

ISSN 0104-1347

## Planilha eletrônica para cálculo do balanço hídrico climatológico normal utilizando diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial

Electronic spreadsheet for calculating the climatological water balance using different methods to estimate potential evapotranspiration

Gustavo D'Angiolella<sup>1</sup> e Vânia Lúcia Dias Vasconcelos<sup>2</sup>

### - NOTA TÉCNICA -

**Resumo** - O presente trabalho apresenta um programa em planilha eletrônica para o cálculo do Balanço Hídrico Normal, de acordo com a metodologia de THORNTHWAITE & MATHER (1955) com diferentes métodos para estimar a evapotranspiração potencial (ETP). Com diferentes métodos de cálculo da ETP existe a possibilidade de aplicação desse produto em diferentes condições climáticas dependendo da disponibilidade de informações meteorológicas. O procedimento de cálculo foi desenvolvido em EXCEL<sup>TM</sup>, de forma a facilitar sua utilização, confecção de gráficos, criação e manipulação da base de dados. A planilha possui áreas abertas aos usuários e áreas fechadas para os cálculos e para a lógica do programa. Nas áreas abertas o usuário poderá entrar com os dados, criar e modificar gráficos, ou inserir fórmulas.

**Palavras-chave:** balanço hídrico climatológico; evapotranspiração; planilha eletrônica.

**Abstract** - A spreadsheet was elaborated for the calculation of the Climatological Water Balance, using the THORNTHWAITE & MATHER (1955) method. Six methods to estimate potential evapotranspiration were available. These methods allow to calculate the water balance for a wide range of climatic conditions depending on the availability of meteorological data. The calculation procedure was developed in EXCEL<sup>TM</sup> to facilitate its use, the creation of graphs, and the data manipulation. The spreadsheet has open areas for users and closed areas for calculations and the logic of the program. In the open areas, the user can enter data, modify, and create graphs or insert formulas.

**Key words:** Climatological water balance; evaporation; electronic spreadsheet.

---

<sup>1</sup>Engº. Agrônomo, Mestre em Irrigação e Agroambiente pela Universidade de Brasília – UnB. E-Mail: [gustavo@unb.br](mailto:gustavo@unb.br).

<sup>2</sup>Geógrafa, Doutora, Professora Adjunta da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV. Universidade de Brasília – UnB. Cx. Postal: 4508. 70.910-970 - Brasília, DF. E-Mail: [vdias@unb.br](mailto:vdias@unb.br).

## Introdução

A técnica do balanço hídrico pode ter uso em várias áreas de conhecimento e os avanços no processamento das informações tem levado aos interessados no assunto, a desenvolverem diversos sistemas informatizados para a estimativa da evapotranspiração e do balanço de água no solo. Entre eles, podemos citar o Cropwat da FAO (Smith, 1992) e o BHnorm e BHseq (Rolim et al, 1998) que operam com apenas um método de estimativa de evapotranspiração de potencial.

Na tentativa de avançar em relação aos programas existentes, esta planilha incorpora a utilização de um sistema operacional mundialmente difundido – Windows, e a condição de escolha de vários métodos para estimativa da evapotranspiração com base na disponibilidade de dados meteorológicos.

## Material e métodos

O programa computacional “BHídrico V.3.2-2002”, foi desenvolvido em ambiente Excel<sup>TM</sup> para WINDOWS<sup>TM</sup>. Utiliza o método preconizado por THORNTHWAITE & MATHER (1955), para cálculo do Balanço Hídrico Climatológico. Os dados de entrada são temperatura média, umidade relativa, velocidade do vento, precipitação, evaporação no Tanque Classe A e brilho solar real em escala mensal. São estimadas a radiação solar no topo da atmosfera (Ra), radiação solar global incidente (Rg), saldo de radiação de ondas longas (Rb) e saldo de radiação (Rn) Estes dados são usados para calcular a evapotranspiração potencial mediante seis métodos mais conhecidos (ALLEN et al., 1998; PEREIRA et al., 1997):

### • Thornthwaite-1948

$$ETP = 16 \left( 10 \frac{Ti}{I} \right)^a \quad Ti > 0^\circ C \quad (1)$$

em que: T é a temperatura média do ar;

$$I = \sum_{i=1}^{12} (0,2Ti)^{1,514}$$

e

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,7912 \times 10^{-2} I + 0,49239$$

### • Tanque Classe A-FAO-56

$$ETo = EvapTA.Kp \quad (2)$$

em que:

$$Kp_{FAO-56} = 0.108 - 0.0286U_2 + 0.0422 \ln(B) + 0.1434 \ln(UR) - 0.000631 \ln(B)^2 \ln(UR)$$

$Kp$  é o coeficiente de tanque (*adimensional*);  $U_2$  a velocidade do vento a 2.0m ( $m.s^{-1}$ );  $B$  a distância da bordadura da área em relação ao centro do tanque ( $m$ ) e  $UR$  a umidade relativa do ar (%).

