

COMPARAÇÃO DE TRÊS MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE ARARAQUARA - SP

HUMBERTO V. VESCOVE¹, JOSÉ E. P. TURCO²

RESUMO: Uma forma de verificar a eficiência de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) é a comparação com o método-padrão. Este trabalho tem por finalidade comparar três métodos de estimativa da ET_o: Radiação Solar (RS), Makkink (MAK) e Tanque Classe A (TCA) em relação ao método de Penman-Monteith (PM), em dois períodos distintos das fases de desenvolvimento da cultura de citros, com dados médios quinzenais para os períodos inverno-primavera e verão-outono. A pesquisa foi desenvolvida em uma fazenda de citros, em Araraquara - SP, onde foi instalada uma estação meteorológica automatizada e um tanque Classe A. Por intermédio da estação meteorológica automatizada, foram obtidas medidas da radiação solar global, saldo de radiação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. A análise de regressão indica que, para o método TCA, pode ser utilizado o modelo de regressão $y = bx$, em que, y representa a ET_{oPM} e x a ET_{oTCA}. Para os demais métodos analisados, o modelo mais adequado foi $y = bx + a$. Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que o método do TCA superestimou a ET_o em 26% no período verão-outono e em 24% no período inverno-primavera. O método de MAK subestimou a ET_o nos dois períodos analisados, enquanto o método da RS superestimou a ET_o.

PALAVRAS-CHAVE: irrigação, citros, evapotranspiração de referência.

COMPARISON OF THREE EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE ESTIMATION METHODS TO ARARAQUARA REGION - SP, BRAZIL

ABSTRACT - To verify the efficiency of the evapotranspiration reference methods (ET_o), it is necessary to contrast with the standard method. This work has the purpose to compare three methods of ET_o estimation: Solar Radiation (RS), Makkink (MAK) and a Class A tank (TCA) method with Penman-Monteith method (PM), in two phases of citrus growth, working with biweekly medium data for the winter-spring and summer-autumn periods. The research was developed in a citrus farm, in Araraquara - SP, Brazil, where it was installed an automated meteorological station and a Class A tank. Through a system of data acquisition, measures of the global solar radiation, radiation balance, temperature of the air, relative humidity of the air and speed of the wind, were obtained. The linear regression analysis shows that the TCA method can be fitted by, $y = bx$, where y represents ET_{oPM} and x represents ET_{oTCA}. For the others analyzed methods we found the model $y = bx + a$. The results of this study indicate that the TCA method overestimated ET_o 26% in the summer-autumn period and 24% in the winter-spring period. The MAK method, underestimated ET_o in the two analyzed periods, while the RS method overestimated ET_o.

KEYWORDS: irrigation, citrus, evapotranspiration reference.

INTRODUÇÃO

Com aproximadamente 650 mil ha plantados e produção média de 370 milhões caixas por ano, a cultura de citros (*Citrus sinensis*) vem se destacando na economia agrícola do Estado de São Paulo, por apresentar boa lucratividade quando alcançada alta produtividade.

¹ Engº Agrônomo, Mestre em Ciência do Solo pela UNESP, Jaboticabal - SP, (0xx16) 3209.2637, humbertovescove@techs.com.br

² Prof. Adjunto, Depto de Engenharia Rural, UNESP, Jaboticabal - SP, jepturco@fcav.unesp.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 4-6-2004

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 3-10-2005

Um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade citrícola na região central do Estado é a má distribuição das chuvas. Segundo GUARDIOLA (1992), a abscisão de frutos em citros pode ocorrer em três fases distintas: antes da antese, flores abertas, ou fase de frutos jovens, sendo que o pico de queda de frutinhas jovens ocorre no final de outubro até dezembro (primavera). Esse período é normalmente caracterizado por temperaturas altas, quando a ETo de referência é maior que a precipitação pluvial. Sendo assim, a irrigação torna-se uma ferramenta fundamental para potencializar a produção do pomar. A irrigação pode incrementar a produção pelo aumento no tamanho do fruto de citros e também por reduzir a queda de frutos (KRIEDMANN & BARRS, 1981).

Para determinar o quanto de água está sendo perdido por evaporação e transpiração, é necessária a utilização de métodos que permitam estimar essas perdas que serão repostas via água de irrigação, caso as chuvas não sejam suficientes. Essa perda global é denominada de evapotranspiração, que pode ser definida como um processo combinado de transferência de água do solo para a atmosfera, incluindo a evaporação da água do solo diretamente e o processo de transpiração através dos tecidos vegetais.

