



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

## Planilha em ambiente virtual para determinação do balanço hídrico normal

## Worksheet in a virtual environment to determine the normal water balance

**Julia Tluszcz**

[juliatluszcz@alunos.utfpr.edu.br](mailto:juliatluszcz@alunos.utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

**Fabício Correia de Oliveira**

[fcoliveira@utfpr.edu.br](mailto:fcoliveira@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil

**Gabriel Steiger**

[steiger@alunos.utfpr.edu.br](mailto:steiger@alunos.utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil

**Tharsos Hister Giovanella**

[tharsosgiovanella@alunos.utfpr.edu.br](mailto:tharsosgiovanella@alunos.utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil

**Lucas Eduardo Wendt**

[lucas59356@gmail.com](mailto:lucas59356@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Santa Helena, Paraná, Brasil

### RESUMO

O balanço hídrico climatológico (BHC) é essencialmente a representação do ciclo hidrológico formado pela evaporação, transpiração, condensação, precipitação e o armazenamento de água. Considerando a importância da quantificação dos componentes do BHC, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma planilha em ambiente virtual capaz de realizar e representar de maneira adequada as variáveis do balanço hídrico climatológico. A planilha eletrônica foi desenvolvida na plataforma Google Planilhas, de forma que seu acesso é facilitado, pois não necessita a instalação de nenhum programa ou pacote para seu uso, podendo ser utilizada de maneira on-line. Os principais comandos utilizados durante o desenvolvimento da planilha foram estruturas condicionais (IF-ELSE) e ferramentas de visualização. A planilha determina e representa as variáveis do BHC de Thornthwaite e Mather em escala mensal, apresentando grande potencial para ser amplamente utilizada por acadêmicos e profissionais da área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Evapotranspiração. Balanço hídrico. Agricultura digital.

### ABSTRACT

The water balance is essentially the representation of the hydrological water balance formed by evaporation, transpiration, condensation, precipitation and water storage. Considering the importance of quantifying the components of the hydrological water balance, this work aimed to develop a spreadsheet in a virtual environment capable of performing and adequately representing the variables of the climatological water balance. The spreadsheet was developed on the Google Spreadsheets platform, so that its access is facilitated, as it does not require the installation of any program or package for its use, and can be used online. The main commands used during



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

spreadsheet development were conditional structures (IF-ELSE) and visualization tools. The spreadsheet determines and represents the hydrological water storage variables of Thornthwaite and Mather on a monthly scale, showing great potential to be widely used by academics and professionals in the field.

**KEYWORDS:** Evapotranspiration. Hydric balance. Digital agriculture.

## INTRODUÇÃO

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi proposto em 1955 pelos pesquisadores estadunidenses Thornthwaite e Mather. Inicialmente, o modelo era utilizado para estimar o regime hídrico de um local específico sem aplicação de medidas diretas de umidade do solo. Realizar o balanço hídrico consiste em computar os fluxos de entrada e saída de água de um sistema. Em geral, o maior interesse está em determinar a quantidade de água armazenada no solo em determinado período de tempo (ANGELOCCI, PEREIRA e SENTELHAS, 2007).

O BHC pode ser realizado em diferentes escalas espaciais, quando realizado na macroescala, BHC corresponde à quantificação das variáveis que compõem o ciclo hidrológico. Quando realizado considerando uma bacia hidrográfica, o BHC é de microescala. Nesse caso, o resultado corresponde à vazão de um curso d' água principal ou de um sistema fluvial. Com o passar dos anos o BHC foi sendo simplificado e aplicado em outras funcionalidades. Destaca-se a escala local do balanço hídrico. Nessa escala, tornou-se uma ferramenta para a agricultura. A partir do balanço hídrico em escala local são realizadas estimativas da disponibilidade de água no solo, informações fundamentais para as atividades agrícolas. Atualmente, entre as principais aplicações do balanço hídrico, seja climatológico ou das culturas (irrigadas ou não), pode ser utilizado em diversas atividades, como: classificação climática, estimativas de período de chuvosos e de seca, cálculo de recarga hídrica em uma bacia hidrográfica, zoneamento agrícola, planejamento agrícola, quantificação de déficit hídrico dos cultivos, quebras de safra e manejo de irrigação (ANGELOCCI, PEREIRA e SENTELHAS, 2007; PEREIRA, 2005).

