



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados pluviométricos para estações representativas do estado de Sergipe.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal.asp>>. Acesso em: 03 de março de 2015.

MARCUZZO, F. F. N.; ARANTES, E. J.; WENDLAND, E. (2007). “Avaliação de métodos de estimativa de evapotranspiração potencial e direta para a região de São Carlos-SP”. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, pp. 323-338.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas.** Guaíba (RS): Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478p.



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

## **Estimativa da evapotranspiração potencial pelo método de THORNTHWAITE para o estado de Sergipe**



*Gustavo A. Pereira<sup>1</sup>; José de O. Melo Neto<sup>2</sup>; Rubens Junqueira<sup>3</sup>; Uilson R. V. Aires<sup>4</sup>; André F. Rodrigues<sup>5</sup>; Carlos R. de Mello<sup>6</sup>*

<sup>1</sup>Graduando Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG, (35)99770573, gustavo.tiguto@gmail.com.

<sup>2</sup>Doutorando Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG.

<sup>3</sup>Graduando Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG

<sup>4</sup>Graduando Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG

<sup>5</sup>Graduando Eng. Ambiental e Sanitária, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG

<sup>6</sup>Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG

**RESUMO:** O processo de evapotranspiração envolve a perda de água do solo, de superfícies de água livre e da vegetação úmida para a atmosfera além da transpiração das plantas. Inicialmente introduzida por Thornthwaite, a evapotranspiração potencial (ETP) exerce um papel de extrema importância na análise do balanço hídrico de bacias hidrográficas. Entretanto, a mensuração deste fenômeno é trabalhosa e há limitação de sua aplicação em termos de escala. Sendo assim, a avaliação de desempenho de modelos de estimativa dessa variável é fundamental para as análises hidrológicas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi estimar, pelo método de Thornthwaite e de acordo com a temperatura máxima e mínima, a evapotranspiração potencial em cidades do estado de Sergipe. Foram utilizadas séries históricas de temperatura máxima e mínima do período de 1961 a 1990 e 1991 a 2010 dos municípios de Aracaju, Itabaianinha e Propriá pertencentes à rede de monitoramento do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Percebe-se que houve um aumento da evapotranspiração potencial na magnitude de 55,1mm (Aracaju), 45,2mm (Itabaianinha) e 78,1mm (Propriá) quando se compara os períodos de 1961 a 1990 com 1991 a 2010 pelo método de Thornthwaite.

**PALAVRAS-CHAVE:** Temperatura máxima, Temperatura mínima, Balanço hídrico.

### **Estimate of potential evapotranspiration by method for THORNTHWAITE Sergipe state**

**ABSTRACT:** The evapotranspiration process involves the loss of water from soil, free water surface and wet canopy as well as the transpiration of plants. Firstly introduced by Thornthwaite, potential evapotranspiration (ETP) plays an extremely important role in the analysis of water balance of watersheds. However, its measurement is laborious and limited in terms of scale. Therefore, the models performance to evaluate it is important within the water budget analysis. In this context, the aim of this study was to estimate, by means Thornthwaite method and in accordance with the maximum and minimum temperature, potential evapotranspiration in cities in the state of Sergipe. It was used long-term data sets of maximum and minimum temperature of 1961 to 1990 and from 1991 to 2010 to the cities of Aracaju, Itabaianinha and Propriá, which belong to the weather-monitoring network of the National Institute of Meteorology (INMET). It is noticed that there was an increase in potential evapotranspiration with magnitude of 55,1mm (Aracaju), 45,2mm (Itabaianinha) and 78,1mm (Propriá) when compared to the periods 1961-1990 to 1991-2010 by Thornthwaite method.

**KEYWORDS:** Maximum temperature, Minimum temperature, Water balance.

São considerados vários processos do ciclo hidrológico para a realização de um balanço hídrico. Um dos fenômenos de maior incerteza em sua determinação é a evapotranspiração (Marcuzzo et al. 2007). Como a água potável está se tornando cada vez mais escassa e conseqüentemente cara, o estudo das perdas hídricas por evapotranspiração torna-se de grande importância na gestão dos recursos hídricos das diversas atividades humanas.

A evapotranspiração pode ser classificada em dois tipos: a evapotranspiração real e evapotranspiração potencial (ETP). A primeira é a quantidade de água transferida para a atmosfera nas condições reais de fatores atmosféricos e umidade do solo (Tucci e Beltrame 2000). A segunda é a quantidade de água transferida à atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo, de uma superfície extensa completamente coberta por vegetação de porte baixo e bem suprida de água, ou seja, considerando condições ideais para a mesma (Penman, 1956).

Este trabalho tem por objetivo analisar o método de Thornthwaite para o cálculo da ETP para as cidades de Aracaju, Itabaianinha e Propriá no estado do Sergipe.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estado de Sergipe, localizado no nordeste brasileiro, possui 75 municípios e uma área total de 21.915,116 km<sup>2</sup> com mais de 2 milhões de habitantes. O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) possui três estações meteorológicas no estado localizadas nos municípios de Aracaju (centro-leste), Itabaianinha (sul) e Propriá (norte) conforme os pares de coordenadas da Tabela 1.

