo o critério acima mencionado, encontram-se na Tabela 5.

Os valores da evapotranspiração de referência médios para pentadas nos meses de março, junho, setembro e dezembro, foram calculados com os dados climáticos referentes aos anos de 1969-1979, utilizando-se dos métodos de PENMAN (original), THORNTHWAITE, Radiação Solar e Método do Tanque Classe A (valores constantes na Tabela 6) para obtermos a correlação com o método proposto.

Examinando-se a Tabela 6, onde são mostrados os valores

de ET_0 encontrados, observa-se que o método de THORNTHWAITE subestima a evapotranspiração de referência e na comparação entre os diferentes métodos (Tabela 7) o método proposto foi o que melhor se comportou, apresentando um coeficiente de determinação de 0,96.

CONCLUSÕES

A simplicidade de utilização do método proposto, aproveitando os dados resultantes de instrumentos simples e baratos, e a excelente aproximação com o método de PENMAN, bem mais complexo, permitem-nos admitir este método como aquele que fornece dados mais reais para períodos menores (três ou cinco dias) na estimativa da evapotranspiração de referência, sendo, portanto, um critério que pode ser utilizado na região estudada.

REFERÊNCIAS

- BLANEY, H.F. & CRIDLLE, D.W. A method of estimating water requirements in irrigated areas from climatological data. Colorado, U.S. Dep. of Agric., 1945, 6p.
- CAMARGO, A.P. O balanço hídrico do Estado de São Paulo. Bolet. Inst. Agron. Campinas, (116):1-15, 1960.
- MORENO, J.Q. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Serv. de Ecologia Agrícola, 1961. 42p.
- MOTTA, F.S.; ACOSTA, M.J.C.; MOTTA, W.A. & WESTPHALEN, S.L. Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Pelotas, EMBRAPA/IPEAS, 1974. V.2 EMBRAPA/IPEAS. Circ. 50.
- MOTTA, F.S. Estimativa da radiação líquida em Pelotas, Rio Grande do Sul. Ciência e Cultura, 28 (10): 1174-1179, 1976.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. R. Soc., série A. Mathematical and Physical Sciences, 193:120-145, 1948.
- THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of Climate. Geograph. Rev., 38:55-94, 1948.
- VILLA NOVA, N.A. & OMETTO, J.C. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo, Apresentado no IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, 15-19 de nov. de 1981, Fortaleza, CE.

T	α	T	α	T	α	T	α
1	0,37	11	0,58	21	0,69	31	0,80
2	0,44	12	0,58	22	0,71	32	0,81
3	0,44	13	0,61	23	0,72	33	0,81
4	0,44	14	0,61	24	0,72	34	0,81
5	0,50	15	0,61	25	0,74	35	0,82
6	0,50	16	0,64	26	0,75	36	0,84
7	0,54	17	0,64	27	0,76	37	0,84
8	0,54	18	0,67	28	0,76	38	0,84
9	0,54	19	0,67	29	0,78	39	0,85
10	0,54	20	0,67	30	0,79	40	0,85

TABELA 1. Valores do coeficiente de correção (α) utilizados para obtenção do termo energético, que compõe a expressão final da estimativa da Evapotranspiração potencial, em função da temperatura (T) em $^{\circ}\text{C}$.

MÊS	ANO	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	-	M
JANEIRO		4,4	5,4	4,3	1,3	4,1	2,6	5,3	3,0	2,4	3,4	3,8		3,6
FEVEREIRO		3,8	5,8	2,8	3,4	3,2	1,0	3,0	3,4	1,9	3,4	3,3		3,2
MARÇO		3,9	4,7	2,8	2,3	3,6	2,7	3,6	2,3	1,5	2,8	2,0		2,9
ABRIL		3,2	4,3	3,7	3,1	1,9	3,8	4,1	2,1	1,9	2,5	1,9		2,9
MAIO		2,8	2,8	2,6	1,6	1,7	2,5	3,0	1,4	1,5	2,2	2,0		2,2
JUNHO		2,8	1,4	2,5	0,9	2,0	2,9	2,8	2,2	1,3	1,7	2,5		2,1
JULHO		2,6	2,5	2,9	1,0	1,8	2,3	2,2	1,6	1,3	1,3	1,6		1,9
AGOSTO		2,9	3,3	3,0	1,5	2,7	3,8	1,7	1,7	1,4	1,8	1,4		2,3
SETEMBRO		4,0	3,3	2,8	1,9	2,9	2,6	2,3	2,3	1,9	2,6	2,6		2,7
OUTUBRO		5,5	3,5	3,4	3,5	3,5	4,0	2,2	3,0	2,4	2,0	2,0		3,2
NOVEMBRO		4,4	5,1	6,0	4,3	6,4	4,7	3,7	3,0	3,4	2,6	3,4		4,3
DEZEMBRO		6,0	5,2	5,0	6,2	4,2	5,3	4,5	3,4	3,1	3,1	2,8		4,4

TABELA 2. Valores médios mensais obtidos pelo Evaporímetro Piche, instalado na Unidade de Cascata, Região de Pelotas, RS. Os valores são em milímetros de altura de água evaporada, e o período foi de 1969 a 1979.

