

## **SOFTWARE DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO (SEEVA)**

**A.H.F. BEZERRA<sup>1</sup>, S.L.A. LEVIEN<sup>2</sup>**

**RESUMO:** Este trabalho apresenta o Software de Estimativa da Evapotranspiração (SEEVA) que é utilizado para estimar a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) através de vários métodos. As evapotranspirações podem ser estimadas para períodos horários até mensais e os métodos são escolhidos pelo usuário de acordo com os dados climatológicos disponíveis. É possível visualizar um gráfico de comportamento da ET<sub>o</sub> durante as 24 horas do dia, para qualquer dia do ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** evapotranspiração de referência, FAO Penman-Monteith, manejo da irrigação

## **EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATIVE SOFTWARE (SEEVA)**

**SUMMARY:** This study presents the Evapotranspiration Estimative Software (SEEVA) which is used to estimate the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) through many methods. The evapotranspirations can be estimated from hourly to monthly periods and the methods are chosen by the user according to the available weather data. A chart with the 24 hour ET<sub>o</sub> behavior along the day can be visualized.

**KEYWORDS:** reference evapotranspiration, FAO Penman-Monteith, irrigation management.

## **INTRODUÇÃO**

Muitos agricultores desejam implantar um sistema de irrigação bem planejado ou melhorar o já existente em sua área de cultivo, e um dos principais problemas para se calcular a quantidade ideal de água necessária para a irrigação de uma cultura é a estimativa da evapotranspiração.

Existem diversos métodos para se calcular a ET<sub>o</sub>, cada um com suas particularidades e variáveis envolvidas, por isso, dependendo dos dados climáticos disponíveis, pode-se utilizar um ou mais métodos. Dentre estes métodos podem ser citados: FAO Penman-Monteith, Hargreaves, Blannet-Criddle, Thornthwaite, Makkink, Radiação, Linacre, Jensen-Haise,

---

<sup>1</sup> Estudante de Agronomia, Bolsista PIBIC/CNPq/UFERSA, e-mail: andre.herman@yahoo.com

<sup>2</sup> Engenheiro Agrícola, D.Sc., Departamento de Ciências Ambientais, ESAM, e-mail: sergiolevien@ufersa.edu.br

Tanque Classe A, entre outros (Pereira et al., 2002, Bernardo et al., 2005).

O método da FAO Penman-Monteith (FAO-PM) foi selecionado como o método pelo qual a evapotranspiração desta superfície de referência pode ser inequivocamente determinada e com o qual se obtêm valores consistentes de ETo em todas as regiões e climas (Allen et al., 1998; Pereira, 2004; Allen et al., 2006a). A equação FAO-PM, além da localização do local, requer dados de temperatura do ar, umidade atmosférica, radiação e velocidade do vento, e permite calcular a ETo para diferentes períodos de tempo que vão desde horas até meses (Allen et al., 1998; Allen et al., 2006a).

O Manual FAO56 (Allen et al., 1998; Allen et al., 2006a) recomendava usar o mesmo valor de  $r_s$  ( $70 \text{ s m}^{-1}$ ) para intervalos de tempo de hora em hora como era usado intervalos de tempo de 24 h (Allen et al., 2006b). ASCE-EWRI (2005), após estudos realizados, recomenda usar  $r_s$  igual a  $50 \text{ s m}^{-1}$  para intervalos de tempo de hora em hora durante o dia e  $200 \text{ s m}^{-1}$  para intervalos de tempo de hora em hora durante a noite. Esta recomendação é apresentada para prover uma padronização sobre o termo para cálculo horário de ETo que é correspondente com FAO56 como aplicado com intervalo de 24 h (Allen et al., 2006b).