A evapotranspiração pode ser expressa como a quantidade equivalente de água evaporada por unidade de tempo, geralmente expressa como lâmina de água por unidade de tempo (mm dia^{-1}), BURMAN et al. (1983).

Em pomares irrigados, um erro na determinação da evapotranspiração da cultura poderá proporcionar excesso ou déficit de água, podendo ocorrer baixa produção de frutos além de prejudicar seu crescimento.

A não-verificação da adequação dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência às condições climáticas, a falta de precisão na estimativa, bem como o erro, devido ao uso de instrumentos de medidas inadequados, em geral, também conduzem ao manejo inadequado da água, afetando muitas vezes a produção agrícola. Aplicações insuficientes ou em excesso resultam em perdas e prejuízos consideráveis às plantas e ao solo, diminuindo, dessa forma, a eficiência do uso de irrigação (SILVA et al., 1993).

Na escolha de um método para a determinação da evapotranspiração, devem ser levados em consideração praticidade e precisão, pois, apesar de esses métodos teóricos e micrometeorológicos serem baseados em princípios físicos, apresentam limitações, principalmente quanto à instrumentação, o que pode restringir a utilização (BERLATO & MOLION, 1981).

Estudando a correlação da ETo estimada pelo método de Penman-Monteith e medida em lisímetro de drenagem, em Campinas, Ribeirão Preto e Pindamonhangaba, Estado de São Paulo, PERES et al. (1995) concluíram que a correlação entre os dados medidos foi coerente em relação aos dados estimados, tanto na escala decenal quanto na escala mensal, demonstrando que esse método pode ser utilizado. Verificaram, ainda, que os dados mensais foram mais consistentes que os decenais.

Em 1990, os métodos recomendados pela FAO em 1977 (FAO, BOLETIM 24) foram submetidos a uma revisão feita por especialistas em evapotranspiração, chegando-se à conclusão de que o método de Penman-Monteith parametrizado para grama, com 12 cm de altura, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s m^{-1} e albedo de 0,23, apresentava melhores resultados, passando a ser recomendado pela FAO como método-padrão para estimativa da ETo (SMITH et al., 1990).

Atualmente, ocorre tendência à utilização de estações meteorológicas automatizadas que auxiliam na determinação da evapotranspiração de referência, diminuindo, assim, erros na lâmina de água a ser aplicada na cultura. Quando programadas, as estações podem utilizar o método Penman-Monteith para a determinação da ETo, porém a maior parte dos citricultores utiliza outros métodos e não dispõe desses equipamentos, impossibilitando-os de determinar a ETo pelo método-padrão. Portanto, equações de correção em relação ao método de Penman-Monteith (método-padrão da FAO) são desejáveis para que se possa minimizar os erros cometidos no cálculo da ETo.

Este trabalho teve por finalidade a comparação de três métodos de determinação da evapotranspiração de referência, método da Radiação Solar, método de Makkink e método do Tanque Classe A, com o método de Penman-Monteith, em dois períodos distintos, trabalhando-se com dados médios quinzenais para o período inverno-primavera (época de florescimento, crescimento do fruto e colheita) e verão-outono (época de crescimento do fruto e da colheita), coletados em uma estação meteorológica automatizada, instalada em uma fazenda citrícola na região de Araraquara - SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na área experimental de uma fazenda plantada com a cultura de citros (*Citrus sinensis*), próxima à cidade de Araraquara - SP. A estação meteorológica foi instalada numa área com cobertura vegetal de grama batatais (*Paspalum notatum*, Flugge), com 10 m de bordadura e irrigada de forma manual para evitar o déficit hídrico. Para a obtenção da evaporação do tanque em mm dia⁻¹, foi instalado na área experimental um tanque Classe A.

Os dados meteorológicos necessários para o cálculo da ETo (radiação global, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento) foram coletados por uma estação meteorológica automatizada da marca Davis Instruments. A estação possui um *datalogger* (Growweather link 7871h), onde os sensores foram conectados por meio de cabos. A radiação global foi obtida por meio de um piranômetro modelo 7823, com limite de funcionamento entre 0-1500 Wm⁻² e acurácia de ± 5%. A temperatura e umidade relativa do ar foram obtidas por meio de um sensor modelo 7860. A temperatura foi obtida com limite de temperatura de -45 °C - 60 °C e acurácia de ± 0,5 °C e a umidade relativa com limite de funcionamento entre 0-100% e acurácia de ± 3%. A velocidade do vento foi obtida por meio de um anemômetro modelo 7914 com limite de funcionamento entre 0,9-78 m s⁻¹ e acurácia de ± 5%. Todos os sensores utilizados são da marca Davis Instruments.