DIA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1	18,22	17,14	15,11	12,18	9,42	7,55	7,23	8,49	10,97	13,82	16,35	17,91
2	18,20	17,09	15,03	12,07	9,37	7,51	7,23	8,57	11,09	13,91	16,44	17,95
3	18,19	17,02	14,94	11,99	9,28	7,48	7,27	8,63	11,16	13,99	16,51	17,96
4	18,17	16,97	14,85	11,88	9,19	7,44	7,28	8,72	11,27	14,08	16,56	17,99
5	18,15	16,95	14,76	11,79	9,10	7,41	7,30	8,77	11,36	14,19	16,63	18,03
6	18,14	16,90	14,68	11,69	9,03	7,37	7,32	8,84	11,46	14,27	16,70	18,05
7	18,12	16,84	14,59	11,60	8,96	7,36	7,36	8,91	11,55	14,35	16,77	18,07
8	18,10	16,79	14,50	11,50	8,88	7,34	7,37	8,98	11,64	14,36	16,83	18,10
9	18,07	16,72	14,40	11,39	8,80	7,30	7,41	9,05	11,74	14,45	16,88	18,12
10	18,05	16,67	14,31	11,30	8,75	7,28	7,44	9,12	11,83	14,53	16,95	18,14
11	18,02	16,60	14,22	11,20	8,68	7,27	7,48	9,21	11,93	14,63	17,00	18,15
12	18,00	16,51	14,12	11,11	8,61	7,25	7,51	9,28	12,02	14,71	17,05	18,17
13	17,98	16,46	14,03	11,03	8,54	7,23	7,55	9,35	12,13	14,80	17,11	18,19
14	17,93	16,39	13,93	10,92	8,49	7,22	7,58	9,45	12,21	14,89	17,18	18,21
15	17,91	16,32	13,84	10,83	8,40	7,20	7,62	9,52	12,30	14,97	17,21	18,22
16	17,87	16,25	13,73	10,75	8,35	7,18	7,65	9,61	12,41	15,06	17,28	18,24
17	17,84	16,16	13,63	10,69	8,28	7,18	7,69	9,69	12,49	15,15	17,33	18,24
18	17,31	16,09	13,54	10,55	8,23	7,16	7,74	9,77	12,58	15,22	17,38	18,24
19	17,77	16,02	13,45	10,45	8,16	7,16	7,78	9,85	12,68	15,31	17,44	18,26
20	17,72	15,99	13,35	10,38	8,11	7,15	7,83	9,92	12,79	15,38	17,47	18,26
21	17,68	15,85	13,26	10,29	8,05	7,16	7,88	10,01	12,88	15,46	17,50	18,26
22	17,65	15,78	13,17	10,20	8,00	7,16	7,93	10,09	12,96	15,55	17,58	18,26
23	17,60	15,69	13,07	10,10	7,95	7,16	7,99	10,19	13,07	15,62	17,61	18,28
24	17,56	15,62	12,98	10,01	7,88	7,16	8,02	10,27	13,15	15,69	17,65	18,26
25	17,49	15,53	12,88	9,92	7,85	7,16	8,07	10,38	13,24	15,73	17,68	18,26
26	17,46	15,45	12,76	9,84	7,79	7,16	8,14	10,45	13,33	15,78	17,74	18,26
27	17,40	15,38	12,67	9,75	7,76	7,18	8,21	10,54	13,44	15,86	17,77	18,26
28	17,37	15,29	12,56	9,68	7,71	7,18	8,25	10,62	13,52	15,93	17,80	18,24
29	17,30	15,20	12,48	9,59	7,65	7,20	8,33	10,71	13,63	16,00	17,82	18,22
30	17,25	-	12,37	9,50	7,62	7,22	8,37	10,82	13,73	16,09	17,86	18,22
31	17,19	-	12,27	-	7,58	-	8,44	10,88	-	16,14	-	18,22
MÉD.	17,81	16,23	13,73	10,80	8,40	7,27	7,72	9,64	12,35	15,09	17,21	18,17

TABELA 3. Valores médios da Radiação solar extraterrestre expressa em milímetros de evaporação equivalente (Lat = 32°S).

