

ESTIMATIVAS DE EVAPORAÇÃO DO LAGO DE TAQUARUÇU, SP, USANDO O MODELO CONCEITUAL DE RELAÇÃO COMPLEMENTAR DE MORTON

Raimundo de Oliveira Roque, Clóvis Angeli Sansigolo
Divisão de Ciências Meteorológicas, INPE, São José dos Campos, SP
e-mail : raimundo@met.inpe.br

ABSTRACT

Morton's complementary relationships conceptual model was used to estimate the Taquaruçu lake evaporation rates. The model performance was verified in comparison to Penman's estimates and class A pan measurements, in the period 1976-97. Lake evaporation rates, ranging from 5.8 mm/day in summer to 2.5 mm/day in winter, 86% of potential rates, were obtained. The wet environment evaporation rates defined by Morton were close to the ones estimated by Penman's method. Morton's model provided more realistic and consistent potential and lake evaporation rates, obtained from their effects on the routine climatological observations, used to calculate potential evaporation.

1. INTRODUÇÃO

Estimativas confiáveis de evaporação de lagos são essenciais no planejamento e gerenciamento de recursos hídricos e estudos de impacto ambiental. O desenvolvimento de métodos baseados em observações climatológicas de rotina ainda é um desafio à ciência e aplicação hidrometeorológica. A maioria dos métodos estima evaporação a partir de observações de temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação ou usa medidas de tanques em estações meteorológicas no ambiente terrestre, significativamente influenciado pela disponibilidade de água no solo para evapotranspiração da vegetação adjacente, portanto não representativas do ambiente sobre o lago.

As técnicas convencionais de estimar evaporação de lagos são baseadas na suposição que a evaporação estimada a partir de tanques ou observações climatológicas no ambiente terrestre podem ser transpostas ao lago vizinho aplicando um simples coeficiente, como os de tanque classe A, que para algumas localidades dos EUA, são : 0,81 para o lago Okeechobee na Flórida, onde a precipitação média anual é aproximadamente 1400 mm, 0,70 para o lago Heffner em Oklahoma, onde a precipitação média anual é aproximadamente 800 mm e 0,52 para lago Salton na Califórnia, onde a precipitação média anual é aproximadamente 60 mm. Estas variações mostram que os lagos criam seus próprios ambientes que diferem mais e mais do terrestre quando este se torna mais árido.

Bouchet (1963) formulou a hipótese que variações na evapotranspiração (evaporação) potencial e a regional (de lago), são complementares devido às variações na disponibilidade de água no solo. O conceito de uma relação complementar entre evapotranspiração (evaporação) potencial e regional (de lago) é baseado na interação entre a superfície evaporante e o ar circulando no ambiente. A relação contorna a complexidade do sistema solo-planta de modo que a evapotranspiração regional (de lago) possa ser estimada a partir de seus efeitos sobre a temperatura e umidade do ar rotineiramente observadas, que são usadas nas estimativas de evapotranspiração (evaporação) potencial. Uma racionalização conceitual e revisão sobre o assunto, realizada por Morton (1983a), que apresenta evidências experimentais indicando que esta relação é uma hipótese de trabalho plausível, que pode ser expressa por:

$$ET + ET_p = 2ET_w \quad (1)$$

onde ET é a evapotranspiração regional de uma área suficientemente grande para que os efeitos de transição das bordas à sotavento sejam desprezíveis, ET_p é a evapotranspiração potencial como estimada pela solução das equações de balanço de energia e transferência de vapor, representando a evapotranspiração que ocorreria numa superfície úmida hipotética com absorção de radiação e taxas de transferências de vapor similares às áreas pequenas o suficiente para que os efeitos da evapotranspiração no ar sobrepassante fossem desprezados e ET_w é a evapotranspiração espacial do ambiente úmido que ocorreria se as superfícies solo-planta estivessem muito úmidas e não houvesse limitações à disponibilidade de água.

