



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.4, n.º. 3, p.161–165, 2010  
 ISSN 1982-7679 (On-line)  
 Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>  
 Protocolo 008. 098 – 10/03/2010 Aprovado em 11/06/2010

## COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES EQUAÇÕES DE TANQUE CLASSE “A” PARA CÁLCULO DA ETo EM MOSSORÓ, RN

Tayd Dayvison Custódio Peixoto<sup>1</sup>; Sérgio Luiz Aguilar Levien<sup>2</sup>;  
 Andre Herman Freire Bezerra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia Agrícola e Ambiental, Bolsista PIBIC, e-mail: [dayvison\\_ferrari@hotmail.com](mailto:dayvison_ferrari@hotmail.com)

<sup>2</sup>Engenheiro Agrícola, D.Sc., UFERSA, Mossoró, RN, e-mail: [sergiolevien@ufersa.edu.br](mailto:sergiolevien@ufersa.edu.br)

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, UFERSA, Mossoró, RN, e-mail: [andre.herman@yahoo.com](mailto:andre.herman@yahoo.com)

### RESUMO

A evapotranspiração de referência (ETo) calculada pelo tanque Classe “A” (TCA) é um método indireto e de uso generalizado no Brasil devido a seu baixo custo e facilidade no manuseio. Este estudo teve como objetivo determinar, por diferentes metodologias de determinação do coeficiente do tanque (Kp) que são propostas na literatura, a ETo obtida com o auxílio da evaporação do tanque Classe A (ECA), e comparar tais resultados com a ETo estimada pelo método de FAO Penman-Monteith, considerado padrão, usando dados de uma série histórica de 15 anos da região de Mossoró, Rio Grande do Norte. Observou-se um bom desempenho do método do tanque Classe A para a estimativa dos valores mensais de ETo, considerando-se as diferentes formas de cálculo do Kp, sendo a metodologia proposta por Snyder a que apresentou o maior índice de concordância ( $D = 0,85$ ) e o menor erro médio absoluto ( $EMA = 0,40 \text{ mm dia}^{-1}$ ), indicando sua potencialidade para utilização prática na estimativa da ETo diária na região de Mossoró, RN.

**PALAVRAS-CHAVE:** Semiárido, coeficiente do tanque, manejo de irrigação

### ABSTRACT

## COMPARISON OF EQUATIONS OF THE CLASS “A” PAN TO THE CALCULATION OF ETo IN MOSSORÓ, RN

The reference evapotranspiration (ETo) by Class "A" pan (TCA) is an indirect method and widely used in Brazil because of its low cost and easy handling. This study it had as objective to determine, for different methodologies of determination pan coefficients (Kp) that they are proposed in literature, the ETo gotten with the aid of the Evaporation Class A pan (ECA), and to compare such results of ETo of Class A pan with the ETo estimated by the FAO Penman-Monteith method, considered the standard, with historical series data of 15 years of the region of Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. There was a good performance of the Class A pan method to estimate the monthly values of ETo, considering the different ways of calculating Kp, and the methodology proposed by Snyder showed the highest rate of concordance ( $D = 0.85$ ) and the lowest mean absolute error ( $EMA = 0.40 \text{ mm day}^{-1}$ ), indicating its potential for practical use on the estimating of daily ETo in the region of Mossoró, RN, Brazil.

**KEYWORDS:** Semi-arid, pan coefficient, irrigation management

## COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES EQUAÇÕES DE TANQUE CLASSE “A” PARA CÁLCULO DA ETo EM MOSSORÓ, RN

### INTRODUÇÃO

Para um melhor manejo da irrigação necessita-se da determinação da evapotranspiração da cultura (ETc), pois a partir desta, podemos otimizar o uso da água. A evapotranspiração de referência (ETo), foi criada para facilitar a obtenção dos valores de ETc, pois para sua determinação direta faz-se necessário um grande número de parâmetros de solo, de planta, de clima ou mesmo de equipamentos sofisticados, o que limita a sua aplicabilidade (MENDONÇA et al., 2006). A ETo quando multiplicada por um fator que é o coeficiente de cultura (Kc), fator esse que depende das espécies e dos estádios fenológicos, resulta no valor de ETc. A ETo calculada pelo tanque Classe “A” (TCA) que é um método indireto e bastante utilizado no Brasil devido sua facilidade no uso e baixo custo, necessita da evaporação do tanque Classe “A” (ECA) e do coeficiente do tanque (Kp) que