Foram avaliados valores médios quinzenais da estimativa da evapotranspiração de referência (ET₀), em mm dia⁻¹, para os períodos verão-outono e inverno-primavera, utilizando-se dos seguintes métodos: Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), Tanque Classe A (DOORENBOS & PRUITT, 1977), Radiação Solar (DOORENBOS & PRUITT, 1977) e Método de Makkink, (MAKKINK, 1957).

A seguir, são apresentadas as equações que foram utilizadas para o cálculo da ETo, para os diferentes métodos de estimativa.

Método de Penman-Montheith (PM)

Para o cálculo da evapotranspiração de referência, ALLEN et al. (1998) propuseram a seguinte equação:

$$ET_{0(PM)} = \frac{0,409 \Delta (R_n - G) + \gamma (900/T + 273) V (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 V)} \quad (1)$$

em que,

ET_{0(PM)} - evapotranspiração de referência pelo método de PM, em gramado, mm d⁻¹;

R_n - radiação líquida, MJ m⁻² d⁻¹;

G - fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹;

T - temperatura média do ar, °C;

V - velocidade média do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;

(e_s-e) - déficit de pressão de vapor, kPa;

Δ - curva de pressão de vapor, kPa °C⁻¹;

γ - constante psicrométrica, kPa °C⁻¹, e

900 - fator de conversão.

A constante psicrométrica foi calculada por meio das equações de SMITH (1990).

Método da Radiação Solar (RS)

Citado por PEREIRA et al. (1997), é uma adaptação por DOORENBOS & PRUITT (1977) e DOORENBOS & KASSAM (1994) para o método de Makkink, substituindo os coeficientes a e b do método por um parâmetro C, em função da umidade relativa do ar e da velocidade do vento.

$$ET_{O(RS)} = C W Q \quad (2)$$

em que,

$ET_{O(RS)}$ - evapotranspiração de referência pelo método da radiação solar, em gramado, mm dia⁻¹;

C - coeficiente angular de regressão $ET_o \times W Q$, determinado em função da umidade relativa média do ar e da velocidade média do vento a 2 m de altura (DOORENBOS & KASSAM, 1979).

W - fator que representa a parte fracional da radiação solar que é utilizada na ET_o , para diferentes valores de temperatura e altitude (DOORENBOS & KASSAM, 1979), e

Q - radiação solar global medida, cal cm⁻² dia.

Método do Tanque Classe A (TCA)

É um método que vem sendo muito utilizado no Brasil, em especial para controle da irrigação em pomares cítricos do Estado de São Paulo. É constituído por um tanque cilíndrico com chapa de aço galvanizado ou chapa de inox, com 1,21 m de diâmetro e 0,255 m de profundidade. Quando é de aço galvanizado, geralmente é pintado com cor aluminizada. É colocado em cima de um estrado de madeira posicionado a 15 cm do solo, em área gramada, cuja extensão pode variar. Coloca-se água dentro do tanque, sendo o nível da água medido num poço tranqüilizador de 0,25 m de altura e 0,1 m de diâmetro, em cuja borda é fixado a um parafuso micrométrico, medindo-se variações mínimas de até 0,01 mm. Na base do poço, existe um orifício onde entra água para a realização das medições. A equação para a determinação por esse método é:

$$ET_{O(TCA)} = K_p ECA \quad (3)$$

em que,

$ET_{O(TCA)}$ - evapotranspiração de referência pelo método do tanque classe A, em gramado, mm dia⁻¹;

ECA - evaporação observada no tanque Classe "A", mm dia⁻¹, e

K_p - coeficiente do tanque.

Para o calculo de K_p , foi utilizada a equação de SNYDER (1992):

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln (F) - 0,0003 U + 0,0045 UR \quad (4)$$

em que,

F - distância (tamanho) da área de bordadura, em m;

U - velocidade do vento, km dia⁻¹, e

UR - umidade relativa, média do dia, %.