Com a finalidade de facilitar esta estimativa, foi desenvolvido o SEEVA, onde se pode calcular a evapotranspiração através de vários métodos de determinação.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os métodos de estimativa de evapotranspiração de referência (ETo) utilizados no software são (Allen et al., 1998; Pereira et al., 2002; Bernardo et al., 2005; Allen et al., 2006a; Allen et al., 2006b):

### 1. FAO Penman-Monteith

$$E_{To} = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{C_n}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + C_d \cdot u_2)} \quad (1)$$

onde: ETo é a evapotranspiração de referência ( $\text{mm dia}^{-1}$ );  $R_n$  é radiação na superfície do solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $G$  é a densidade do fluxo do calor solar ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $T$  é a temperatura média do ar a 2 m de altura ( $^{\circ}\text{C}$ );  $u_2$  é a velocidade do vento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ );  $e_s$  é a saturação da pressão do vapor (kPa);  $e_a$  é a pressão de vapor atual (kPa);  $e_s - e_a$  é o déficit da pressão do vapor (kPa);  $\Delta$  é a curva da pressão do vapor da água ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ );  $\gamma$  é a constante psicométrica ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ ); e  $C_n$  e  $C_d$  são coeficientes que diferem com o período a ser calculado. Se o período for de 24 horas (diário),  $C_n=900$  e  $C_d=0,24$ ; se for horário,  $C_n=37$  e  $C_d=0,24$  durante o período diurno (definido como sendo quando  $R_n>0$ ) e 0,96 durante o período

noturno.  $C_n$  é expresso em  $K \text{ mm s}^3 \text{ mg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e  $C_d$  em  $s \text{ m}^{-1}$  (ASCE-EWRI, 2005; Allen et al., 2006b)

## 2. Hargreaves-Samani

Na ausência de dados de radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento, pode-se estimar a evapotranspiração, em  $\text{mm dia}^{-1}$ , pela equação abaixo:

$$ET_o = 0,0023 \cdot (T_{\text{med}} + 17,8) \cdot (T_{\text{max}} - T_{\text{min}})^{0,5} \cdot Ra \quad (2)$$

onde:  $T_{\text{max}}$  é a temperatura máxima do dia ( $^{\circ}\text{C}$ );  $T_{\text{med}}$  é a temperatura média do dia ( $^{\circ}\text{C}$ );  $T_{\text{min}}$  é a temperatura mínima do dia ( $^{\circ}\text{C}$ ); e  $Ra$  é a radiação extraterrestre ( $\text{mm dia}^{-1}$ ).

## 3. Jensen-Haise

Esta equação foi proposta para estimar a evapotranspiração, em  $\text{mm dia}^{-1}$ , de regiões áridas e semi-áridas:

$$ET_o = R_s \cdot (0,025 \cdot T_{\text{med}} + 0,08) \quad (3)$$

onde  $T_{\text{med}}$  é a temperatura média do dia ( $^{\circ}\text{C}$ );  $R_s$  é a radiação solar global ( $\text{mm}$ ).

## 4. Linacre

Quando os dados disponíveis são apenas as temperaturas, a evapotranspiração pode ser calculada, em  $\text{mm dia}^{-1}$ , pela equação:

$$ET_o = \frac{\frac{700 \cdot T_m}{(100 - \phi)} + 15 \cdot (T_a - T_d)}{(80 - T_a)} \quad (4)$$

sendo

$$T_m = T_a + 0,006 \cdot z \quad (5)$$

onde:  $z$  é a altitude do local ( $\text{m}$ );  $T_a$  = temperatura média do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );  $T_d$  é a temperatura média do ponto de orvalho ( $^{\circ}\text{C}$ ); e  $T_m$  é a temperatura

## 5. Priestley & Taylor

Esta equação apresenta um coeficiente empírico  $\alpha$ , conhecido como parâmetro de Priestley & Taylor. Esse coeficiente varia de 1,08 a 1,34 com média de 1,26. A evapotranspiração é dada em  $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .

$$ET_o = \alpha \cdot W \cdot (R_n - G) \quad (6)$$

onde:  $\alpha$  é o parâmetro de Priestley & Taylor,  $R_n$  é o saldo de radiação ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $G$  é o fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $W$  é o fator de ponderação.

O fator de ponderação ( $W$ ), varia em função da temperatura do ar e do parâmetro psicométrico, que pode ser estimado por:

$$W = 0,407 \cdot T \quad \text{para} \quad 0 < T < 16^{\circ}\text{C} \quad (7)$$

$$W = 0,483 + 0,0100 \cdot T \quad \text{para} \quad 16,1 < T < 32^{\circ}\text{C} \quad (8)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Software de Estimativa de Evapotranspiração (SEEVA) foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C++ em ambiente Windows. 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.