varia de acordo com as condições climáticas e locais. As equações que determinam o valor do Kp na maioria das vezes são baseadas na umidade relativa média do ar ( $UR_m$ ), velocidade do vento ( $u_2$ ), no comprimento da bordadura (B) e no tipo de superfície em que o tanque está colocado (TS, grama ou solo nu). Porém existem diversas formas de obtenção desse coeficiente como as propostas por Cuenca (1989), Snyder (1992), Pereira et al. (1997) e Orang (1998), que podem resultar em valores diferentes, dependendo do local (SENTELHAS & FOLEGATTI, 2003; MENDONÇA et al., 2006).

O objetivo deste trabalho é comparar as diferentes equações para cálculo do valor do coeficiente do tanque Classe “A” ( $K_p$ ) obtido por alguns autores, para a região de Mossoró, RN; e determinar qual dos métodos mais se aproxima do resultado da ETo obtido pelo método FAO Penman-Monteith.

### METODOLOGIA

Nesse trabalho foram utilizados dados meteorológicos de uma série histórica de 15 anos, no período do ano de 1991 a 2006, da estação climatológica convencional da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró-RN, cujas coordenadas geográficas são: 5°11' S, 37°20' W e altitude de 18m.

- Snyder (1992)

$$K_p = 0,482 + 0,024 \cdot \ln(B) - 0,000376 \cdot u_2 + 0,0045 \cdot UR_m \quad (2)$$

em que B é a bordadura da área (10 m),  $u_2$  é a velocidade do vento (km dia<sup>-1</sup>), e  $UR_m$  é a umidade relativa média (%)

Os valores de ETo foram calculados por meio da equação:

$$ETo = K_p \cdot ECA \quad (1)$$

em que ETo é a evapotranspiração de referência,  $K_p$  é o coeficiente do tanque Classe A, e ECA é a evaporação do tanque Classe A.

Para a estimativa dos valores de  $K_p$  foram utilizados quatro métodos de cálculo propostos, citados na literatura, a saber:

**COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES EQUAÇÕES DE TANQUE CLASSE “A” PARA CÁLCULO DA ETo EM MOSSORÓ, RN**

- Cuenca (1989)

$$K_p = 0,475 - 2,4 \cdot 10^{-4} \cdot u_2 + 5,16 \cdot 10^{-3} \cdot UR_m + 1,18 \cdot 10^{-3} \cdot B - 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot (UR_m)^2 - 1,01 \cdot 10^{-6} \cdot B^2 - 8,0 \cdot 10^{-9} \cdot (UR_m)^2 \cdot u_2 - 1,0 \cdot 10^{-8} \cdot (UR_m)^2 \cdot B \quad (3)$$

em que B é a bordadura da área (15 m),  $u_2$  é a velocidade do vento (km dia<sup>-1</sup>).

- Orang (1998)

$$K_p = 0,51206 - 0,000321 \cdot u_2 + 0,002889 \cdot UR_m + 0,031886 \cdot \ln(B) - 0,000107 \cdot UR_m \cdot \ln(B) \quad (4)$$

em que B é a bordadura da área (10 m).

- Pereira et al. (1995)

$$K_p = \frac{0,85 \cdot (\Delta + \gamma)}{\left[ \Delta + \gamma \cdot \left( 1 + \frac{r_c}{r_a} \right) \right]} \quad (5)$$

em que  $r_c/r_a$  é a relação entre a resistência do dossel da grama à difusão do vapor d'água ( $r_c$ ) e a resistência aerodinâmica para a troca do vapor d'água de uma superfície evaporante ( $r_a$ ).