### • Penman-Monteith-FAO-56

$$ETo = \frac{0.408s(Rn - G) + g \left( \frac{900}{T + 273} \right) U_2 (e_s - e_a)}{s + g(1 + 0.34U_2)} \quad (3)$$

em que:  $ETo$  é a evapotranspiração de referência ( $mm.dia^{-1}$ );  $s$  a declividade da curva de pressão de vapor ( $kPa.^\circ C^{-1}$ );  $Rn$  o saldo da radiação ( $MJ.m^2.d^{-1}$ );  $G$  o fluxo de calor no solo ( $MJ.m^2.d^{-1}$ );  $\gamma$  o coeficiente psicrométrico ( $kPa.^\circ C^{-1}$ );  $T$  a temperatura média diária do ar ( $^\circ C$ );  $U_2$  a velocidade do vento a 2.0m ( $m.s^{-1}$ );  $e_s$  a pressão de saturação de vapor d'água à temperatura do ar ( $kPa$ ) e  $e_a$  a pressão atual de vapor da água ( $kPa$ ).

### • Hargreaves & Samani-1985

$$ETo = 0.0023Q_0 (T_{max} - T_{min})^{0.5} (T + 17.8) \quad (4)$$

em que:  $ETo$  e a evapotranspiração de referência ( $mm.dia^{-1}$ );  $Q_0$  radiação extraterrestre ( $mm.dia^{-1}$ );  $T_{max}$  temperatura máxima diária do ar ( $^\circ C$ ) e  $T_{min}$  temperatura mínima diária do ar ( $^\circ C$ ).

### • Blaney & Criddle

$$ETo = c [p(0.46T + 8.13)] \quad (5)$$

em que:  $c$  é o coeficiente de ajuste (*adimensional*);  $p$  a porcentagem do fotoperíodo médio diário mensal sobre o anual (*adimensional*);  $T$  a temperatura média diária do ar ( $^\circ C$ ).

### • Makkink-1957

$$ET_o = 0.61WR_s - 0.12 \quad (6)$$

em que:  $W$  é o fator de ponderação dependente da temperatura e do coeficiente psicrométrico e  $R_s$  a radiação solar ao nível da superfície ( $mm.dia^{-1}$ ).

Os métodos para estimar a evapotranspiração potencial disponíveis na planilha “BHídrico V.3.2-2002” são de uso mais comum. Porém a utilização de determinada metodologia pelo usuário está relacionada à disponibilidade das informações meteorológicas.

Os métodos para estimativa da evapotranspiração potencial disponíveis no V.3.2-2002 foram selecionados por apresentarem desempenho diferente para os diversos tipos de clima existentes e que sejam aplicáveis a partir de um mínimo de dados meteorológicos existentes.

A planilha possui áreas abertas aos usuários e áreas fechadas para os cálculos e para a lógica do programa. Nas áreas abertas, o usuário poderá entrar com os dados, criar tabelas e gráficos ou inserir fórmulas, conforme apresentado na Figura 1.

O programa possui ainda outras duas planilhas contendo os resultados da estimativa da evapotranspiração potencial para cada um dos métodos, dispostos na forma de tabela e gráfico, referências bibliográficas e a tabela para determinação da porcentagem diária de insolação no período ( $p$ ), utilizado na equação de Blaney & Criddle.  $p$  neste método é a porcentagem do fotoperíodo (eq. 5). A planilha “BHídrico V.3.2-2002” não permite os cálculos do balanço hídrico seqüencial.

### Conclusão

A planilha eletrônica “BHídrico V.3.2-2002” para cálculo do Balanço Hídrico Climatológico com seis métodos de estimativa da evapotranspiração potencial possibilita:

- Realizar estudos comparativos entre os métodos para estimativa da evapotranspiração potencial;
- Uma análise prática da disponibilidade hídrica de bacias hidrográficas, da variação da umidade do solo ao longo do ano informações úteis para planejamento agrícola como preparo do solo, semeadura e plantio;
- Realizar estudos para caracterização climática de diversas localidades.