A Figura 1 mostra a representação esquemática da relação complementar entre evaporação de lago e evaporação potencial no ambiente terrestre, sob condições de suprimento constante de energia radiante. A ordenada representa a evaporação do lago e a abcissa o suprimento de água às superfícies solo-planta, adjacentes. Quando não há água disponível para evapotranspiração no ambiente terrestre $ET = 0$ e com ar quente e seco, a evaporação potencial EP atinge sua taxa máxima $2EW$ (evaporação potencial do ambiente seco). Assim que a disponibilidade de água à

vegetação aumenta, resulta num aumento equivalente de **ET**, que provoca um umedecimento e resfriamento do ar na região que por sua vez leva à uma diminuição na **EP**. Finalmente, quando a disponibilidade de água aumenta significativamente, os valores de **EP** convergem para **EW**. A relação complementar prevê que a evaporação potencial num ambiente terrestre completamente seco pode ser até duas vezes a evaporação do lago e irá decrescer em resposta ao aumento no suprimento de água às superfícies solo-planta adjacentes, até alcançar um mínimo igual à evaporação do lago.

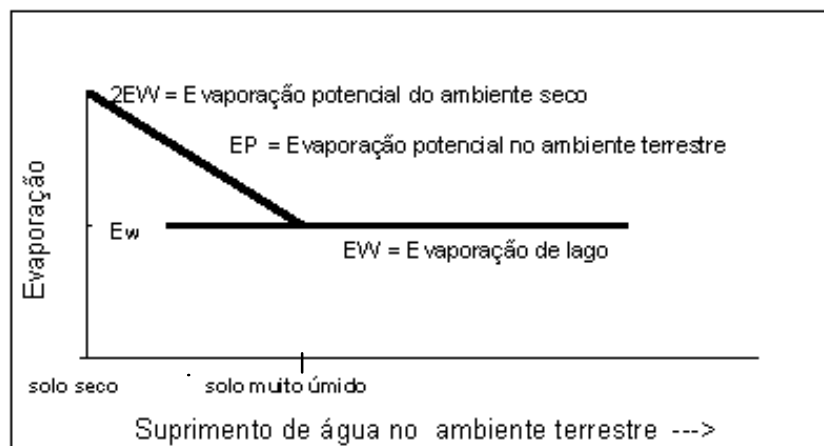


Figura 1. Representação esquemática da relação complementar entre evaporação de lago e potencial no ambiente terrestre, sob suprimento constante de energia radiante. (Morton, 1983b).

Resultados experimentais sobre estimativas evaporação de lagos pelo método conceitual de relação complementar e balanços hídricos em 7 lagos nos Estados Unidos e Canadá (Morton, 1983b), mostraram perfeita concordância entre ambos, com erros inferiores a 10 %.

No Brasil, Dias & Kelman (1987) compararam no período de 1979 a 1982, as estimativas mensais de evaporação pelos diferentes métodos climatológicos e medidas de tanque classe A no reservatório de Sobradinho, no Rio São Francisco, e concluíram que o método de Morton foi o que apresentou resultados mais uniformes, regionalmente coerentes e consistentes, para as 3 estações meteorológicas consideradas no estudo. Trovati (1987) utilizou o método de Morton nas estimativas mensais de evaporação do lago de Ilhas Solteira, SP, em 83 e 84, dois anos com características pluviométricas distintas e obteve por comparação com medidas de tanque classe A, coeficientes de tanque (evaporação de lago / evaporação de tanque) 0,84 para ano de 1983 (ano chuvoso) e 0,80 para 1984 (ano seco), resultados que comprovam a influência do ambiente terrestre ao redor do lago na evaporação do mesmo.

O objetivo deste trabalho é a implementação e verificação, por meio de comparações com as estimativas pelo método de Penman e medidas de tanque classe A, do modelo conceitual de relação complementar de Morton para cálculo das taxas de evaporação do lago de Taquaruçu, São Paulo, a partir dos dados climatológicos mensais, no período de 1976 a 97.

2. Material e Métodos

O lago da Usina Hidrelétrica Escola Politécnica (Taquaruçu) da CESP, situa-se no Rio Paranapanema, no sudoeste do Estado de São Paulo, na divisa com o Estado do Paraná. A região, mostrada na figura 2, tem como vegetação predominante pastagens e possui grandes lagos artificiais formados pelas Usinas Hidrelétricas da CESP nos rios Paranapanema (Capivara, Taquaruçu e Rosana) e Paraná (Porto Primavera). O lago de Taquaruçu é o menor deles, com 106 km² de superfície e profundidade média de 29m.