Método de Makkink (MAK)

MAKKINK (1957), citado por PEREIRA et al. (1997), utilizando lisímetro de lençol freático constante, obteve correlação entre dados de radiação solar em superfície e evapotranspiração potencial diária:

$$ET_{O(MAK)} = 0,61 W R_s - 0,12 \quad (5)$$

em que,

$ET_{O(MAK)}$ - evapotranspiração de referência pelo método de Makkink, em gramado, $mm\ dia^{-1}$;

RS - radiação solar no nível da superfície, em $mm\ dia^{-1}$, e

W - fator de ponderação dependente da temperatura do bulbo úmido (T_u) e do coeficiente psicrométrico (γ), que pode ser calculado a partir das equações de WILSON & ROUSE (1972) e VISWANADHAM et al. (1991).

$$W = 0,407 + 0,0145 T_u, \quad 0 < T_u < 16^\circ C \tag{6}$$

$$W = 0,483 + 0,01 T_u, \quad 16,1 < T_u < 32^\circ C \tag{7}$$

A análise dos resultados foi feita para valores médios quinzenais da ET_o , em $mm\ dia^{-1}$, utilizando-se da análise de regressão, considerando o modelo linear $y = bx + a$, na qual a variável dependente foi o método de Penman-Monteith (PM), e as estimativas da ET_o pelos demais métodos foi a variável independente. Nessa análise, foi considerado o modelo completo e o sem intercepto, ou seja, $ET_o (PM) = b ET_o (método) + a$ e $ET_o (PM) = b ET_o$, respectivamente. Foram analisados os ajustes dos modelos de regressão por meio do teste “t”, a 1% e 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, pode-se visualizar, para os períodos estudados, os valores dos coeficientes das regressões e dos coeficientes de determinação. Nos casos em que o teste “t” para o coeficiente linear não foi significativo, a regressão foi reestimada, passando pela origem, como pode ser observado na regressão do método de Penman-Monteith (PM) em relação ao método do Tanque Classe A (TCA).

TABELA 1. Análise de regressão da evapotranspiração média calculada pelo método de Penman-Monteith (ET_{oPM}) em relação ao método de Makkink (ET_{oMAK}), Radiação Solar (ET_{oRS}) e Tanque Classe A (ET_{oTCA}).

Análise de Regressão	Métodos Analisados	Período Analisado	Coeficiente Angular (b)	Coeficiente Linear (a)	Coeficiente de Determinação (R^2)
$Y = bx + a$	ET_{oPM} e ET_{oMAK}	verão-outono	0,805	0,598**	0,973
		inverno-primavera	0,809	0,841**	0,801
	ET_{oPM} e ET_{oRS}	verão-outono	0,579	0,549**	0,973
		inverno-primavera	0,577	0,828**	0,791
$Y = bx$	ET_{oPM} e ET_{oTCA}	verão-outono	0,888	0,484 ^{NS}	0,836
		inverno-primavera	0,649	0,431 ^{NS}	0,626
	ET_{oPM} e ET_{oTCA}	verão-outono	0,745		0,814
		inverno-primavera	0,765		0,606

* significativo a 5%; ** significativo a 1%; ^{NS} não significativo.

Nas Figuras 1; 2; 3 e 4, apresentam-se as relações dos valores médios quinzenais da ET_o , em $mm\ dia^{-1}$, correspondentes aos períodos verão-outono e inverno-primavera, estimados pelo método de Penman-Monteith (PM) e pelos métodos de Makkink, Radiação Solar e Tanque Classe A. Essas comparações fornecem a base para avaliar os métodos estudados em relação ao método de Penman-Monteith. Se o método estudado for semelhante ao método de Penman-Monteith (PM), a linha de regressão deveria sobrepor-se à reta $y = x$, e os pares de pontos deveriam estar próximos à linha de regressão. Se a linha de regressão estiver afastada da reta $y = x$, e os pares de pontos estiverem próximos à linha de regressão, isso significa que o método estudado apresenta uma diferença aceitável em relação ao método de Penman-Monteith, ou seja, a equação de regressão pode ser utilizada com precisão para fazer a correção do método estudado em relação ao método de Penman-Monteith.