### Referências bibliográficas

- ALLEN, R.G. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- SMITH, M. **CROPWAT - A computer program for irrigation planning and management**. Rome: FAO, 1992. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 46).
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, GC. **Evapo(trans)piração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- ROLIM, G.S., SENTELHAS, P.C., BARBIERI, V. Planilhas no ambiente Excel™ para cálculos de Balanços Hídricos: Normal, Seqüencial, de Cultura e de Produtividade Real e Potencial, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.
- THORNTHWAITE, C.W. ; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in climatology. New Jersey: Laboratory of Climatology, v. 8, 1955. 104 p.

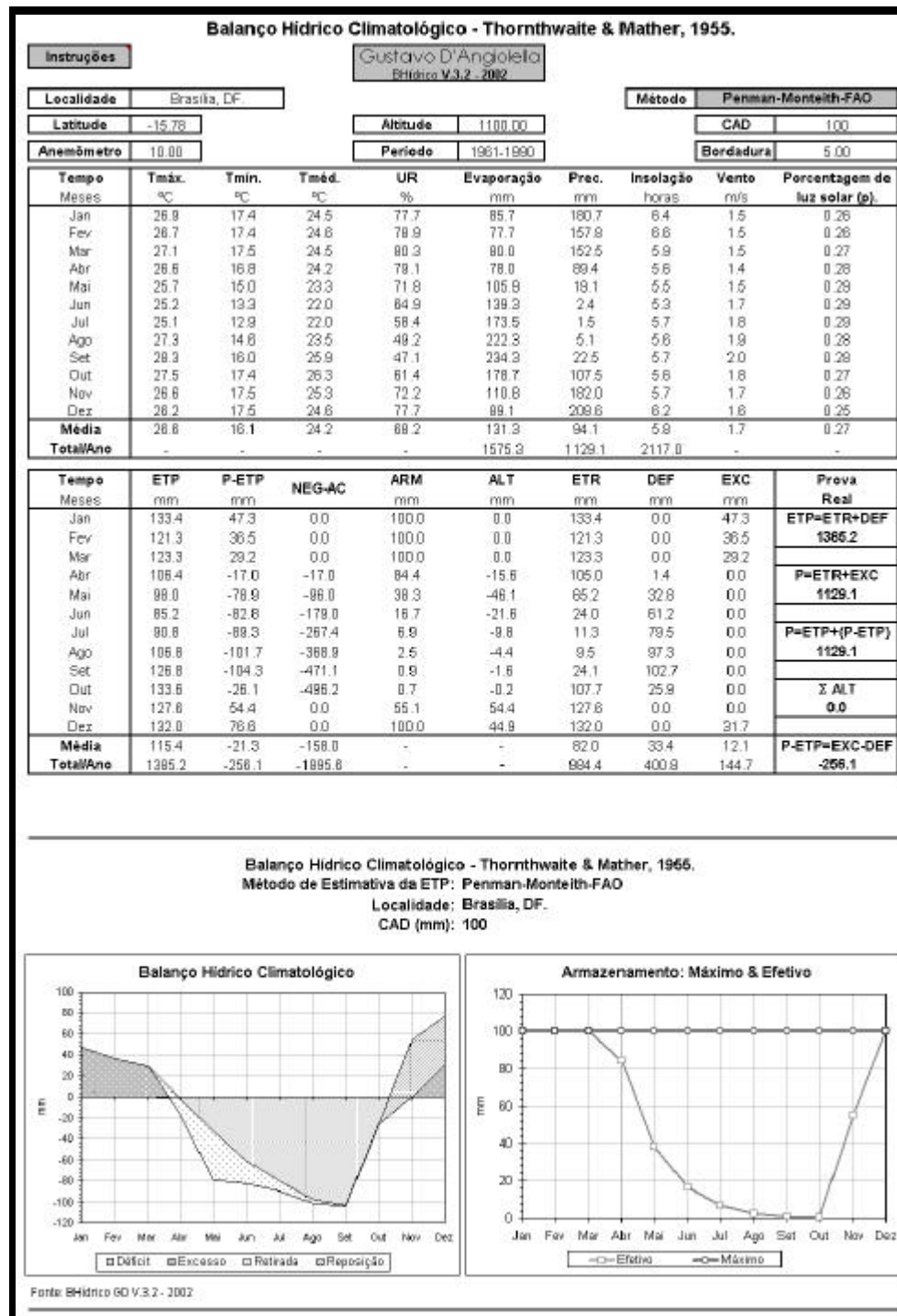


Figura 1. Planilha “BHídrico V.3.2-2002” para cálculo do balanço hídrico, com estimativa da evapotranspiração potencial pelo método de Penman-Monteith-FAO-56, para a cidade de Brasília, DF.