Os dados climatológicos utilizados foram obtidos na estação do DAEE, em Taquaruçu (latitude -22°37', longitude -52°11' e altitude 270 m), localizada na Reserva Florestal do Morro do Diabo, na margem direita do rio Paranapanema, a 1300m da borda do lago, no município de Teodoro Sampaio. Foram utilizadas as médias mensais, no período de 1976 a 97, de temperatura do ar e de ponto de orvalho, velocidade e direção do vento, precipitação, evaporação de Tanque Classe A e insolação. Os ventos predominantes na região são de nordeste com 22% de frequência com velocidades médias de 1,82 m/s, de leste com 19% com velocidades médias de 1,91 m/s e de norte com 13% com velocidades 1,5 m/s.

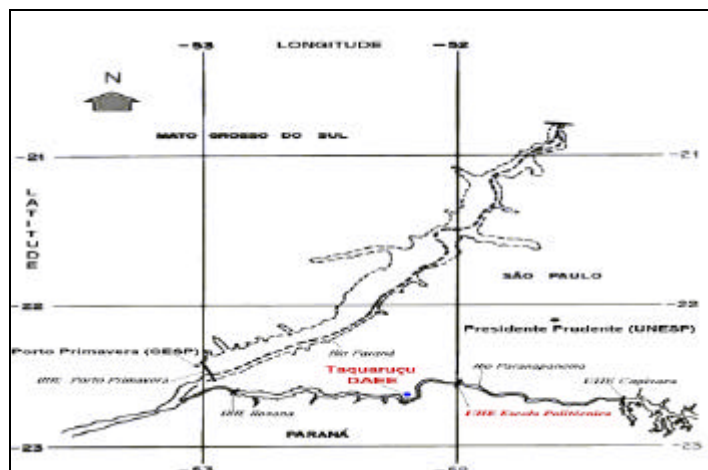


Figura 2. Localização do lago da Usina Hidrelétrica Escola Politécnica (Taquaruçu) e da estação climatológica do DAEE.

As estimativas de evaporação de lago de Taquaruçu foram feitas pelo modelo de Morton (1983), usando o conceito de relação complementar de Bouchet (1963). As taxas de evaporação potencial EP são obtidas a partir da equação de Kohler e Parmele (1967), desenvolvida a partir da de Penman (1948) com a substituição de γp por λ , visando incluir os efeitos das variações de temperatura na superfície no balanço de radiação de ondas longas :

$$ET_p = D R_w + (1 - D) f_w (v - v_D) \quad (2)$$

na qual R_w a irradiância líquida disponível, f_w o coeficiente de transferência de vapor, v e v_D as pressões de saturação do vapor às temperaturas do ar e do ponto de orvalho, respectivamente, $D = (1 - \lambda/\Delta)^{-1}$, onde Δ é a taxa de variação da pressão de saturação do vapor d'água com a temperatura do ar, λ o coeficiente de transferência de calor, igual a $\gamma p + 4\epsilon\sigma(T + 273)^3 / f_w$, γ constante psicrométrica, p a pressão atmosférica, σ a constante de Stefan-Boltzman, ϵ a emissividade da superfície e T a temperatura do ar.

No modelo de Morton, as estimativas de evaporação de lagos são feitas usando uma modificação da equação de Priestley & Taylor (Morton, 1983b) que visa incluir os efeitos das variações de temperatura na superfície nos balanços de ondas longas e nas taxas de variação das pressões de saturação do vapor d'água com a temperatura Δ :

$$EW = 13 + 1,12 \Delta_p / (\Delta_p + \gamma p) Rn_{TP} \quad (3)$$

onde Δ_p é a tangente à curva de pressão de saturação de vapor d'água com a temperatura de equilíbrio, 13 e 1,12 são constantes empíricas obtidas por meio de calibração em diversas regiões áridas do mundo onde $EP = 2 EW$ e Rn_{TP} as irradiâncias líquidas às temperaturas de equilíbrio, dadas por :

$$Rn_{TP} = EP + \gamma p f_w (T_p - T) \quad (4)$$

onde as taxas evaporação potencial EP são :

$$EP = Rn_{TP} - \lambda f_w (T_p - T) \quad (5)$$

na qual as temperaturas de equilíbrio T_p são obtidas iterativamente por :

$$\delta T_p = [R_T / f_w + v_D - v'_p + \lambda (T - T'_p)] / (\Delta'_p - \lambda) \quad (6)$$

onde $T_p = T'_p + \delta T_p$ e

$$f_w = (p_s / \bar{p})^{0,5} 28 / \zeta \quad (7)$$

na qual o fator de estabilidade $\zeta = \{ 0,28 (1 + v_D / v) + \Delta Rn_T / [(\gamma p (p_s / \bar{p})^{0,5} 25 (v - v_D))] \}^{-1}$.