Para se avaliar o desempenho dos métodos de determinação do  $K_p$  na estimativa da ETo mensal usando o método do tanque Classe A foram utilizados os índices estatísticos que preconizam um estudo de análise de regressão linear, erro médio absoluto (EMA), índice de concordância de Willmott (D), coeficiente de determinação ( $R^2$ ), coeficiente de correlação (r), índice de desempenho (c) e eficiência do método (EF), conforme as seguintes equações:

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - E_i| \quad (6)$$

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2} \quad (7)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (O_i - E_i)^2}{\sum (O_i - \bar{O})^2} \quad (8)$$

$$r = \sqrt{R^2} \quad (9)$$

$$c = r \cdot D \quad (10)$$

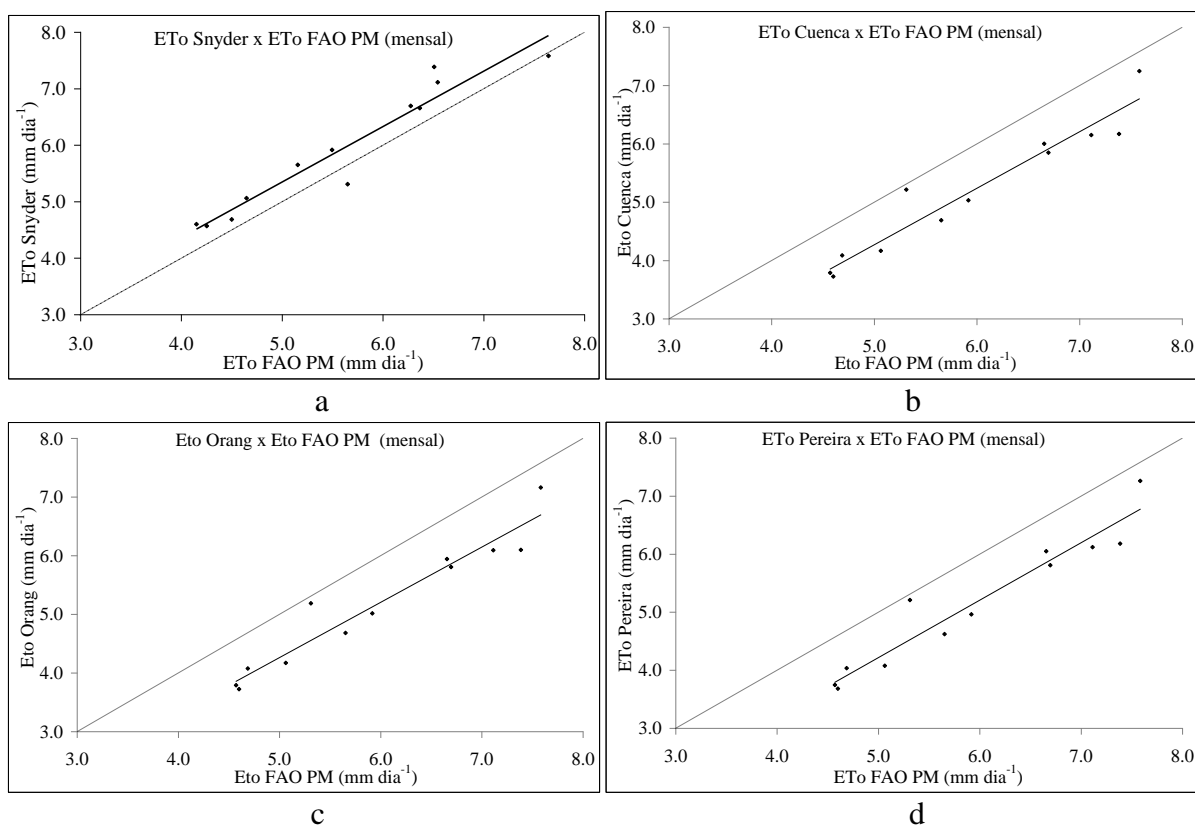
$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (11)$$

em que  $O_i$  é o valor observado (ETo calculada por FAO Penman-Monteith),  $E_i$  é o valor estimado (ETo calculada pelo tanque Classe A) e  $\bar{O}$  é a média dos valores observados.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 são apresentadas as relações entre a ETo mensal estimada pelo método do tanque Classe A, utilizando-se os valores de  $K_p$  determinados pelos quatro métodos avaliados, e a calculada pelo método de Penman-Monteith, padrão FAO-56 (FAO PM).

**COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES EQUAÇÕES DE TANQUE CLASSE “A” PARA CÁLCULO DA ETo EM MOSSORÓ, RN**



**Figura 1.** Relação entre a evapotranspiração de referência média mensal, calculada usando Kps estimados pelos métodos: a) Snyder (1992), b) Cuenca (1989), c) Orang (1998), d) Pereira et al (1995), e a ETo estimada pela equação FAO Penman-Monteith, para o período de 1991 a 2006

Nos valores apresentados na Tabela 1, no entanto, houve um bom ajuste em todos os casos, com os valores de  $r$ , que indicam as precisões das estimativas para todos os métodos avaliados, iguais a 0,96. Esses resultados foram superiores aos obtidos por Conceição (2002), que variaram entre 0,89 e 0,93. Foram superiores, também, aos resultados obtidos por Mendonça et al. (2006), que obtiveram valores de  $r$  variando entre 0,87 e 0,89. Em ambos, comparando a ETo mensal estimada pelos métodos do tanque Classe A e a ETo obtida pela equação FAO Penman-Monteith. Foram superiores aos encontrados por Sentelhas & Folegatti (2003), que para as condições de Piracicaba, SP, obtiveram valores de  $r$  situados entre 0,83 e 0,87, avaliando a estimativa de ETo diária pelo tanque

Classe A em relação aos valores obtidos por um lisímetro de pesagem. Apesar dos resultados favoráveis de coeficiente de correlação, constata-se, pela Tabela 1, que o valor do índice de concordância ( $D$ ) que mais se aproximou de 1 foi o do método de Snyder (1992) com valor de  $D$  igual a 0,85. Já os demais métodos apresentaram valores de  $D$  variando entre 0,60 a 0,65. Esse resultado indica que o método de Snyder (1992) permitiu estimar os valores de ETo com melhor exatidão, ou seja, com um baixo desvio entre os valores estimados e observados. O método de Snyder (1992) foi, também, o que obteve uma melhor eficiência do método ( $EF$ ), com valor de  $EF$  igual a 0,82. O resultado menos satisfatório foi obtido pelo método de Orang (1998), com valores de  $D$  e  $EF$  iguais a 0,60 e 0,38, respectivamente.

**COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES EQUAÇÕES DE TANQUE CLASSE “A” PARA CÁLCULO DA ETo EM MOSSORÓ, RN**

**Tabela 1.** Análise estatística para avaliação do desempenho dos métodos de cálculo de Kp para a estimativa da Eto mensal pelo método do Tanque Classe A

<b>Métodos</b>	<b>EMA (mm dia<sup>-1</sup>)</b>	<b>r</b>	<b>D</b>	<b>c</b>	<b>EF</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Snyder (1992)	0,40	0,96	0,85	0,82	0,82	0,92
Cuenca (1989)	0,76	0,96	0,64	0,61	0,42	0,93
Orang (1998)	0,79	0,96	0,6	0,58	0,38	0,93
Pereira et al (1995)	0,79	0,96	0,65	0,62	0,36	0,92

Em relação ao erro médio absoluto (EMA), pela Tabela 1, percebe-se que o melhor resultado foi obtido por Snyder (1992), com EMA igual a 0,40 mm dia<sup>-1</sup>, e o pior resultado foi obtido por Orang (1998) e Pereira et al. (1995), com valor de 0,79 mm dia<sup>-1</sup>. Esses resultados mostram que, para as condições climáticas de Mossoró-RN, o método de determinação do coeficiente do tanque Classe A (Kp), proposto por Snyder (1992), pode ser utilizado para estimativa da ETo.

Observa-se, na Figura 1, que os métodos de Cuenca (1989), Orang (1998) e Pereira et al (1995), subestimaram os valores de ETo calculados pela equação FAO Penman-Monteith e o método de Snyder (1992) superestimou os valores de ETo calculados pela equação FAO Penman-Monteith.

### CONCLUSÃO

Pelo exposto, pode-se concluir que, de um modo geral, o método de estimativa de evapotranspiração de referência, proposto por Snyder (1992), foi o método que mais se aproximou quando comparado com o método padrão FAO Penman-Monteith.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONCEIÇÃO, M.A.F. Reference evapotranspiration based on class A pan evaporation, **Scientia Agrícola**, 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.

MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; ANDRE, R.G.B.; BERNARDO, S. Coeficientes do tanque Classe “A” para a estimativa da evapotranspiração de referência, em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.14, p.123-128, 2006

ORANG, M. **Potential accuracy of the popular non-linear regression equations for estimating pan coefficient values in the original and FAO-24 tables**. Unpublished Report, California Department of Water Resources, Sacramento, 1998.

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 (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ETo), **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**, ASCE, New York, v.118, n.6, p.977-980,1992