

RELAÇÃO ENTRE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA, ESTIMADA PELO MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH, E A EVAPORAÇÃO DO TANQUE CLASSE A EM AMBIENTE PROTEGIDO DO VENTO

Edgar Ricardo SCHÖFFEL¹, Clovis Alberto VOLPE²

RESUMO

Neste trabalho foi avaliada a razão da evapotranspiração de referência, estimada pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, e a evaporação do Tanque Classe A, em uma área com superfície vegetada com grama e protegida do vento. Em seguida buscou-se correlações entre essa razão e a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e o saldo de radiação, para períodos de um dia e cinco dias. Os resultados para períodos de um dia não foram consistentes, já para períodos de cinco dias indicaram a possibilidade de estimar a razão ET_o/EC_a por meio de uma equação que considera essas três variáveis.

PALAVRAS-CHAVE: coeficiente de tanque, irrigação, umidade relativa.

INTRODUÇÃO

Existem muitos métodos para a estimativa da evapotranspiração, no entanto, após avaliações de vários parâmetros meteorológicos, pesquisadores do mundo inteiro reunidos pela FAO (SMITH, 1991), propuseram uma parametrização ao Método de Penman-Monteith padronizando-o como o mais adequado para estimar a evapotranspiração de uma cultura (ET_c) na escala diária, por evitar o uso de coeficiente de cultura (K_c) na conversão de evapotranspiração de referência (ET_o) em ET_c .

A evapotranspiração de um gramado verde, de altura uniforme (0,08 a 0,15m), em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, e sem falta de água é, segundo SMITH (1991), definida como a evapotranspiração de referência (ET_o).

¹ Eng. Agr., M. Sc., aluno de pós graduação da FCAV/UNESP, bolsista da FAPESP, e-mail: erschoffel@yahoo.com

² Eng. Agr., Dr., Prof. Assistente, Depto. de Ciências Exatas da FCAV/UNESP, Jaboticabal.

Pela facilidade e simplicidade do seu emprego, um método bastante utilizado para estimativa da ETo é o Método do Tanque Classe A. Para tanto, a evaporação medida no Tanque Classe A (ECa) deve ser corrigida por um fator, isto é:

$$E_{To} = E_{Ca} \cdot K_p \quad (1)$$

Este coeficiente de tanque (K_p) foi tabelado por DOORENBOS e PRUITT (1975) que promoveram uma revisão composta por vários dados experimentais, obtidos sob diferentes condições climáticas e em diferentes regiões do planeta, descrevendo as variações do K_p , em função das condições do tamanho e da natureza da área tampão, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento. De acordo com OMETTO (1981), além dessas causas externas, a radiação solar também atua sobre a evaporação de superfícies livres.

Em tempos de racionalização do uso da água de irrigação, torna-se imprescindível adequações regionalizadas para promover melhorias na precisão da estimativa da evapotranspiração, assim, recentemente alguns pesquisadores como CUENCA (citado por SNYDER, 1992), SNYDER (1992), PEREIRA et al. (1995) e RAGHUWANSHI e WALLENDER (1998), promoveram estudos objetivando descrever o comportamento do coeficiente K_p através de modelos matemáticos alternativos. Acredita-se que estes modelos matemáticos possuem maior sensibilidade para contabilizar a contribuição de cada fator envolvido neste processo.

O objetivo do presente trabalho foi determinar a razão da evapotranspiração de referência, estimada pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, e a evaporação do Tanque Classe A, em uma área com superfície vegetada com grama e protegida do vento. Em seguida buscou-se correlações entre essa razão e a umidade relativa do ar, a velocidade do vento e o saldo de radiação, para períodos de um dia e cinco dias.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado na Fazenda da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP (altitude média 595 m, 21°15'S e 48°18'W). As medições micrometeorológicas foram realizadas em intervalos de 10 minutos e posteriormente reunidos para valores diários, durante o período de 01 de Outubro de 1998 à 07 de Fevereiro de 1999, tendo sido utilizado 82 observações para a definição da razão E_{To}/E_{Ca} .

Os elementos micrometeorológicos observados, assim como cada sensor e resolução do equipamento são apresentados na Tabela 1.

Os instrumentos micrometeorológicos foram instalados sob uma superfície vegetada com

grama (*Paspalum notatum* L.) com bordadura de 10m, protegida dos ventos sul e sudeste por uma lavoura com bananas; dos ventos oeste e sudoeste por um quebra-vento de bambu.