Verifica-se, nas Figuras 1a e 1b, que o método de Makkink (EToMAK) subestimou a ETo em relação à Penman-Monteith (EToPM), nos dois períodos analisados, havendo maior subestimativa no período inverno-primavera. Assim, os dados médios mensais de ETo de TURCO (2002) concordam com os obtidos neste trabalho de que o método de Makkink subestima a ETo em relação à Penman-Monteith. Ainda analisando as Figuras 1a e 1b, observa-se que ocorre dispersão dos pares de pontos ao redor da linha de regressão no período inverno-primavera; nota-se, também, que, para o período verão-outono, os pares de pontos estão mais próximos da reta $y = x$, expressando boa estimativa da EToPM por meio de EToMAK.

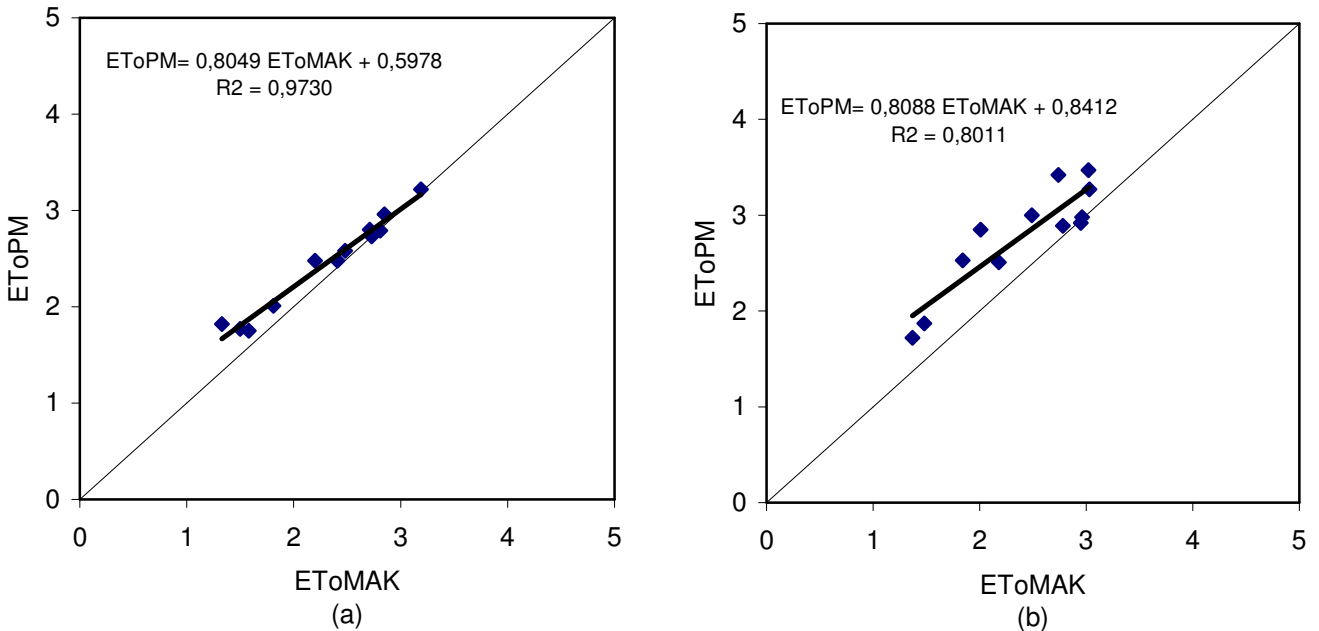


FIGURA 1. Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ETo), em $mm\ dia^{-1}$, estimados segundo o método de Penman-Monteith (PM), em relação ao método de Makkink, para a região de Araraquara - SP. (a) verão-outono; (b) inverno-primavera.

No método da Radiação Solar (Figuras 2a e 2b), nota-se que ocorre pequena dispersão ao redor da linha de regressão para o período verão-outono, verificando-se também que as linhas de regressão estão afastadas da reta $y = x$, para os dois períodos, sendo que, para o período inverno-primavera, a linha de tendência apresenta menor R^2 (0,7908). Nos dois períodos, o método da Radiação Solar superestima a evapotranspiração de referência em relação ao método-padrão de Penman-Monteith (PM), superestimativa que está mais evidente no período verão-outono. BEZERRA & OLIVEIRA (1999) afirmaram que o método da Radiação Solar superestimou a ETo e apresentou boa correlação com o método de PM, o que permitiu o uso da equação de regressão linear para estimar a ETo. Resultado semelhante foi obtido neste trabalho para o período verão-outono.