A complexidade do modelo conceitual de relação complementar de Morton é devida principalmente às estimativas de radiação solar global e líquidas, feitas a partir das observações da insolação e estimativas de albedo.

Chiew & Jayasuriya (1990) compararam as estimativas diárias de radiação global e líquidas usando as parametrizações compiladas por Morton com medidas feitas em duas localidades na Austrália, uma com floresta de coníferas e outra com pastagem alta. Apesar do método ter superestimado o albedo da floresta (0,16), usando 0,21, valor típico de pastagem, ele levou a boas estimativas diárias de radiação global e líquida nas duas localidades.

No modelo de Morton (1983) as irradiâncias globais de céu com nebulosidade G são calculadas a partir das irradiâncias no topo da atmosfera G_E , irradiâncias globais de céu claro G_0 e razões de insolação $S = \pi n / 24 \omega$, por:

$$G = S G_0 [0,08 + 0,30 S] (1 - S) G_E \quad (8)$$

na qual G_E e G_0 são obtidos por :

$$G_E = (1354 / \eta^2) (\omega / 180) \cos z \quad (9)$$

na qual $\eta = 1 + (1/60) \sin (29,5i - 106)$, $\cos \omega = 1 - \cos Z / (\cos \varphi \cdot \cos \theta)$, $\cos z = \cos Z + [(180/\pi) \sin \omega / \omega - 1] \cos \varphi \sin \theta$, $\cos Z = \cos (\varphi - \theta)$ e $\theta = -23,2 \sin (29,5 i - 94)$, $i = 1,2, \dots, 12$, onde G_E é a irradiância no topo da atmosfera, η a excentricidade da órbita da Terra em torno do Sol, ω os graus de rotação da Terra entre o nascer e meio dia, z o ângulo zenital médio, Z o ângulo zenital ao meio dia, θ a declinação do Sol e φ a latitude do local.

$$G_0 = G_E \tau [1 + (1 - \tau / \tau_a) (1 + a_0 \tau)] \quad (10)$$

na qual os albedos de céu claro a_0 , as transmitâncias de céu claro τ e suas frações absorvidas τ_a são dadas por :

$$a_0 = 0,11 [\exp 1,08 - (2,16 \cos Z / \pi + \sin Z) \exp (0,012 Z)] / 1,473 (1 - \sin Z) \quad (11)$$

$$\tau = \exp \{ -0,089 [\bar{p} / (p_s \cdot \cos z)]^{0,75} - 0,083 (j / \cos z)^{0,90} - 0,0288 (W / \cos z)^{0,60} \} \quad (12)$$

$$\tau_a = \exp [-0,0415 (j / \cos z)^{0,90} - (0,0029)^{0,5} (W / \cos z)^{0,3}] \quad (13)$$

onde as quantidades de água precipitável W e os coeficientes de turbidez j são obtidos por :

$$W = v_D / (0,49 + T / 129) \quad (14)$$

$$j = [0,5 + 2,5 \cos^2 z] \exp [(21 - T) (\bar{p} / p_s - 1)] \quad (15)$$

As irradiâncias líquidas Rn_T são obtidas pela diferença entre as globais absorvidas e as perdas de ondas longas :

$$Rn_T = (1 - a) G - B \quad (16)$$

na qual os albedos médios com nebulosidade e as perdas de onda longa B são obtidos por :

$$a = a_0 [S + (1 - S) (1 - Z / 330)] \quad (17)$$

$$B = \varepsilon \sigma (T + 273)^4 [1 - (0,71 + 0,007 v_D \bar{p} / p_s (1 + \rho))] \quad (18)$$

onde os incrementos na radiação atmosférica devido às nuvens ρ são dados por :

$$\rho = 0,18 \{ [1 - 10 (v_D / v - S - 0,42)] (1 - S)^2 + 10 (v_D / v - S - 0,42) (1 - S)^{0,5} \} p_s / \bar{p} \quad (19)$$

Foram feitas comparações entre as estimativas mensais de evaporação do lago de Taquaruçu pelo modelo de Morton com as obtidas pelo método de Penman e medidas de tanque classe A no local.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As séries temporais (1976- 97) das médias mensais de evaporação do lago de Taquaruçu, calculadas usando o modelo conceitual de relação complementar de Morton (1983a), são mostradas na Figura 3. Estas taxas médias de evaporação variaram, respectivamente, no inverno e verão de 78 a 181 mm/mês.