MÊS	ANO	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	M
JANEIRO		1,6	1,6	1,0	0,6	0,9	0,8	1,0	1,0	0,9	0,4	1,4	1,0
FEVEREIRO		2,2	2,0	1,3	0,9	0,8	0,6	0,9	0,9	0,8	0,6	1,0	1,1
MARÇO		1,8	1,3	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9	0,6	0,4	0,7	0,9
ABRIL		1,9	0,8	0,9	0,7	0,5	0,5	0,8	0,9	0,8	0,5	0,7	0,8
MAIO		1,3	1,0	0,6	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,8	0,7
JUNHO		1,8	1,2	1,2	0,8	0,7	1,0	0,6	1,2	1,2	0,7	0,7	1,0
JULHO		1,5	1,1	0,7	0,9	1,0	0,6	0,8	0,7	0,9	0,6	0,8	0,9
AGOSTO		1,2	1,4	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,6	0,8
SETEMBRO		1,9	1,4	0,8	1,0	0,8	0,4	1,1	1,5	0,7	1,4	0,9	1,1
OUTUBRO		1,9	1,8	0,8	0,9	1,0	1,2	0,9	1,4	1,1	1,1	1,0	1,2
NOVEMBRO		1,9	1,9	1,0	0,9	0,9	0,9	1,3	1,2	0,7	0,7	1,0	1,1
DEZEMBRO		1,5	1,2	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9

TABELA 4. Valores médios mensais de velocidade do vento, em metros por segundo, obtidos na Unidade de Cascatá, região de Pelotas, RS, de 1969 a 1979. Esses valores referem-se ao nível de dois (2) metros.

MESES	EQUAÇÕES
JANEIRO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,26 + 0,22 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,18 Pi$
FEVEREIRO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,26 + 0,20 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,21 Pi$
MARÇO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,25 + 0,16 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,17 Pi$
ABRIL	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,25 + 0,08 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,16 Pi$
MAIO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,24 - 0,02 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,15 Pi$
JUNHO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,23 - 0,10 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,17 Pi$
JULHO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,23 - 0,07 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,16 Pi$
AGOSTO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,24 + 0,01 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,15 Pi$
SETEMBRO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,25 + 0,10 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,15 Pi$
OUTUBRO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,26 + 0,17 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,16 Pi$
NOVEMBRO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,26 + 0,19 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,15 Pi$
DEZEMBRO	$ET_o = \alpha \left[Q_o \left(0,26 + 0,21 \frac{n}{N} \right) \right] + 0,16 Pi$

TABELA 5. Equações mensais para a estimativa da Evapotranspi-
ração Potencial, obtidas para a região de Pelotas,
RS.

MÊS	PENTADA	Penman Original ET_{o_1}	Classe A ET_{o_2}	Proposto ET_{o_3}	Thorntn - waite ET_{o_4}	Radiação Solar ET_{o_5}
MARÇO	1 - 5	3,24	4,89	4,06	2,9	4,3
	6 - 10	3,09	1,72	2,92	2,58	2,8
	11 - 15	2,85	1,29	2,70	1,90	2,5
	16 - 20	3,52	2,28	3,39	2,82	3,9
	21 - 25	2,81	2,74	2,75	2,10	2,8
	26 - 30	2,70	2,33	2,75	1,56	2,85
JUNHO	1 - 5	1,29	1,65	1,25	0,46	1,4
	6 - 10	0,83	0,94	0,96	0,18	1,4
	11 - 15	0,88	1,11	1,10	0,20	1,3
	16 - 20	1,15	2,18	1,32	0,78	1,3
	21 - 25	1,18	1,60	1,20	0,99	1,6
	26 - 30	0,95	1,55	1,14	0,47	1,1
SETEMBRO	1 - 5	1,86	2,40	2,30	0,51	2,25
	6 - 10	1,80	2,38	2,45	1,00	2,30
	11 - 15	1,93	1,79	2,42	1,05	2,60
	16 - 20	2,02	2,30	2,44	0,25	2,40
	21 - 25	2,21	3,15	2,78	1,59	2,75
	26 - 30	2,16	1,79	2,41	1,76	2,15
DEZEMBRO	1 - 5	3,15	6,10	3,80	1,89	3,25
	6 - 10	3,41	3,62	4,04	3,01	4,10
	11 - 15	3,61	3,54	4,39	3,94	4,35
	16 - 20	4,18	5,20	5,09	2,64	5,50
	21 - 25	5,30	6,12	5,14	2,31	5,40
	26 - 30	3,68	3,93	4,42	3,21	4,35

TABELA 6. Valores de Evapotranspiração de referência, obtidos a partir de diferentes métodos de estimativa. Os mesmos referem-se à coluna de água evapotranspirada, em milímetros.

MÉTODOS COMPARADOS	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO
ET_{o_1} x ET_{o_2}	$y = 0,59934 (X_2) + 0,82849$	0,78
ET_{o_1} x ET_{o_3}	$y = 0,88005 (X_3) + 0,02680$	0,96
ET_{o_1} x ET_{o_4}	$y = 0,89347 (X_4) + 0,99882$	0,84
ET_{o_1} x ET_{o_5}	$y = 0,86271 (X_5) + 0,02754$	0,96

TABELA 7. Resultados do confronto estatístico entre o método proposto (ET_{o_3}), mais os diferentes métodos utilizados, quais sejam: Classe A (ET_{o_2}), Thornthwaite (ET_{o_4}) e Radiação Solar (ET_{o_5}), contra o método original de Penman (ET_{o_1}).