Nas Figuras 3a e 3b, observa-se que os valores de resultados médios da evapotranspiração estimada pelo método do Tanque Classe A superestimaram os valores de ETo calculados pelo método de Penman-Monteith, nos dois períodos. As linhas de regressão estão afastadas da reta $y = x$, para os dois períodos, sendo que, para inverno e primavera, a linha de tendência apresenta menor R^2 .

DANTAS NETO (1999), avaliando métodos de estimativa da ETo para Mossoró - RN, observou que os valores médios da ETo obtidos pelo método do tanque Classe A não apresentaram bom ajuste em relação ao método de Penman-Monteith, ocorrendo dispersão dos dados, comportamentos esses semelhantes aos obtidos neste trabalho. PERES & SCARDUA (1991), trabalhando com dados diários, constataram que estimativas da ETo obtidas pelo método do TCA e PM não diferiram estatisticamente

entre si, resultados diferentes dos obtidos neste experimento para os períodos avaliados. Nas Figuras 4a e 4b, apresentam-se os resultados da regressão, modelo linear sem intercepto, para os dois métodos citados. Verificam-se comportamentos de ETo semelhantes aos obtidos nas Figuras 3a e 3b, podendo-se verificar que o método do Tanque Classe A superestimou a evapotranspiração de referência em 26% no período verão-outono e 24% no período inverno-primavera em relação ao método-padrão da FAO.

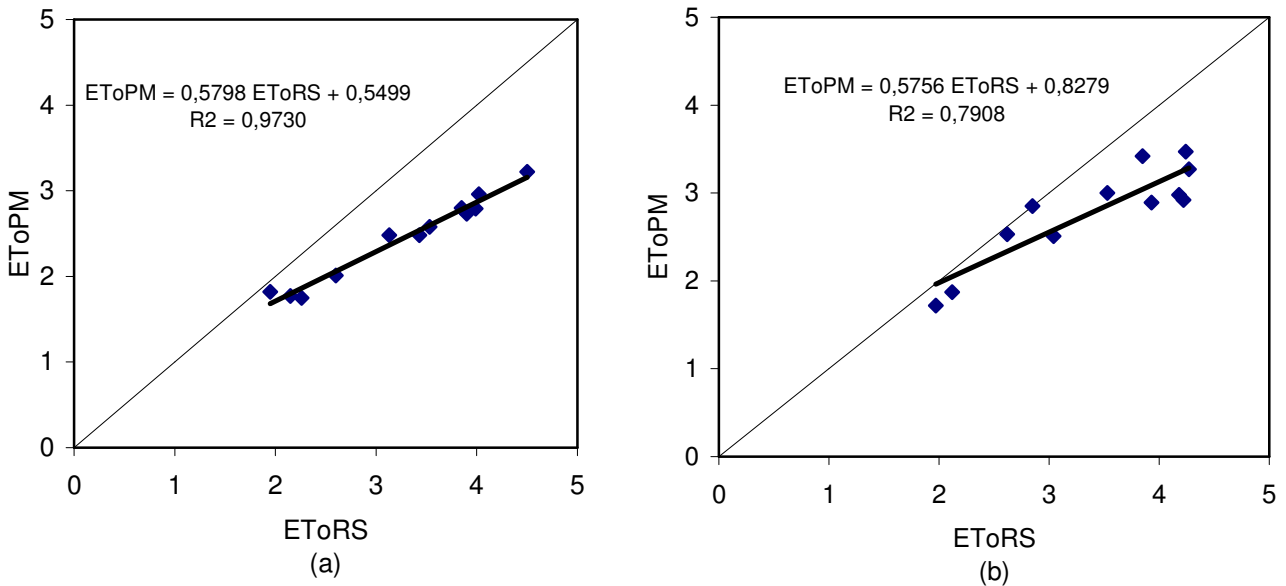


FIGURA 2. Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ETo), em $mm\ dia^{-1}$, estimados segundo o método de Penman-Monteith (PM), em relação ao método da Radiação Solar, para a região de Araraquara - SP; (a) verão-outono; (b) inverno-primavera.