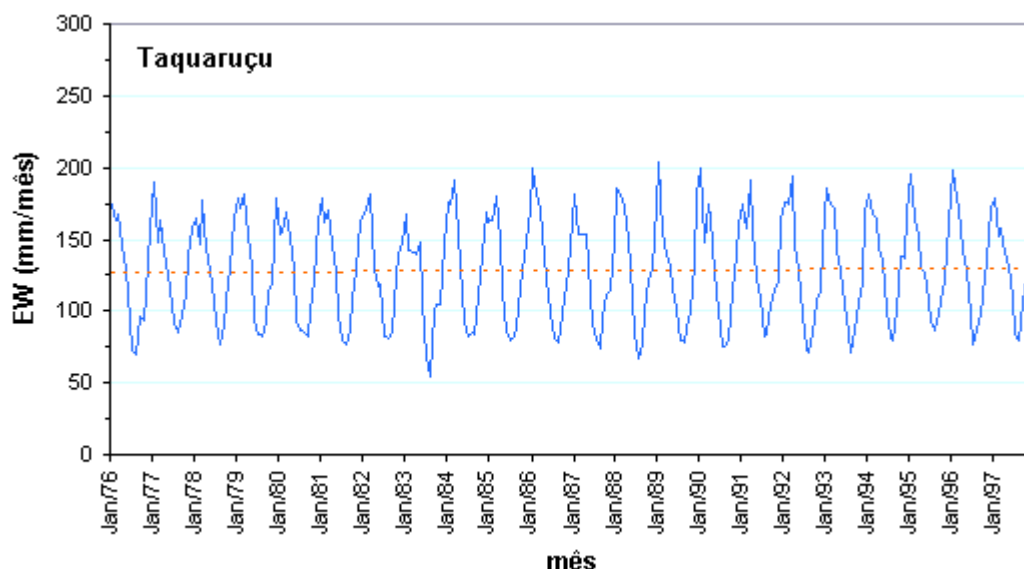


Figura 3. Série temporal dos totais mensais de evaporação do lago de Taquaruçu (EW), usando o modelo conceitual de relação complementar de Morton.

As médias mensais no período 1976-97 das irradiâncias globais no topo da atmosfera (G_E) e na superfície (G), albedos (a), irradiâncias de onda longa (B), razões de insolação (n/N), irradiâncias líquidas (Rn_{TP}), coeficientes de transferência de vapor d'água (fw) e calor sensível (λ), além das taxas médias diárias de evaporação potencial (EP) e de lago (EW), pelo modelo de Morton (1983b) encontram-se na tabela 1. Estas taxas variaram respectivamente de 6,1 e 5,8 mm/dia em janeiro a 3,4 e 2,6 mm/dia em julho e as estimativas de evaporação do lago foram 5% e 31% inferiores às potenciais.

Tabela 1. Médias mensais (1976-97) das irradiâncias globais no topo da atmosfera (G_E) e na superfície (G), albedo (a), irradiâncias de onda longa (B), razões de insolação (n/N), irradiâncias líquidas (Rn_T), coeficientes de transferência de vapor d'água (fw) e calor sensível (λ), e taxas médias diárias de evaporação potencial (EP) e lago (EW), pelo modelo de Morton (1983b).

mês	G_E W/m ²	G W/m ²	A -	B W/m ²	n/N -	Rn_T W/m ²	fw Wm ⁻² mb ⁻¹	λ mb°C ⁻¹	EP mm/d	EW mm/d
jan	484	231	0,08	30	0,53	184	25,4	0,87	6,1	5,8
fev	459	227	0,08	34	0,56	182	25,4	0,87	6,1	5,8
mar	411	213	0,09	39	0,60	174	25,4	0,87	5,7	5,5
abr	347	191	0,10	50	0,66	157	25,4	0,87	5,1	4,8
mai	290	150	0,10	54	0,60	140	25,4	0,85	4,2	4,1
jun	262	135	0,10	58	0,60	113	25,4	0,85	3,5	3,3
jul	272	154	0,10	64	0,70	82	25,4	0,85	3,1	2,6
ago	316	176	0,09	62	0,65	74	25,4	0,85	3,3	2,5
set	378	180	0,09	50	0,51	93	25,4	0,86	3,8	3,1
out	438	225	0,08	48	0,58	106	25,4	0,86	4,4	3,6
nov	472	246	0,08	44	0,60	129	25,4	0,87	5,0	4,3
dez	488	237	0,08	35	0,54	163	25,4	0,87	5,7	5,3