As estimativas das variáveis que compõem o BH envolvem uma série de conceitos, raciocínio lógico e cálculos, que muitas vezes são realizados de maneira mecânica e manual, com auxílio de calculadoras de mão onde os estudantes e profissionais da área direcionam sua atenção mais para as tarefas mecânicas da estimativa do BHC. Por isso, Souza e Souza (2020) relatam que os objetivos de aprendizagem das disciplinas, muitas vezes, não são alcançados, considerando que para adquirir o conhecimento científico faz-se necessária a aquisição de novas formas de ensino que estejam de acordo com o momento histórico e que explorem a capacidade de lógica e raciocínio técnico dos alunos. Assim, a utilização da interdisciplinaridade é essencial e benéfica para transmissão de saberes de uma forma não segmentada e descontextualizada.

Neste sentido, a utilização de planilhas eletrônicas auxiliam os alunos na manipulação e cálculo das variáveis, otimizando seu tempo em busca de desenvolver competências voltadas aos princípios e aplicações do BHC ao invés de empenhar-se em atividades mecânicas.

Alguns avanços foram dados visando desenvolver ferramentas digitais relacionadas ao balanço hídrico (ROLIM, SENTELHAS e BARBIERI, 1998; D'ANGIOLELLA e VASCONCELLOS, 2003). Entretanto, a grande maioria não apresenta fácil acesso, pois não são disponibilizadas em ambiente on-line. Assim, buscando tornar o uso de ferramentas digitais para determinação do BHC mais acessível e abrangente no ambiente acadêmico e profissional, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma planilha em ambiente virtual capaz de realizar e representar de maneira adequada as variáveis do balanço hídrico climatológico.



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

## MATERIAL E MÉTODOS

A planilha eletrônica foi desenvolvida na plataforma Google Planilhas, de forma que seu acesso é facilitado pois não necessita a instalação de nenhum programa ou pacote para seu uso. A planilha determina as variáveis do BHC de Thornthwaite e Mather em escala mensal. Os dados de entrada na planilha são: precipitação (P), evapotranspiração potencial (mm), capacidade de água disponível (CAD) e Armazenamento inicial de água no solo (ARMi-1). Caso não se conheça o armazenamento inicial de água no solo, recomenda-se que se utilize o valor numericamente igual à CAD. Além de calcular os valores mensais das variáveis do balanço hídrico, a planilha ainda faz a representação gráfica das variáveis em escala mensal. O resultado do BHC é apresentado na segunda aba na planilha, onde foram inseridas as fórmulas.

Os cálculos do BHC foram baseados nas recomendações de Thornthwaite e Mather descritas no artigo intitulado "Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather" (PEREIRA, 2005) onde o autor utiliza do cálculo diferencial e integral para retirar a variável do negativo acumulado das estimativas, assim simplificando as mesmas. Os principais comandos utilizados durante o desenvolvimento da planilha foram estruturas condicionais (IF-ELSE) e ferramentas de visualização.

A coluna de resultado P-ETP foi determinada por meio da diferença mensal entre os valores de P e ETP. O negativo acumulado (Neg. Acum.), calculado pela Eq. (1), foi determinado após a determinação do armazenamento de água no solo (ARM).

$$Neg.Acum. = CAD \cdot \ln\left(\frac{ARM}{CAD}\right) \quad (1)$$

O ARM foi calculado pela Eq. (2), quando P-ETP < 0.

$$ARM = ARM_{mês anterior} \cdot \exp\left(\frac{P - ETP}{CAD}\right) \quad (2)$$

Quando P-ETP > 0 ARM foi determinado pela Eq. (3).

$$ARM = (P - ETP) + ARM_{mês anterior} \quad (3)$$

O ARM do primeiro mês (janeiro), correspondeu ao valor informado como armazenamento inicial pelo usuário.

