



## **KpClasseASIM: UMA FERRAMENTA PARA ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DO TANQUE CLASSE A**

Tayd Dayvison Custódio Peixoto<sup>1</sup>; Sérgio Luiz Aguilar Levien<sup>2</sup>; Andre Herman Freire Bezerra<sup>3</sup>; Saulo Tasso Araújo da Silva<sup>4</sup>

### **RESUMO**

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) calculada pelo Tanque Classe A é um método indireto e de uso generalizado no Brasil devido a seu baixo custo e facilidade no manuseio. Objetivou-se com este trabalho apresentar uma ferramenta desenvolvida para auxiliar na determinação do coeficiente do Tanque Classe A (K<sub>p</sub>), utilizando diferentes metodologias propostas na literatura para a determinação do mesmo. O software, apresentado neste trabalho, foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C# no ambiente de desenvolvimento Microsoft<sup>®</sup> Visual C# 2005. O software, denominado KpClasseASIM (Simulador de Coeficiente do Tanque Classe A), possui uma única tela a qual deve receber as informações de entrada, e apresenta as informações de saída, as quais serão de acordo com as metodologias utilizadas.

**Palavras-chave:** evapotranspiração, manejo de irrigação, software

## **KpClasseASIM: A TOOL TO ESTIMATE THE COEFFICIENT OF THE CLASS A PAN**

### **ABSTRACT**

The estimation of the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) calculated by the Class A pan is an indirect method of widespread use in Brazil due to its low cost and ease in handling. This aim of this work is to present a tool developed to assist in the determination of the coefficient of the Class A pan (K<sub>p</sub>), using different methods proposed in the literature for determining the same. The software, presented in this work, was developed using the C# programming language in the Microsoft<sup>®</sup> Visual C# 2005 development environment. The software, called KpClasseASIM (Simulador de Coeficiente do Tanque Classe A), has a single

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola e Ambiental, Mestrando, Bolsista CAPES, Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN; e-mail: dayvisonpeixoto@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, D.Sc., Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UFERSA, Mossoró, RN, e-mail: sergiolevien@ufersa.edu.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Doutorando, Bolsista CNPq., Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, e-mail: andre.herman@yahoo.com

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFERSA, Mossoró, RN, e-mail: saulo@ufersa.edu.br

## KpClasseASIM: UMA FERRAMENTA PARA ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DO TANQUE CLASSE A

screen which should receive the incoming information, and presents the output information, which shall be in accordance with the methodologies used.

**KEYWORDS:** evapotranspiration, irrigation management, software

### INTRODUÇÃO

A utilização eficiente da água está se tornando cada vez mais importante devido à escassez de recursos hídricos na região Nordeste e ao elevado custo da energia, o que torna cada vez mais necessário o uso de metodologias apropriadas ao manejo racional do uso da água (PEIXOTO, 2011).

Para manejar corretamente a irrigação em uma cultura deve-se determinar com precisão suas necessidades hídricas, e para tal, tem que se considerar que o clima, as características da cultura, o manejo e o meio de desenvolvimento são fatores que afetam a evaporação e a transpiração, que somadas são chamadas de evapotranspiração (BEZERRA, 2009).

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), calculada através do Tanque Classe A (TCA), é um método indireto e bastante utilizado no Brasil devido a sua facilidade no uso e baixo custo. Para o cálculo da ET<sub>o</sub> são necessários a evaporação do Tanque Classe A (ECA) e o coeficiente do tanque (K<sub>p</sub>), que varia de acordo com as condições climáticas e locais, para ser estimada. As equações que determinam o valor do K<sub>p</sub> na maioria das vezes são baseadas na umidade relativa média do ar (UR<sub>m</sub>), na velocidade do vento (u<sub>2</sub>), no comprimento da bordadura (B) e no tipo de superfície em que o tanque está colocado (TS, grama ou solo nu).

Há diversas formas de obtenção desse coeficiente como as propostas por Cuenca (1989), Snyder (1992), Pereira et

al. (1995) e Orang (1998), que podem resultar em valores diferentes, dependendo do local (SENTELHAS & FOLEGATTI, 2003; MENDONÇA et al., 2006).

Objetivou-se com este trabalho apresentar uma ferramenta para auxiliar na determinação do coeficiente do Tanque Classe A baseando-se em metodologias apresentadas na literatura.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os valores de ET<sub>o</sub> obtidos pelo método do tanque Classe A, podem ser calculados por meio da equação:

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

em que ET<sub>o</sub> é a evapotranspiração de referência, K<sub>p</sub> é o coeficiente do tanque Classe A, e ECA é a evaporação do tanque Classe A.