Na tabela 2 são apresentados os resultados dos totais mensais, obtidos pelos métodos de Penman e Morton no período de 1976 a 97, e as medidas de precipitação e evaporação de tanque classe A em Taquaruçu. Os totais anuais de evaporação potencial (EP) foram em média 10% superiores aos evaporação do lago (EW), e estas pequenas diferenças ocorreram em todos os meses do ano.

Tabela 2. Totais médios mensais (1976-97) em mm de precipitação (P), evaporação de tanque classe a (ECA), evaporação por Penman (EPen), irradiâncias líquidas (Rn_T) e taxas de evaporação potencial (EP) e evaporação de lagos (EW), calculadas pelo modelo de Morton.

mês	P	ECA	EPen	Rn_T	EP	EW
jan	192	187	191	200	170	181
fev	136	164	167	181	171	163
mar	128	168	164	189	178	170
abr	85	133	127	165	152	145
mai	102	94	87	152	131	128
jun	72	81	68	119	104	100
jul	37	104	82	89	96	81
ago	50	129	107	80	102	78
set	118	140	124	98	115	93
out	128	176	171	116	138	112
nov	125	184	187	136	149	128
dez	212	190	194	178	177	163
ANO	1387 100%	1751 126%	1669 120%	1703 123%	1703 123%	1542 111%

A relação entre os totais mensais de evaporação potencial e de lago em Taquaruçu são mostradas na figura 4. A reta de regressão ajustada é paralela à reta 1:1 (45°), a menos de uma constante de 16 mm/mês. Em diversos casos, com média anual igual a 129 mm/mês, $EW = EP$ e a maioria apresenta pequenas diferenças, inferiores à 10%.

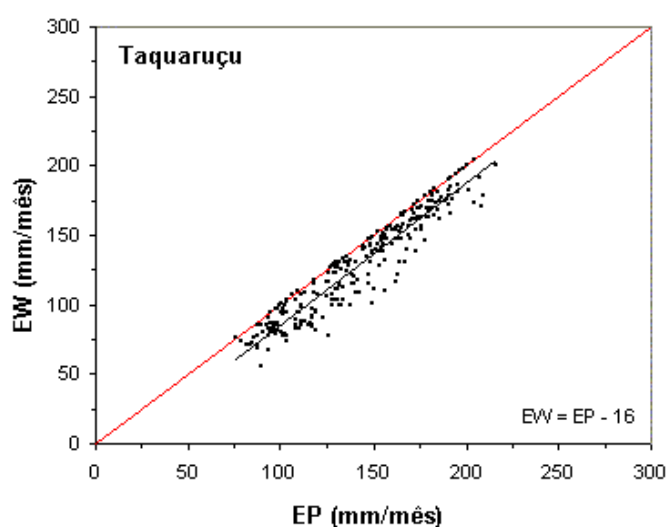


Figura 4. Relação entre os totais mensais de evaporação de lago (EW) e potencial (EP) obtidos pelo modelo de Morton em Taquaruçu.

Na figura 5 é mostrada a relação entre os totais mensais de evaporação de lago calculados pelos métodos de Morton e de Penman. A curva de ajuste, que apresentam grande dispersão, mostra que o modelo de Morton superestimou as taxas de evaporação obtidas pelo de Penman para valores abaixo da média, que ocorrem no outono e inverno e subestimou para valores acima da média, que ocorrem na primavera e verão. Considerando todos os casos, o método de Penman superestimou as taxas de evaporação obtidas pelo modelo de Morton em 8%.