A alteração do armazenamento de água no solo (ALT) foi determinada pela diferença entre o armazenamento do mês em estudo e o armazenamento do mês anterior (Eq. 4).

$$ALT = ARM_{mês} - ARM_{mês anterior} \quad (4)$$

A evapotranspiração real (ETR) foi calculada considerando os valores de P-ETP, se P-ETP < 0, Eq. (5), se P-ETP > 0, Eq. (6).

$$ETR = P + |ALT| \quad (5)$$



$$ETR = ETP \quad (6)$$

O déficit hídrico (DEF) foi calculado pela diferença entre evapotranspiração potencial e evapotranspiração real (Eq. 7).

$$DEF = ETP - ETR \quad (7)$$

O excedente hídrico (EXC) foi determinado considerando o armazenamento de água no solo, quando  $ARM < 0$ , Eq. (8). Quando  $ARM > 0$ , Eq. (9).

$$EXC = 0 \quad (8)$$

$$EXC = (P - ETP) - ALT \quad (9)$$

A representação do BHC foi realizada por meio de quatro gráficos: dois gráficos de linhas, um representando P, ETP e ETR, e outro representando a lâmina de água armazenada no solo e a CAD; um gráfico de área representando o déficit e o excedente hídrico; e um gráfico de barras representando os incrementos e perda de água de maneira mais detalhada.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho resultou na elaboração de uma planilha em ambiente virtual para determinação do balanço hídrico normal. Para ter acesso a planilha basta clicar no link que foi configurado para permitir que os usuários obtenham uma cópia da mesma ([https://docs.google.com/forms/d/1h5F2AwxJpv9UDM45c2m1jTGILa8mgCYcjXhQv6Gopcl/viewform?edit\\_request=true](https://docs.google.com/forms/d/1h5F2AwxJpv9UDM45c2m1jTGILa8mgCYcjXhQv6Gopcl/viewform?edit_request=true)). Desta forma, o usuário torna-se proprietário da planilha, podendo utilizar no próprio navegador *web* ou realizar o *download* como arquivo com extensão *.xlsx*.

Visando monitorar a quantidade de *downloads* e perfil dos usuários, o acesso ao link da planilha é disponibilizado aos usuários após o preenchimento de um pequeno questionário. São necessários preencher as seguintes informações: E-mail, Nome, Instituição (Universidade, empresa, etc), Cargo (estudante, profissional ou outro), e Município (opcional, o mesmo ajudará para compilação de dados estatísticos) (Figura 1).

Figura 1 - Preenchimento de dados do usuário



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação  
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica  
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Fonte: Elaborado pelos autores

Além disso, foi elaborado um tutorial em vídeo para auxiliar o acesso e o uso da planilha ([https://youtu.be/NxduG47cGmE?list=PLmyx5ybG-9r03T\\_rVa5Qx-E59ZRrslDOr](https://youtu.be/NxduG47cGmE?list=PLmyx5ybG-9r03T_rVa5Qx-E59ZRrslDOr)).

Após a obtenção da planilha, o usuário deverá, inicialmente, determinar a evapotranspiração potencial e obter a precipitação mensal para a localidade de interesse. Além disso, para utilização da planilha é necessário conhecer a CAD do solo e o armazenamento inicial de água no solo. Caso não se conheça o armazenamento inicial, recomenda-se que se utilize um valor numericamente igual a CAD. Obtidos os valores, basta inseri-los na primeira aba da planilha, denominada “Dados de entrada” (Figura 2).

Figura 2 - Células para inserção de dados para o balanço hídrico climatológico

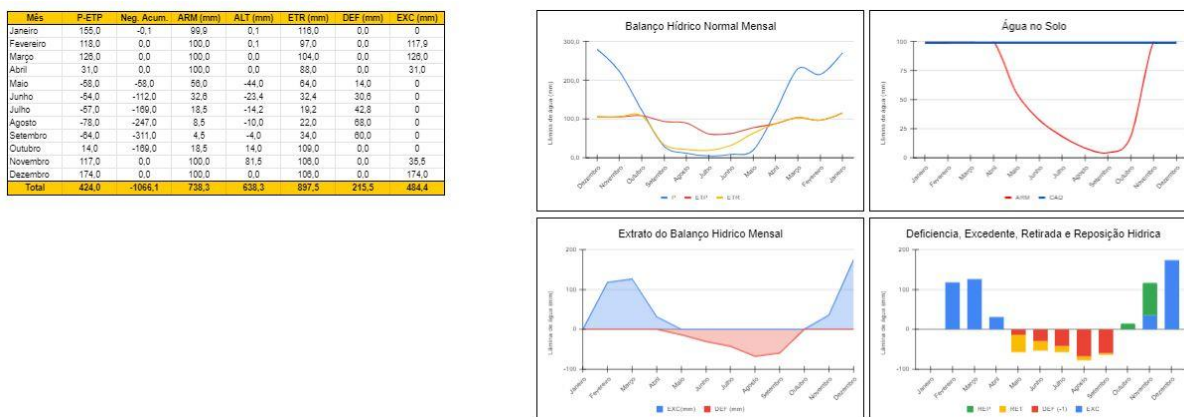
Inserção de dados				
CAD (mm)	ARMI-1 (mm)	Mês	ETP (mm)	P (mm)
		Janeiro		
		Fevereiro		
		Março		
		Abril		
		Maior		
		Junho		
		Julho		
		Agosto		
		Setembro		
		Outubro		
		Novembro		
		Dezembro		
		<b>Total</b>	0,0	0,0

