

Coefficiente do Tanque Classe A (Kp) para a Estimativa da Evapotranspiração de Referência (ET_o) na Região Norte Fluminense, RJ.

J.C. Mendonça¹; E. F. Sousa²; R. G. B. Andre³; B. B. Silva⁴

RESUMO: No presente trabalho buscou-se avaliar o método do tanque Classe A para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) com a utilização de diferentes modelos para o cálculo do coeficiente do tanque (Kp). Observou-se um bom desempenho dos modelos avaliados para a estimativa dos valores diários de ET_o (valores de $R^2 > 0,77$) quando comparados com o método de Penman-Monteith-FAO 56. O modelo proposto por Cuenca (1989) apresentou o maior índice de agregação ($D = 0,94$) e o menor erro médio absoluto (EMA = 0,46). O valor de Kp constante proposto por Bernardo et al. (1996) também apresentou elevada performance, indicando sua potencialidade para utilização prática na estimativa da ET_o diária na Região Norte Fluminense, RJ.

Palavras-Chave: Irrigação, Evapotranspiração, Tanque Classe A

Estimating Reference Evapotranspiration for the North Region of Rio de Janeiro State – Brazil From Class-A Pan Evaporation Data

ABSTRACT: The object of this work was to evaluate the use of Class-A pan evaporation data to estimate reference evapotranspiration (ET_o) in the north region of Rio de Janeiro state – Brazil by using different models to calculate pan coefficient Kp. Goodness-of-fit of all tested models ($R^2 > 0,77$) were considered acceptable for the daily estimation of ET_o values when compared with the method of Penman-Monteith-FAO 56. The largest value for the aggregation index, $D = 0.94$, and the least absolute mean error, AME = 0.46, were obtained though the model developed by Cuenca (1989). The use of a constant Kp value, as proposed by Bernardo et al. (1996), was also considered an efficient method revealing its potential use to estimate daily ET_o values for the considered region.

KEYWORDS: irrigation, evapotranspiration, class-A pan

Eng. Agrônomo. Doutorando em Produção Vegetal - Laboratório de Engenharia Agrícola LEAG/UENF. Av. Alberto Lamego, 2000, CEP.: 28015-620 – Campos dos Goytacazes, RJ. Fone (0xx22) 2726-1543 - email: mendonca@uenf.br

² Prof. Doutor – Laboratório de Engenharia Agrícola, UENF, Campos dos Goytacazes, RJ

³ Prof. PhD - Laboratório de Meteorologia, UENF, Macaé, RJ.

⁴ Prof. Doutor – Departamento de Ciências Atmosféricas, UFCG, Campina Grande, PB.

INTRODUÇÃO

A Evapotranspiração de Referência (ET_o) pode ser estimada por métodos diretos e indiretos, sendo os evaporímetros e em especial o tanque Classe A um método bastante utilizado em diversos locais do mundo, em virtude do custo relativamente baixo e do fácil manejo, tendo a vantagem de medir a evaporação de uma superfície de água livre, associada aos efeitos integrados da radiação solar, do vento, da temperatura e da umidade do ar. (Bernardo, et al. 2005). Os mesmos autores citam que as condições meteorológicas da região e o local em que o tanque está instalado devem ser considerados. Pelo método do tanque Classe A, a ET_o é estimada pela seguinte equação:

$$ET_o = EV \cdot K_p \quad (1)$$

EV = Evaporação do tanque Classe A, mm.dia⁻¹; e

K_p = coeficiente do tanque, sendo função da velocidade do vento, da umidade relativa e do tipo e extensão da bordadura.

Vários métodos são utilizados para a estimativa do K_p. Cuenca (1989) sugeriu uma equação polinomial para estimar valores diários de K_p. Snyder (1992) apresentou um modelo de regressão linear múltipla para estimar o coeficiente usando as mesmas variáveis meteorológicas propostas por Doorembos e Pruitt (1977). Pereira et al. (1995) propuseram um modelo para estimar K_p baseado na relação entre a ET_o, estimada pelo método de Penman Monteith e a EV, medida no tanque Classe A. Allen et al. (1998) apresentaram diversas equações para estimar K_p, em função das variáveis meteorológicas e tipo e extensão de bordadura.

O presente estudo teve por objetivo avaliar a utilização de diferentes métodos de cálculo de K_p para a estimativa da ET_o diária, baseada na evaporação do tanque Classe A sob as condições climatológicas da Região Norte Fluminense, RJ.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados meteorológicos utilizados nesse estudo constituem uma série diária dos anos de 1998, 1999 e 2000 e foram coletados por uma estação meteorológica automática, modelo Thies Clima, instalada na área da Estação Evapotranspirométrica da UENF, localizada na Estação Experimental de Campos dos Goytacazes – Pesagro-Rio, situada a uma altitude de 11 metros acima do nível do mar, de coordenadas geográficas de 21° 44' 47" de latitude Sul e 41° 18' 24" de longitude Oeste. Foram excluídos os dados referentes ao dia de ocorrência e posterior a eventos de precipitação pluviométrica, irrigação do gramado, manutenção de equipamentos e demais anormalidades.