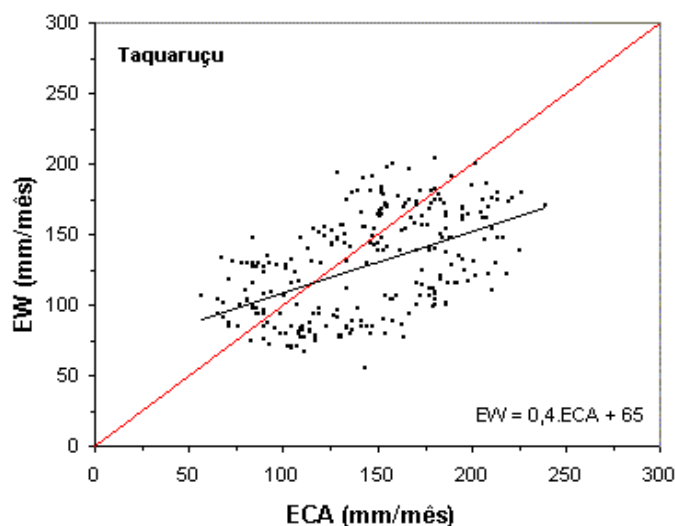


Figura 5. Relação entre os totais mensais de evaporação do lago de Taquaruçu obtidos pelos métodos de Morton e de Penman (EPen).

As estimativas dos totais mensais de evaporação de lago obtidas pelo método de Morton foram comparados com as medidas de Tanque Classe A em Taquaruçu. Os resultados são apresentados na figura 6. O modelo de Morton superestimou a evaporação do lago em relação às medidas de Tanque Classe A no caso dos totais mensais abaixo de média anual (129 mm/mês) e subestimou nos totais acima da média. Considerando todos os casos, as medidas de tanque classe A foram em média 14% superiores às estimativas de evaporação pelo modelo de Morton. O coeficiente de tanque $K_p = EW/EC_A$, que deveria corrigir estas medidas indiretas seria aproximadamente igual à 0,86.

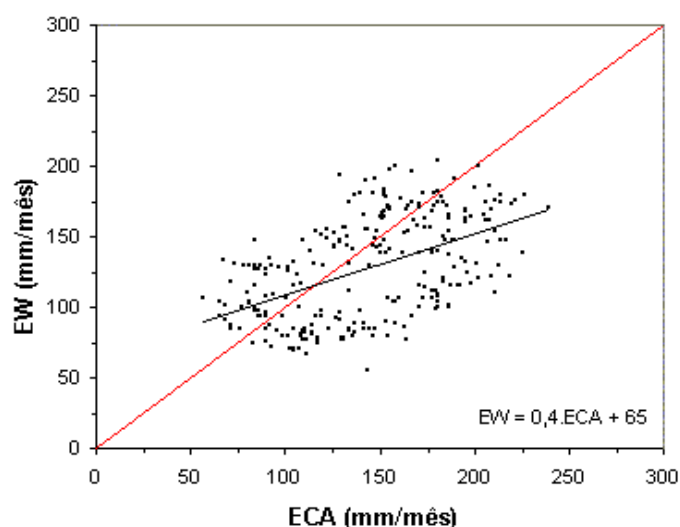


Figura 6. Relações entre os totais mensais de evaporação lago (EW), usando o modelo de Morton e as medidas de tanque classe A (ECA) em Taquaruçu.

As estimativas de evaporação pelo método de Penman apresentaram um ótimo ajuste linear com as medidas de tanque classe A em Taquaruçu, indicando que a influência do ambiente terrestre nas taxas de evaporação, considerada no método de relação complementar de Morton, é mais importante que a própria escolha do método de medida ou estimativa.

4. CONCLUSÕES

As taxas médias mensais de evaporação do lago em Taquaruçu, calculadas usando o modelo conceitual de relação complementar de Morton, variaram de 5,8 mm/dia no verão a 2,5 mm/dia no inverno. Estas taxas foram em média 10% inferiores às potenciais.

O modelo de Morton superestimou as taxas de evaporação de lago obtidas pelo método de Penman no outono e inverno e subestimou na primavera e verão. Em média, o método de Penman superestimou as taxas de evaporação obtidas pelo modelo de Morton em 8%.

As taxas de evaporação de lago pelo modelo de Morton foram superestimadas em relação às medidas de Tanque Classe A no caso dos valores abaixo da média e subestimadas nos acima. Considerando todos os casos, as medidas de Tanque Classe A foram em média 14% superiores às estimativas pelo modelo de Morton, levando a um coeficiente de tanque igual à 0,86.

O modelo conceitual de relação complementar de Morton fornece estimativas mais realistas e consistentes, principalmente em regiões mais secas, de evaporação de lagos, obtidas a partir de seus efeitos nas observações climatológicas de rotina, usadas para cálculo da evaporação potencial.