Através do SEEVA o usuário poderá estimar a evapotranspiração diária e horária, podendo escolher o método mais conveniente de acordo com os dados disponíveis. Poderá, também, inserir dados manualmente ou provenientes de uma estação climatológica. A seguir, são apresentadas algumas telas do Software para Estimativa de Evapotranspiração (SEEVA). Na tela inicial do programa (Figura 1) se pode escolher o botão *Estimar ETo*. O outro botão *Dados históricos* ainda está em fase de desenvolvimento. A próxima tela em que se pode seleccionar os métodos de estimativa ou o período que se deseja estimar a ETo (diário, horário, mensal). No exemplo de aplicação, é usado o método FAO Penman-Monteith (Figura 2). O usuário poderá definir um banco de dados com seus dados climáticos colhido em uma estação climatológica qualquer, para depois consultá-lo e estimar a ETo. Na Figura 3 é apresentada a tela que o usuário escolhe de onde os dados são originados: de uma estação climatológica, do banco de dados definido pelo usuário ou se os dados serão inseridos manualmente. No exemplo, escolheu-se dados oriundos de uma estação climatológica cadastrada. Como está sendo utilizado o método FAO Penman-Monteith, é mostrado na Figura 4 que se pode escolher uma data no calendário e que os dados são imediatamente mostrados nos seus respectivos campos. Observa-se, também, o período que varia desde 30 dias até horário. Caso selecione-se para calcular ETo de hora em hora, será possível visualizar um gráfico do comportamento da ETo ao longo das 24 horas do dia, como mostrado na Figura 5.

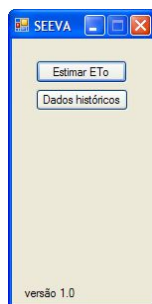


Figura 1. Tela inicial do programa SEEVA



Figura 2. Tela para seleção dos métodos de estimativa de ETo

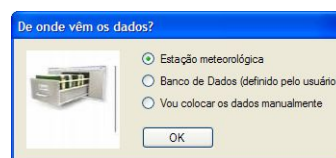


Figura 3. Tela para seleção da origem dos dados



Figura 4. Tela de seleção de dados de um banco de dados de uma estação climatológico

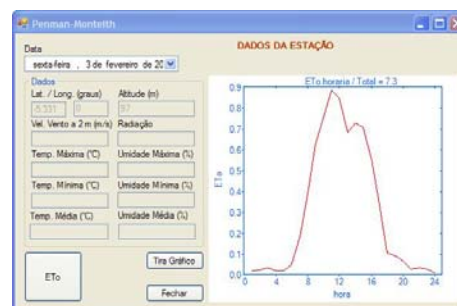


Figura 5. Tela de representação gráfica do comportamento da Eto durante as 24 h do dia

O software ainda não está em sua versão final, mas seus resultados já são precisos quando se trata de evapotranspiração. Deseja-se incorporar ao software o cálculo da evapotranspiração de cultura (ETc) para um planejamento de irrigação mais eficiente para cada cultura, bem como disponibilizar um banco de dados com características físico-hídricas

de vários solos e de qualidade da água.

## **CONCLUSÕES**

O SEEVA é um software para estimar evapotranspiração de referência através de vários métodos, que serão escolhidos de acordo com os dados que o usuário tiver disponibilidade, e é uma ferramenta que auxilia no planejamento da irrigação.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome, Italy: FAO, Irrigation and Drainage Paper 56. 1998. 300 p.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M.. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Itália: FAO, Irrigation and Drainage Paper 56. 2006a. 298 p.
- ALLEN R.G.; PRUITT, W.O.; WRIGHT, J.L.; HOWELL, T.A.; VENTURA, F.; SNYDER, R.; ITENFISU, D.; STEDUTO, P.; BERENGENA, J.; YRISARRY, J.B.; SMITH, M.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; PERRIER, A.; ALVES, I.; WALTER, I.; ELLIOTT, R. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method. Agricultural Water Management. 42: 1-22, 2006 b
- ASCE-EWRI. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Technical Committee report to the Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers from the Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. Reston: ASCE-EWRI. 2005. 173 p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. Manual de irrigação. Viçosa: Editora UFV. 2005. 611 p.
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária. 2002. 478 p
- PEREIRA, L.S. Necessidades de água e métodos de rega. Lisboa: Publicações Europa-América. 2004. 312 p.