A ETo diária foi estimada pelo método de Penman Monteith com parametrização proposta por Allen, et al. (1998). Para a estimativa dos valores de Kp foram utilizados os seguintes modelos:

1) Tabela de Doorembos e Pruitt (1977): Valor médio anual. $K_p = 0,75$ (2)

2) Cuenca (1989): $K_p = 0,475 - 2,4 \cdot 10^{-4} U + 5,16 \cdot 10^{-3} H + 1,18 \cdot 10^{-3} F - 1,6 \cdot 10^{-5} H^2 - 1,01 \cdot 10^{-6} F^2 - 8,0 \cdot 10^{-9} H^2 U - 1,0 \cdot 10^{-8} H^2 F$ (3)

Onde U = velocidade média do vento a 2 m de altura, em km.dia⁻¹; H = umidade relativa média, em percentagem; e F = bordadura de grama, igual a 15 m neste estudo.

3) Snyder (1992): $K_p = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376U + 0,0045H$ (4)

4) Pereira et al. (1995): $K_p = 0,85 (s + \gamma) / [s + \gamma (1 + r_c / r_a)]$ (5)

Onde s, é a tangente da curva de pressão de vapor d'água; γ , a constante psicrométrica e r_c/r_a , a relação entre a resistência do dossel foliar da grama a difusão do vapor d'água (r_c) e a resistência aerodinâmica para a troca do vapor d'água de uma superfície evaporante (r_a), obtida de uma relação empírica com a velocidade do vento, conforme sugerido por Allen et al, (1998): $r_c / r_a = 0,34U$

5) Bernardo et al. (1996): $K_p = 0,69$ (6)

Valor proposto para uso regional, em Campos dos Goytacazes, RJ.

6) Allen et al.(1998); $K_p = 0,108 - 0,0286U + 0,0422 \ln(F) + 0,1434 \ln(H) - 0,000631 [\ln(F)]^2 \ln(H)$ (7)

Para avaliar a performance dos modelos na estimativa da ETo diária utilizou-se a mesma metodologia usada por Sentelhas et al.(2003), sendo esta a análise de regressão linear, índice de agregação de Willmott (D), erro médio absoluto (EMA), erro máximo absoluto (EMAX) e eficiência do modelo (EF). Essas metodologias são definidas como:

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (8)$$

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - E_i| \quad (9)$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (10) \quad (11)$$

Onde O_i = valor observado, E_i = valor estimado, \bar{O} = média dos valores observados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão apresentados os gráficos relacionando a ETo diária calculada pelo método de Penman-Monteith FAO-56 e estimada pelo método do tanque Classe A utilizando-se os seis modelos de Kp. Pode-se observar um bom ajustamento de todos os modelos avaliados, sendo que os valores de R^2 , que indicam as precisões das estimativas, variaram entre 0,7729 a 0,7983, concordando com os resultados obtidos por Conceição (2002) que comparou a ETo mensal estimada pelos métodos do tanque Classe A e o modelo de Penman-Monteith FAO e também com Sentelhas et al. (2003), que avaliaram a estimativa de ETo diária pelo tanque Classe A em relação a valores de ETo obtidas em um lisímetro de pesagem.

A Tabela 1 apresenta a análise estatística da ETo estimada utilizando os diferentes modelos de Kp. O melhor modelo para converter EV em ETo foi o proposto por Cuenca (1989), $D = 0,9072$ e $EF = 0,8186$, seguidos dos modelos de Bernardo et al. (1996), $D = 0,9382$ e $EF = 0,7478$ e Allen et al. (1998), $D = 0,9307$ e $EF = 0,7634$. Sentelhas et al. (2003) também observaram uma boa estimativa de ETo diária quando foi utilizado o modelo de Cuenca (1989), na região de Piracicaba, SP.

O maior valor do erro médio absoluto foi apresentado pelo modelo de Doorembos e Pruitt (1977), $EMA = 0,6644$, seguido por Pereira et al. (1995), $EMA = 0,6567$, que também apresentou o maior valor do erro máximo absoluto, $EMAX = 3,3176$. Esses resultados não concordaram com os valores obtidos por Sentelhas et al. (2003), em Piracicaba, SP, que observaram maior erro médio absoluto, $EMA = 0,640$ e maior erro máximo absoluto, $EMAX = 2,81$, no modelo de Snyder (1992).

CONCLUSÕES

Todos os modelos de cálculo de Kp utilizados neste estudo superestimaram as estimativas de ETo calculadas pelo método do Tanque Classe A, sendo a melhor estimativa da ETo diária na Região Norte Fluminense, RJ obtida quando se utilizou o valor de Kp calculado pelo modelo de Cuenca (1989), seguido pelo modelo de Bernardo et al. (1996) e Allen et al. (1998).