TABELA 1 - Especificação dos elementos e equipamentos micrometeorológicos.

Elemento micrometeorológico	Elemento sensor	Resolução do equipamento
Temperatura	termistor	0,2 °C
Umidade Relativa	capacitor	0,2 %
Velocidade do vento	conjunto de 3 canecas	1,5 %
Saldo de radiação	termopar	0,01MJ.m ⁻²
Fluxo de calor no solo	termopar	0,01MJ.m ⁻²

Para cálculo da ETo utilizou-se a equação de Penman-Monteith, parametrizada pela FAO em 1991

$$ET_o = \frac{d}{d + g^*} (R_n - G) \frac{1}{I} + \frac{g}{d + g^*} \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_a - e_d) \quad (2)$$

Onde: ETo= evapotranspiração de referência (mm.d⁻¹); Rn= saldo de radiação (MJ.m⁻².d⁻¹); G= fluxo de calor no solo (MJ.m⁻².d⁻¹); T= temperatura média do ar (°C); U₂= velocidade do vento a 2 m da superfície (m.s⁻¹); (e_a-e_d)= déficit de pressão de vapor (kPa); δ= declividade da curva de pressão de vapor (kPa.°C⁻¹); λ= calor latente de evaporação (MJ.kg⁻¹); γ= constante psicrométrica (kPa.°C⁻¹) e γ* = constante psicrométrica modificada (γ* = γ(1+0,33U₂)).

A umidade relativa do ar (UR) foi obtida pela seguinte equação:

$$UR = \frac{UR_{Min} + UR_{Max}}{2} \quad (3)$$

Onde: UR Min = umidade relativa mínima diária (%), UR Max = umidade relativa máxima diária (%).

Descartando os dias com chuva, foi calculada a razão ETo/ECa para períodos de um e cinco dias, e os valores obtidos correlacionados a média diária da umidade relativa do ar (UR), com a velocidade do vento (V) e com o saldo de radiação (Rn), através da regressão múltipla:

$$Y = a + (b_1 \cdot UR) + (b_2 \cdot V) + (b_3 \cdot Rn) \quad (4)$$

Onde: Y= razão entre ETo e ECa; a= coeficiente linear; b₁= coeficiente angular para UR (%); b₂= coeficiente angular para V (m.s⁻¹); b₃= coeficiente angular para Rn (MJ.m⁻².d⁻¹).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o dias analisados os valores da razão E_{To}/E_{Ca} , considerando períodos de um dia, variaram de 0,43 à 0,88, sendo que o valor médio observado foi 0,66 e ainda, que o desvio padrão do conjunto de dados foi de 0,103. Para períodos de cinco dias essa razão variou de 0,53 à 0,82, apresentando 0,66 e 0,09 como o valor médio observado e desvio padrão do conjunto de dados, respectivamente.

Para o confeccionamento da Tabela 2 reuniu-se, em períodos de um dia, os valores da razão E_{To}/E_{Ca} , da umidade relativa do ar, da velocidade do vento e do saldo de radiação, visando estabelecer as devidas correlações através da regressão múltipla. Por essa tabela, percebe-se que tanto a umidade relativa como o saldo de radiação contribuem positivamente para o aumento da razão E_{To}/E_{Ca} , enquanto que a velocidade diária do vento reduz essa razão. Isto está de acordo com SNYDER (1992), PEREIRA et al. (1995) e RAGHUWANSHI e WALLENDER (1998), os quais demonstraram, através de modelos matemáticos desenvolvidos, que para situações com altas velocidades diárias do vento a evaporação do Tanque Classe A superestima a evapotranspiração de referência.

TABELA 2 - Coeficientes para equação de estimativa da razão da evapotranspiração de referência e a evaporação do Tanque Classe A, para períodos de um dia. Jaboticabal, SP, 1999.

a	b₁(UR)	b₂(V)	b₃(Rn)	R	R²
0,011679	0,008218	-0,002557	0,012394	0,65	0,41
0,57836	0,003357	-0,003447	-----	0,59	0,33
-0,407964	0,011304	-----	0,018	0,56	0,30
0,83613	-----	-0,003768	-0,000136	0,54	0,28

Observa-se ainda na Tabela 2, que mesmo com o uso das três variáveis independentes (UR, V e Rn) em uma única equação, os coeficientes de correlação (R) e de determinação (R²) foram baixos, diminuindo progressivamente com a exclusão de qualquer uma das três variáveis independentes.