Para a estimativa dos valores de K<sub>p</sub> foram utilizados oito diferentes métodos de cálculo propostos, citados na literatura, entre eles Doorenbos & Pruitt (1977), Cuenca (1989), Snyder (1992), Pereira et al. (1995), Orang (1998) e Allen et al. (1998).

Para obtenção do valor do coeficiente do Tanque Classe A, pela metodologia proposta por Cuenca (1989), em que a equação é derivada da tabela proposta por Doorenbos & Pruitt (1977), utiliza-se a seguinte equação:

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

## KpClasseASIM: UMA FERRAMENTA PARA ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DO TANQUE CLASSE A

em que B é a bordadura da área (m),  $u_2$  é a velocidade do vento ( $\text{km dia}^{-1}$ ), e  $UR_m$  é a umidade relativa média (%).

$$Kp = 0,482 + 0,024 \cdot \ln(B) - 0,000376 \cdot u_2 + 0,0045 \cdot UR_m \quad (3)$$

em que B é a bordadura da área (m),  $u_2$  é a velocidade do vento ( $\text{km dia}^{-1}$ ), e  $UR_m$  é a umidade relativa média (%).

Pereira et al. (1995) mostram que o Kp depende da relação entre a resistência do dossel da grama à difusão do vapor

$$Kp = \frac{0,85 \cdot (\Delta + \gamma)}{\left[ \Delta + \gamma \cdot \left( 1 + \frac{r_c}{r_a} \right) \right]} \quad (4)$$

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 ( $r_a$ ) onde  $r_c/r_a$  pode ser considerado igual a  $0,33 u_2$  ( $\text{m s}^{-1}$ ),  $\Delta$  é

$$\Delta = \frac{4098 \left[ 0,6108 \exp\left(\frac{17,27T}{T + 237,3}\right) \right]}{(T + 237,3)^2} \quad (5)$$

em que T é a temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), obtida por:

$$T = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (6)$$

em que  $T_{max}$  e  $T_{min}$  são as temperaturas máxima e mínima do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), respectivamente.

$$Kp = 0,51206 - 0,000321 \cdot u_2 + 0,002889 \cdot UR_m + 0,031886 \cdot \ln(B) - 0,000107 \cdot UR_m \cdot \ln(B) \quad (7)$$

em que B é a bordadura da área (m),  $u_2$  é a velocidade do vento ( $\text{km dia}^{-1}$ ), e  $UR_m$  é a umidade relativa média (%).

A seleção do coeficiente de tanque apropriado, não deve ser somente pelo tipo de tanque, mas também é influenciado pela

Snyder (1992), recomenda a seguinte equação como a melhor para converter ECA em ET<sub>o</sub>:

d'água e a resistência aerodinâmica para a troca do vapor d'água de uma superfície evaporante e da temperatura do ar que determina o valor de declividade da curva de pressão de saturação de vapor, de acordo com a equação:

a declividade da curva de pressão de saturação de vapor ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) e  $\gamma$  é a constante psicrométrica ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ) que varia de acordo com a altitude.

Segundo Allen et al. (1998), o  $\Delta$  é obtido através da equação:

A determinação do Kp, segundo Orang (1998), pode ser feita por meio da seguinte equação:

cobertura do solo na estação, e pelas condições ambientais como o vento e umidade, que devem ser conferidos. Portanto deve ser observado onde o tanque é colocado, se localizado em solo arado ou

## KpClasseASIM: UMA FERRAMENTA PARA ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DO TANQUE CLASSE A

em áreas com culturas (ALLEN et al., 1998).

Os coeficientes do tanque serão diferentes dependendo do tipo, tamanho, estado e sentido do vento da zona de separação (influência). Quanto maior a zona de influência contrária ao sentido do vento, maior o movimento de ar sob o tanque em equilíbrio com a área de influência. Então se devem verificar dois

casos típicos, onde com uma grande área de influência o ar contém mais vapor de água e menos calor em um caso do que no outro.