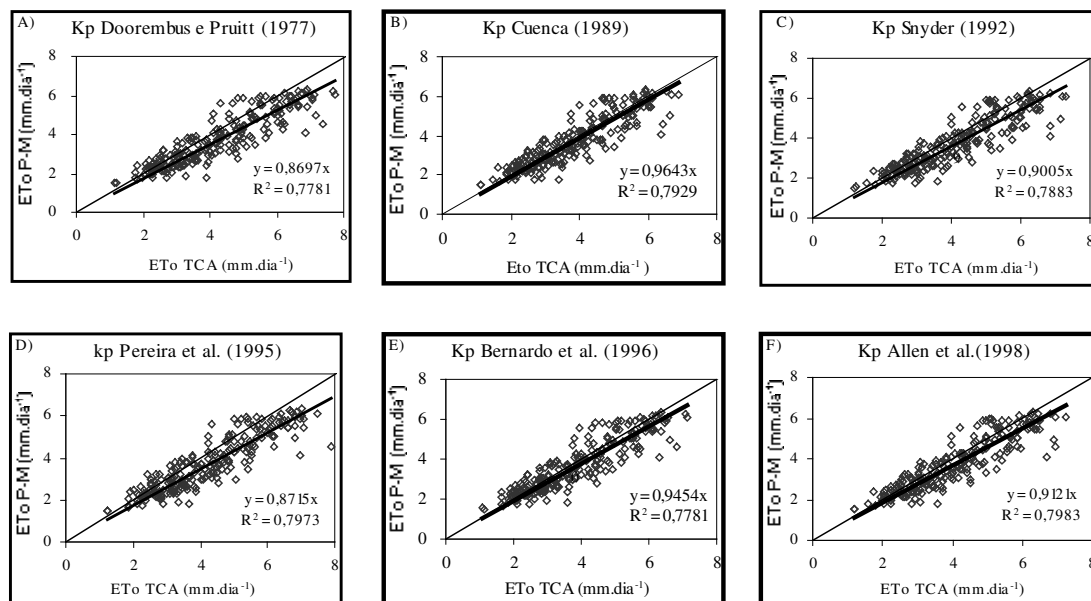


Figura1: Gráficos relacionando os valores estimados de ETo diária pelo método do tanque Classe A utilizando-se de seis modelos de cálculo de Kp, e valores de ETo calculados pelo método de Penman-Monteith FAO.

A Tabela 1: Coeficientes e índices estatísticos para avaliação do desempenho de modelos de cálculo de Kp para a estimativa de ETo pelo método do tanque Classe ^a (mm,dia⁻¹)

Métodos	B	R ²	D	EMA EMAX (mm-dia ⁻¹)		EF
Doorembos e Pruitt	0,8697	0,7789	0,9072	0,6644	2,8225	0,5743
Cuenca (1989)	0,9643	0,7929	0,9433	0,4668	2,2889	0,8186
Snyder (1992)	0,9005	0,7883	0,9228	0,5659	2,7735	0,6773
Pereira et al.(1995)	0,8715	0,7973	0,9097	0,6567	3,3176	0,5995
Bernardo et al. (1996)	0,9454	0,7781	0,9382	0,5059	2,2347	0,7478
Allen et al. (1998)	0,9121	0,7983	0,9307	0,5367	2,6459	0,7634

b = coeficiente de inclinação da reta; R² = Coeficiente de correlação; D = Índice de Agregação; EMA = Erro médio absoluto; EMAX = Erro máximo absoluto; EF = Eficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements, Rome: FAO, 1998, 301p. Irrigation and Drainage Paper 56.

BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; CARVALHO, J.A. Estimativa da evapotranspiração potencial de referência (ET_o) para as “Áreas de Baixada e Tabuleiros” da Região Norte Fluminense, UENF – Boletim Técnico, n.1, 14 p. 1996.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de Irrigação, 7^a Edição; Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 2005, 611p.

CONCEIÇÃO, M. A.F. Reference evapotranspiration based on class A pan evaporation, Scientia Agricola, Piracicaba, SP, V.59, n.3, p.417-420, 2002.

CUENCA, R. H. Irrigation system design an engineering approach. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 1989. 133p.

DOOREMBOS, J.; PRUITT, J.O. Crop Water Requirement. Rome, FAO, Irrigation and Drainage Paper 24, 144p. 1977.

PEREIRA, A.R; VILLA NOVA, N.A.; PEREIRA, A.S.; BARBIERI, V. A model for the class A pan coefficient. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, v.76, p.75-82, 1995.

SENTELHAS P,C.; FOLEGATTI, M, V, Class A pan coefficients (K_p) to estimate daily reference evapotranspiration (ET_o), Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, V.7, n.1, p.111-115, 2003.

SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. Journal of Irrigation and Drainage Engineering of ASCE, New York, v. 118, n.6, p.977-980, 1992.