Este modelo também permite prever a partir de séries de dados climatológicos convencionais, o impacto ambiental de grandes lagos no microclima de uma dada região.

5. REFERÊNCIAS

- ANDERSEN, M. E.; JOBSON, H. E. Comparison of techniques for estimating annual lake evaporation using climatological data. **Water Resources Research**, v.18, n.3, p. 630-636, 1982.
- ARNFIELD, A. J. A note on the diurnal, latitudinal and seasonal variation of the surface reflection coefficient. **Journal Applied Meteorology**, v.14, p. 1603-1608, 1975.
- BOUCHET, R. J. Evapotranspiration réelle et potentielle, signification climatique. International Association of Scientific Hydrology, **Proceedings**, Berkeley, CA. Symposium Publication n.62, p. 134-142, 1963.
- BRUTSAERT, W.; STRICKER, H. An advection-aridity approach to estimate actual evapotranspiration. **Water Resources Research**, v.15, n. 2, p. 443-450, 1979.
- CHIEW, F. H. S.; JAYASURIYA L. N. N. Applicability of Morton's complementary relationship method of estimating evapotranspiration in rainfall-runoff modelling. Conference on Agricultural Engineering, **Proceedings**, Toowoomba, Austrália. Publication n. 13, p. 289-293, 1990.
- DIAS, N.L.C.; KELMAN, J. Comparações entre modelos climáticos e o uso de tanque classe A para estimar a evaporação no reservatório de Sobradinho. In : VII Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Salvador, 1987. **Anais**, São Paulo, ABRH, 1987, p. 162-167.
- FORTIN, J. P.; SEGUIN, B. Estimation de l'ETR regional à partir de l'ETP locale: utilisation de la relation de Bouchet à différents échelles de temps. **Annales Agronomiques**, v. 26, n. 5, p. 537-554, 1975.
- KOHLER, M. A.; PARMELE, L. H. Generalized estimates of free-water evaporation, **Water Resources Research**, v. 3, n. 4, p. 996-1005, 1967.
- KOVÁCS, G. Estimation of average areal evapotranspiration proposal to modify Morton's model based on the complementary character of actual and potential evapotranspiration. **Journal of Hydrology**, v. 95, p. 227-240, 1990.
- MONTEITH, J. L. Evaporation and surface temperature. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 107, p. 1- 27, 1981.
- MORTON, F. I. Catchment evaporation and potential evaporation - further development of a climatologic relationships. **Journal of Hydrology**, v.12, p. 81-99, 1971.
- MORTON, F. I. Estimating evaporation and transpiration from climatological observations. **Journal of Applied Meteorology**, v.14, p. 488- 497, 1975.
- MORTON, F. I. Climatological estimates of lake evaporation. **Water Resources Research**, v.15, n.1, p. 64- 76, 1979.

- MORTON, F. I. Operational estimates of areal evaporation and their significance to the science and practice of hydrology. **Journal of Hydrology**, v. 66, p. 1-76, 1983a.
- MORTON, F. I. Operational estimates of lake evaporation. **Journal of Hydrology**, v.66, p.77-100, 1983b.
- MORTON, F. I. Practical estimates of lake evaporation. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 25, p. 371-387, 1986.
- PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Royal Meteorological Society. **Proceedings**, London, ser A, v.193, p. 120-145, 1948.
- PRIESTLEY, C.H.B.; TAYLOR R. J. On the assessment of the surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. **Monthly Weather Review**, v. 100, p. 81- 92, 1972.
- ROQUE, R. O. **Estimativas de evapotranspiração espacial e evaporação de lagos no Pontal do Pranapanema pelo modelo conceitual de relação complementar de Morton**. 63 p. (Dissertação de Mestrado em Meteorologia , INPE, S. J. Campos SP), 2000.
- SEGUIN, B. Influence de l'evapotranspiration régionale sur la mesure locale d'evapotranspiration potentielle. **Agricultural Meteorology**, v.15, p.355-370, 1975.
- SELLERS, B. H. Calculating the surface energy balance for lake and reservoir modeling. **Reviews of Geophysics**, v. 24, n.3, p. 625-649, 1986.
- TROVATI, L.R. Estimativas da evaporação do Lago de Ilha Solteira através do modelo de relação complementar In : VII Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Salvador, 1987. **Anais**, São Paulo, ABRH, 1987, v.2, p. 162-167.