Na primeira situação, denominada FAO56 (FAO A), considera-se que o tanque está situado sobre solo gramado e cercado por solo nu, e o valor do Kp é obtido pela seguinte equação:

$$Kp = 0,108 - 0,0286 \cdot u_2 + 0,0422 \cdot \ln(B) + 0,1434 \cdot \ln(UR_m) - 0,000631 \cdot [\ln(B)]^2 \cdot \ln(UR_m) \quad (8)$$

Na segunda situação, denominada FAO56 (FAO B), considera-se que o tanque está situado sobre solo nu e cercado

por uma cultura verde, sendo obtido o valor do Kp pela seguinte equação:

$$Kp = 0,61 + 0,00341 \cdot UR_m - 0,000162 \cdot u_2 \cdot UR_m - 0,00000959 \cdot u_2 \cdot B + 0,00327 \cdot u_2 \cdot \ln(B) - 0,00289 \cdot u_2 \cdot \ln(86,4 \cdot u_2) - 0,0106 \cdot \ln(86,4 \cdot u_2) \cdot \ln(B) + 0,00063 \cdot [\ln(B)]^2 \cdot \ln(86,4 \cdot u_2) \quad (9)$$

em que, em ambos citados acima, B é a bordadura da área (m),  $u_2$  é a velocidade do vento ( $m \cdot s^{-1}$ ), e  $UR_m$  é a umidade relativa média (%).

O método proposto por Doorenbos & Pruitt (1977), utilizado na determinação do

coeficiente do Tanque Classe A, baseia-se em tabelas, que de acordo com a umidade relativa média, velocidade do vento e o comprimento da área de influência, resultam em um valor de Kp.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

O software, apresentado neste trabalho, foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C#, no ambiente de desenvolvimento Microsoft® Visual C# 2005. O requisito mínimo para a execução do software é um computador com processador de 32-bits, 128 MB RAM e Windows® XP ou superior e possuir a biblioteca .NET Framework 2.0 instalada, a qual é disponível, gratuitamente, na Internet. Este software, denominado KpClasseASIM (Simulador de Coeficiente do Tanque Classe A), possui uma única tela a qual deve receber as informações de entrada, e apresenta as informações de

saída, informações essas que são de acordo com as metodologias apresentadas anteriormente.

Através do KpClasseASIM, o usuário pode otimizar a prática da irrigação com a determinação da evapotranspiração de referência, baseado na estimativa do coeficiente Kp, de acordo com o método do Tanque Classe A. O usuário pode escolher oito diferentes métodos para determinação do Kp, utilizando o mais apropriado para sua região, visto que, alguns são mais precisos do que outros de acordo com a variação dos dados climáticos da região em estudo.

O software é de fácil utilização e reúne simulações dos coeficientes do

## KpClasseASIM: UMA FERRAMENTA PARA ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DO TANQUE CLASSE A

Tanque Classe A e da ETo. O mesmo utiliza uma única tela, na qual deverão ser digitados os dados necessários para a

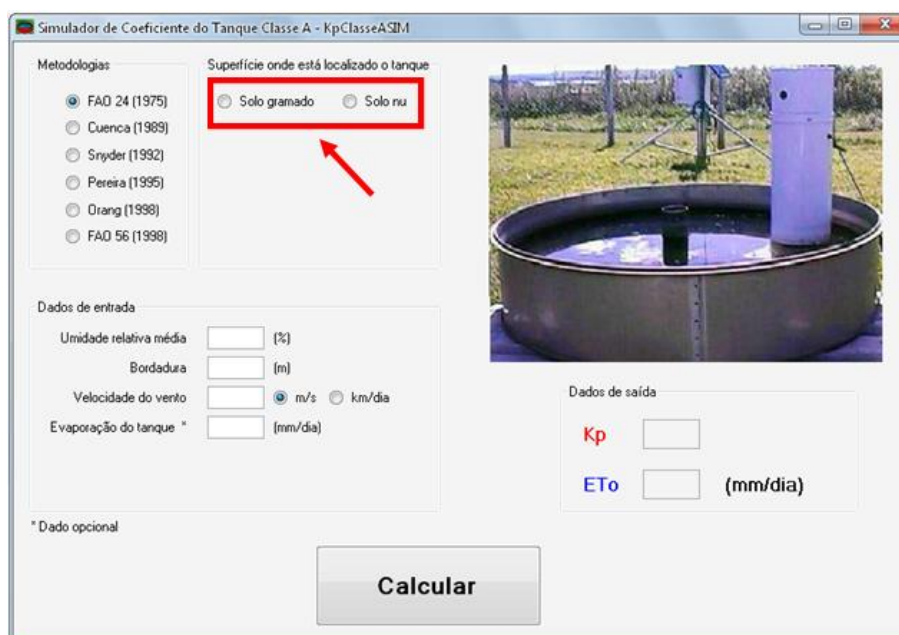
obtenção do valor de Kp e do valor da ETo (Figura 1).