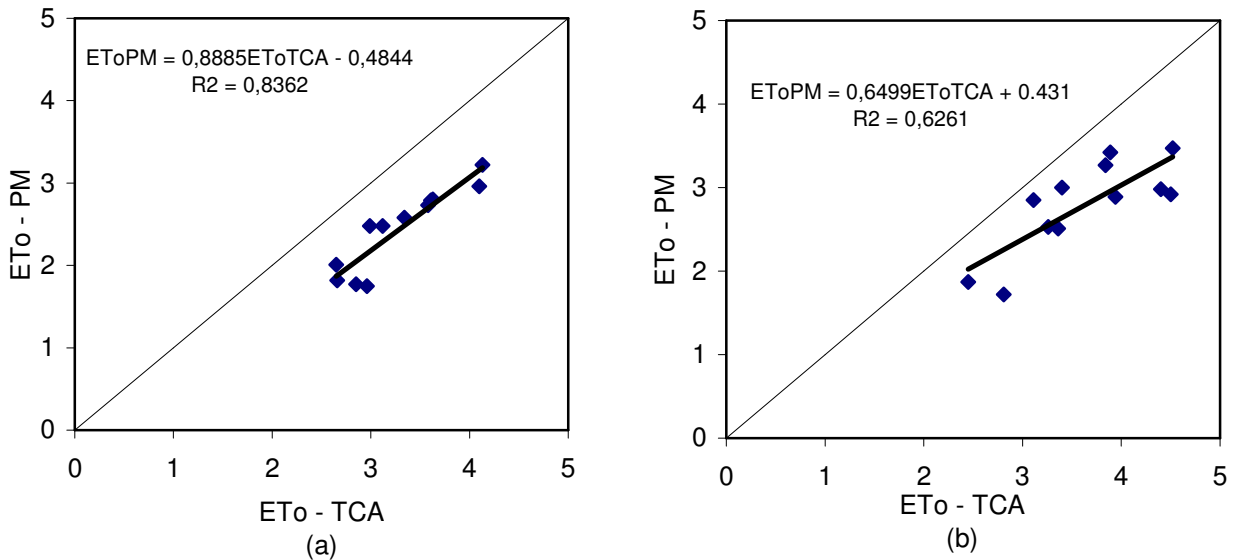


FIGURA 3. Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ETo), em $mm\ dia^{-1}$, estimados segundo o método de Penman-Monteith (PM), em relação ao método do Tanque Classe A, para a região de Araraquara - SP; (a) verão-outono; (b) inverno-primavera.

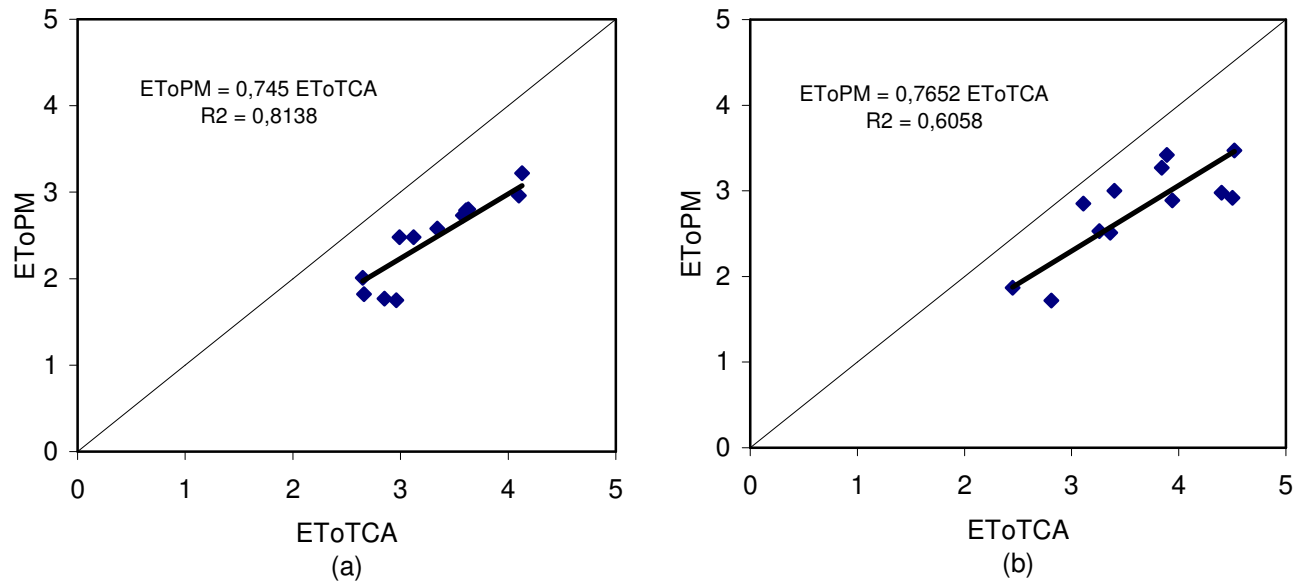


FIGURA 4. Regressão linear, sem intercepto, entre valores diários da evapotranspiração de referência (ETo), em mm dia⁻¹, estimados segundo o método de Penman-Monteith (PM), em relação ao método do Tanque Classe A, para a região de Araraquara - SP. (a) verão-outono; (b) inverno-primavera.