Fonte: Elaborado pelos autores

O resultado do balanço hídrico é apresentando na forma de quadro e gráficos, que podem ser observados na segunda aba da planilha, denominada “Resultados”. Visando proporcionar uma visão geral dos resultados, foram inseridos alguns dados de entrada. A visão geral de todos os parâmetros calculados

para balanço hídrico mensal utilizando o método de Thornthwaite-Mather simplificado por Pereira pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 - Visão geral resultados do balanço hídrico climatológico



Fonte: Elaborado pelos autores

No lado esquerdo da Figura 3, pode-se observar um quadro com as variáveis calculadas no BHC, sendo elas: Precipitação menos a Evapotranspiração, P-ETP; Negativo Acumulado, Neg.Acum.; Armazenamento de água no solo, ARM (mm); Alteração do Armazenamento, ALT (mm); Evapotranspiração Real, ETR (mm); Déficit Hídrico, DEF (mm); e, Excedente Hídrico, EXC (mm) (Figura 4).

Figura 4 - Tabela com quadro de resultados do balanço hídrico climatológico

Mês	P-ETP	Neg. Acum.	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
Janeiro	155,0	-0,1	99,9	0,1	116,0	0,0	0
Fevereiro	118,0	0,0	100,0	0,1	97,0	0,0	117,9
Março	126,0	0,0	100,0	0,0	104,0	0,0	126,0
Abril	31,0	0,0	100,0	0,0	88,0	0,0	31,0
Mai	-58,0	-58,0	56,0	-44,0	64,0	14,0	0
Junho	-54,0	-112,0	32,6	-23,4	32,4	30,6	0
Julho	-57,0	-169,0	18,5	-14,2	19,2	42,8	0
Agosto	-78,0	-247,0	8,5	-10,0	22,0	68,0	0
Setembro	-64,0	-311,0	4,5	-4,0	34,0	60,0	0
Outubro	14,0	-169,0	18,5	14,0	109,0	0,0	0
Novembro	117,0	0,0	100,0	81,5	106,0	0,0	35,5
Dezembro	174,0	0,0	100,0	0,0	106,0	0,0	174,0
<b>Total</b>	<b>424,0</b>	<b>-1066,1</b>	<b>738,3</b>	<b>638,3</b>	<b>897,5</b>	<b>215,5</b>	<b>484,4</b>

Fonte: Elaborado pelos autores

Ao lado do quadro, encontram-se alguns gráficos que facilitam a demonstração de relações importantes para a análise de balanço hídrico climatológico tais como: Balanço Hídrico Mensal; Água no Solo; Extrato do Balanço Hídrico Mensal; Deficiência, Excedente; Retirada e Reposição Hídrica (Figura 5).