Devido a grande diversidade de condições climáticas, a Food and Agriculture Organization - FAO (DOORENBOS e PRUITT, 1975) agrupou o coeficiente de tanque (Kp) em classes de bordadura e tipo da vegetação circunvizinha ao tanque, da velocidade diária do vento e da umidade relativa do ar, no entanto, este trabalho foi desenvolvido em uma única condição de bordadura ao

Tanque Classe A e ainda, como a velocidade diária do vento foi baixa, pois em nenhum momento ultrapassou 175 km.dia^{-1} , não foi utilizado o agrupamento em classes para estas duas variáveis. Já a média diária da umidade relativa do ar apresentou valores variando de 50% a 100%. Assim, visando um aumento nos coeficientes R e R^2 , dividiu-se a umidade relativa do ar em duas classes, conforme apresentado na Tabela 3. Uma classe agrupando valores de umidade relativa inferiores a 70% e outra classe com valores iguais ou superiores a 70%. Os baixos valores dos coeficientes de determinação para as equações de regressão múltipla apresentados na Tabela 3, além de limitar o uso dessas equações, permite concluir que a separação da UR em classes não foi conveniente para essa situação.

TABELA 3 - Coeficientes para equação de estimativa da razão da evapotranspiração de referência e a evaporação do Tanque Classe A, para períodos de um dia e duas classes de umidade relativa do ar. Jaboticabal, SP, 1999.

CLASSES	a	$b_1(\text{UR})$	$b_2(\text{V})$	$b_3(\text{Rn})$	R	R^2
UR <70%	-0,204481	0,012019	-0,004100	0,104710	0,66	0,37
UR <70%	0,439318	0,005646	-0,004521	-----	0,61	0,32
UR ≥ 70%	-0,499800	0,010478	-0,000776	0,029889	0,71	0,44
UR ≥ 70%	0,394552	0,005842	-0,002880	-----	0,50	0,19

O agrupamento das observações diárias da evaporação do Tanque Classe A em períodos de cinco dias proporcionou melhoras na estimativa da razão ETo/ECa , conforme mostra a Tabela 4. A melhor correlação entre a razão ETo/ECa e as variáveis foi encontrada com a equação que considera todas as três variáveis independentes consideradas, sendo também a melhor equação para estimar a razão ETo/ECa ($R^2 = 0,78$). A equação que desconsiderou a velocidade diária do vento também apresentou alto valor de R e foi capaz de estimar essa razão com boa eficiência, isto porque o local estava protegido da ação do vento. Através dos valores R e R^2 da equação que desconsiderou a umidade relativa podemos afirmar que, para esta situação, foi essa variável que mais contribuiu para expressar a razão ETo/ECa , sendo indispensável a sua utilização para estipular um fator de conversão da ECa em ETo .

TABELA 4 - Coeficientes para equação de estimativa da razão da evapotranspiração de referência e a evaporação do Tanque Classe A, para períodos de cinco dias. Jaboticabal, SP, 1999.

a	b₁(UR)	b₂(V)	b₃(Rn)	R	R²
-0,764546	0,016625	-0,002395	0,023089	0,91	0,78
0,05115	0,010865	-0,003699	-----	0,78	0,51
-1,09157	0,01885	-----	0,02729	0,88	0,71
0,755214	-----	-0,004352	0,006743	0,60	0,20

CONCLUSÕES

É possível estabelecer estimativas da razão ETo/ECa, com base em períodos de cinco dias, correlacionando-a com a umidade relativa, a velocidade do vento e o saldo de radiação. Na condição em que foi realizado o experimento, com a área experimental protegida do vento, a umidade relativa foi a variável que mais contribuiu para expressar a razão ETo/ECa.

BIBLIOGRAFIA

- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Irrigation and Drainage Paper 24, Rome, 1975, 179 p.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981, 440 p.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; PEREIRA, A.S.; BARBIERI, V. A model for the class A pan coefficient. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 76, p. 75-82, 1995.
- RAGHUWANSHI, N.S.; WALLENDER, W.W. Converting from pan evaporation to evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 124, p. 275-277, 1998.
- SMITH, M.. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome: FAO, 1991, 45 p.
- SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 118, p. 977-980, 1992.