CONCLUSÕES

O método de Makkink subestimou a evapotranspiração no período inverno-primavera, mais do que no período verão-outono.

O método da Radiação Solar superestimou a evapotranspiração no período verão-outono, mais do que no período primavera-inverno.

O método do Tanque Classe A superestimou a evapotranspiração de referência em 26% no período verão-outono e 24% no período inverno-primavera, em relação ao método-padrão da FAO (Penman-Monteith).

AGRADECIMENTOS

À FORBB (Serviços na Área de Agricultura), à UNESP - Jaboticabal e ao seu Departamento de Engenharia Rural.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BERLATO, M.A.; MOLION, L.C.B. *Evaporação e evapotranspiração*. Porto Alegre: IPAGRO/Secretaria de Agricultura, 1981. 95 p. (Boletim Técnico, 7).
- BEZERRA, F.M.L.; OLIVEIRA, C.H.C. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura nos estádios fenológicos da melancia irrigada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.3, n.2, p.173-7, 1999.
- BURMAN, R.D.; NIXON, P.R.; WRIGHT, J.L.; PRUITT, W.O. Water requirements. In: JENSEN, M.E. (Ed.) *Design and operation of farm irrigation systems*. St. Joseph: ASAE, 1983. p.189-232. (Monograph, 3).

- DANTAS NETO, F.S. Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência para Mossoró - RN. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.7, n.1, p.46-55, 1999.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. *Yield response to water*. Rome: FAO, 1979. 193 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. *Efeito da água no rendimento das culturas*. Tradução: GHEYI, H.R. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1994. 306 p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 33)
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. Rome: FAO, 1977. 179 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24)
- GUARDIOLA, J.L. Frutificação e crescimento. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITRUS-FISIOLOGIA, 2., 1992, Bebedouro. *Palestras...* Bebedouro: Fundação Cargill, 1992. p.3-26.
- KRIEDMANN, P.E.; BARRS, H.D. Citrus orchards. In: KOZLOWSKI, T.T. *Water deficits and plant growth*. New York: Academic Press, 1981. v.6, p.325-418 (Woody plant communities)
- MAKKINK, G. F. Ekzamento de la formulo de Penman. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. Wageningen, v.5, p.290-305, 1957.
- PERES, J. G.; PEREIRA, A. R.; FRIZZONE, J. A. Avaliação do modelo de Penman-Monteith para estimativa da evapotranspiração de referência padronizada pela FAO. *Engenharia Rural*, Piracicaba, FEALQ, v.6, n.1, p.53-64, 1995.
- PERES, J.G.; SCARDUA, R. Estudo de métodos agroclimatológicos para estimativa da evapotranspiração potencial de referência (ET_o), segundo DOORENBOS & PRUITT. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v.2, n.2, p.48-63, 1991.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G. *Evapo(transpi)ração*. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- SILVA, A.A.G.; ANGELOCCI, L.R.; NOGUEIRA, L.C.; ANDRADE, C.L.T. Avaliação da eficiência de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. *Anais...* Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p.2465-78.
- SMITH, M.; ALLEN, R.; MONTEITH, J.L.; PERRIER, A.; PEREIRA, L.S.; SEGEREN, A. *Expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements*. Rome: FAO, 1990. 59 p.
- SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, New York, v.118, n.6, p.977-80, 1992.
- TURCO, J.E.P. *Influência da acurácia de instrumentos de medidas na comparação de métodos de estimativa da evapotraspiração de referência (ET_o)*. 2002. 85 f. Livre-Docência (Eletrificação Rural) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- VISWANADHAM, Y.; SILVA FILHO, V.P.; ANDRE, R.G.B. The Priestley-Taylor parameter for the Amazon Forest. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.38, n.3-4, p.211-25, 1991.
- WILSON, R.G.; ROUSE, W.R. Moisture and temperature limits of the equilibrium evapotranspiration model. *Journal of Applied Meteorology*, Boston, v.11, n.11, p.436-42, 1972.