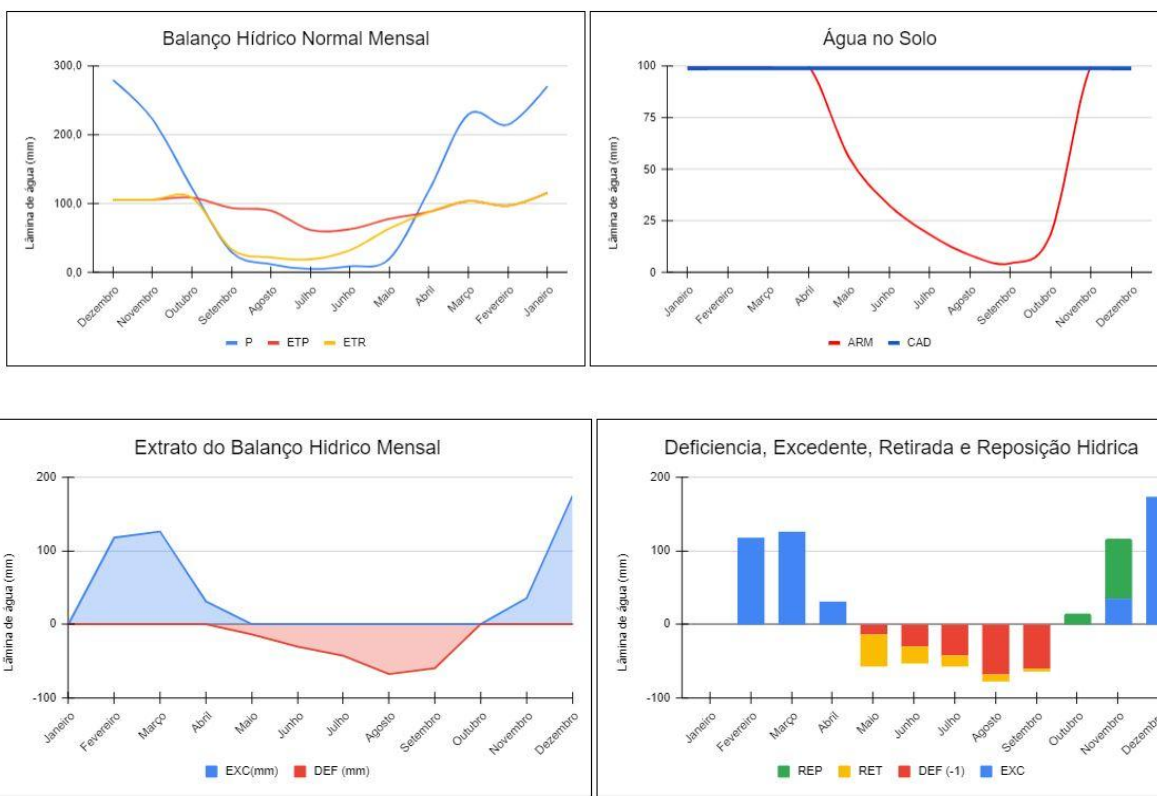
Figura 5 - Gráficos que representam o balanço hídrico climatológico



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação  
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica  
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Fonte: Elaborado pelos autores

Esta planilha, embora simples e de fácil manipulação, apresenta grande aplicabilidade para área agrícola e ambiental. Além de grande potencial para ser amplamente utilizado por estudantes e profissionais da área. Planilhas semelhantes foram desenvolvidas por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998) e D'Angiolella e Vasconcellos (2003). No entanto, as planilhas desenvolvidas nestas pesquisas apresentam acesso limitado, pois não estão on-line. Além disso, para sua utilização é necessário instalação de programas computacionais, diferentemente da planilha em ambiente virtual desenvolvida neste trabalho.

## CONCLUSÃO

Foi desenvolvida uma planilha em ambiente virtual capaz de realizar e representar de maneira adequada as variáveis do balanço hídrico climatológico. A planilha pode ser utilizada de maneira on-line, apresentando maior potencial para ser amplamente utilizada por acadêmicos e profissionais da área.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

## REFERÊNCIAS

ANGELOCCI, Luiz Roberto; PEREIRA, Antonio Roberto; SENTELHAS, Paulo Cesar. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Piracicaba, 2007. URL:

[http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/MeteorAgricola\\_Apostila2007.pdf](http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf)



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação  
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica  
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



D'ANGIONELLA, G.; VASCONCELLOS, V.L.D. **Planilha eletrônica para cálculo do balanço hídrico climatológico normal utilizando diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.11, n.2, p.375-378, jul./dez.2003.

PEREIRA, Antonio Roberto. **Simplificando o Balanço Hídrico de Thornthwaite-Mather.** Bragantia, Campinas, v. 64, n. 2, p.311-313, 2005 . DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000200019>

ROLIM, G.S; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. **Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 6, n.1, p. 133-137, 1998.

SOUZA, Isabel Maria Amorim de; SOUZA, Luciana Virgília Amorim de. **O uso da tecnologia como facilitadora da aprendizagem do aluno na escola.** Revista Fórum Identidades. v. 8, p. 127-142, 2010.

THORNTWHAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance.** Centerton,NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology. vol.VIII, n.1)