**Figura 1-** Tela principal do KpClasseASIM

Inicialmente, o usuário deve selecionar a metodologia que deseja utilizar para a determinação do Kp. São disponibilizados seis botões inicialmente para metodologias, sendo que, dois botões (FAO 24 e FAO 56) possuem, ainda, a opção de superfície onde o tanque está localizado, que pode ser solo gramado ou

solo nu (Figura 2). Selecionada a metodologia, digitam-se os dados de entrada. De acordo com o método selecionado, os dados de entrada serão semelhantes, com exceção da metodologia de Pereira et al. (1995) que utiliza os dados de velocidade do vento, altitude e temperatura média.

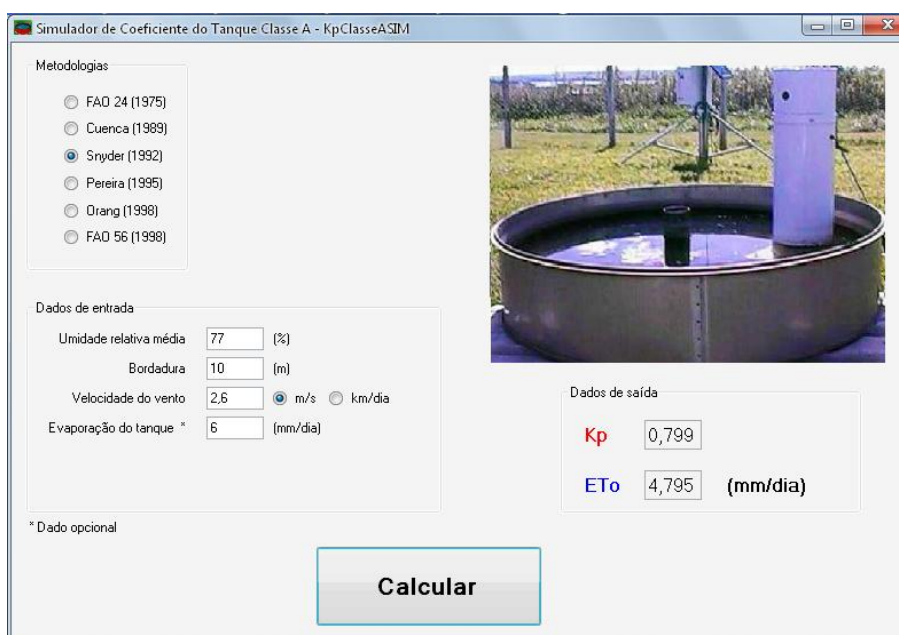
## KpClasseASIM: UMA FERRAMENTA PARA ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DO TANQUE CLASSE A



**Figura 2-** Detalhe das opções de solo gramado ou solo nu

Entre os dados de entrada, existe o dado opcional chamado de evaporação do tanque, que é a lâmina evaporada medida no Tanque Classe A, é opcional, pois sem este dado pode-se obter o Kp do método selecionado. Com o dado opcional de

evaporação do tanque pode-se obter a ETo, além do Kp. Após o usuário preencher os dados de entrada, basta clicar no botão “Calcular”, que os dados de saída mostrarão os resultados do cálculo conforme pode ser visto na Figura 3.



**Figura 3-** Exemplo de saída de um resultado de uma simulação

## KpClasseASIM: UMA FERRAMENTA PARA ESTIMATIVA DO COEFICIENTE DO TANQUE CLASSE A

Os dados de saída dependem da escolha do usuário, pois se o usuário digitar todos os dados de entrada para o método de sua escolha, inclusive o dado opcional, então serão obtidos como dados de saída tanto o valor do Kp como o valor da ETo. Se o usuário digitar apenas os dados obrigatórios, então será obtido apenas o valor do Kp.

### REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

BEZERRA, A. H. F. **Software de simulação do coeficiente de cultura**. 2009. 60 f. Monografia (Graduação em Agronomia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2009. Disponível em: <http://ebiblio.ufersa.edu.br/Download/18898.pdf>. Acesso em: 25 jul 2012.

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

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 168 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24).

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**

### CONCLUSÃO

O software KpClasseASIM é uma ferramenta computacional gratuita, de fácil utilização e auxilia na estimativa do coeficiente do Tanque Classe A.

**for estimating pan coefficient values in the original and FAO-24 tables**. California Department of Water Resources, 1998. 68 p.

PEIXOTO, T. D. C. **Evapotranspiração de referência estimada com diferentes metodologias de uso do tanque Classe A**. 2011. 33 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011. Disponível em: <http://ebiblio.ufersa.edu.br/Download/22456.pdf>. Acesso em: 07 jul 2012.

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, n. 1, p. 75-82, 1995.

SENTELHAS P. C.; FOLEGATTI, M. V. Class A pan coefficients (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 111-115, 2003.

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