**Tabela 1.** Coordenadas Geográficas das estações utilizadas no trabalho.

	Aracaju	Itabaianinha	Propriá
<b>Latitude (Sul)</b>	10.95°	11.27°	10.21°
<b>Longitude (Oeste)</b>	37.05°	37.79°	36.84°

Foram trabalhadas séries históricas de temperaturas máximas e mínimas do ar durante o período de 1961 a 2010 segmentando estas séries entre 1961 a 1990 (últimas normais climatológicas disponíveis) e no intervalo entre 1991 e 2010 e verificar possíveis alterações no comportamento da ETP.

O método de Thornthwaite é de fácil aplicação e bastante difundido por empregar apenas dados de temperatura média do ar (obtidos a partir da média simples entre a máxima e a mínima) e a um fator de correlação da latitude e do mês. A Equação 1 expressa a construção do modelo.

$$ETP = Fc \cdot 16 \cdot \left(10 \frac{T}{I}\right)^{a(1)}$$

Sendo ETP a evapotranspiração potencial mensal (mm/mês); T a temperatura média do ar (°C) e Fc é o fator de correção em função da latitude e do mês, especificado na Tabela 2, o qual foi aplicado para as três estações.

**Tabela 2.** Fator de Correção aplicado para cada mês do ano.

Fator de Correção											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1,08	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

O índice anual de calor (I) foi obtido em função da Equação 2, em que o *t* representa a temperatura média do mês.

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514} \quad (2)$$

O fator  $a$  foi obtido pela Equação 3.

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,7292 \cdot 10^{-2} + 0,49239 \quad (3)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios mensais de temperatura média do ar para os períodos analisados em todas as estações.

**Tabela 3.** Dados médios mensais de temperatura média do ar para os períodos analisados.

Período	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>Aracaju</b>												
61-90	27,0	27,0	27,0	26,5	25,8	25,0	24,3	24,3	25,0	25,8	26,1	26,5
91-10	27,0	27,3	27,4	27,0	26,1	25,3	24,7	24,7	25,3	26,0	26,5	26,9
Diferença	0,0	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	0,4
<b>Itabaianinha</b>												
61-90	26,4	26,3	26,0	25,4	24,4	23,0	22,3	22,3	23,2	24,7	25,8	26,1
91-10	27,1	27,3	27,1	26,1	24,9	23,6	22,8	22,9	24,0	25,4	26,4	27,0
Diferença	0,7	1,0	1,1	0,7	0,5	0,6	0,5	0,6	0,8	0,7	0,6	0,9
<b>Propriá</b>												
61-90	27,5	27,7	27,4	26,7	25,6	24,4	23,6	23,4	24,4	25,9	27,1	27,5
91-10	28,2	28,6	28,7	27,7	26,2	24,9	24,2	24,2	25,1	26,5	27,8	28,3
Diferença	0,7	0,9	1,3	1,0	0,6	0,5	0,6	0,8	0,7	0,6	0,7	0,8

Observa-se que há um aumento na temperatura média do ar em todas as estações quando comparados os períodos de 61-90 com 91-10, representando acréscimos de 0,3 °C (Aracaju), 0,7 °C (Itabaianinha) e 0,8 °C (Propriá). O período chuvoso na região ocorre entre os meses de maio a agosto, enquanto que o período seco compreende os meses entre setembro e abril.

A temperatura máxima do ar para Aracaju é de 30,8 °C enquanto que a mínima é de 21,7 °C; para Itabaianinha a máxima fica em 31,8 °C e mínima em 19,0 °C; e para Propriá apresenta 33,7 °C e 20,1 °C. Observa-se pouca flutuação entre os postos, fato este que pode ser explicado pela latitude tropical e a pouca variação de altitude característica do estado de Sergipe.

Na Tabela 4 são apresentados os valores estimados de evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite para as estações analisadas.

**Tabela 4.** Valores estimados de ETP para as estações analisadas.

Período	JAN	FEV	MA R	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>Aracaju</b>												
61-90	113,8	102,8	111,2	99,1	93,3	80,2	77,1	77,4	83,5	97,3	99,9	109,5
91-10	116,1	106,9	117,3	105,3	97,6	83,4	81,2	81,8	87,3	101,4	105,8	116,2
Diferença	2,3	4,2	6,0	6,1	4,3	3,2	4,1	4,4	3,8	4,1	5,9	6,7
<b>Itabaianinha</b>												
61-90	144,6	142,9	137,8	128,1	112,1	93,1	85,0	84,4	96,3	116,5	133,7	138,7
91-10	156,4	142,4	151,9	128,5	110,6	86,9	80,6	82,3	96,3	125,0	139,4	158,1
Diferença	11,8	-0,5	14,1	0,4	-1,5	-6,2	-4,5	-2,1	0,0	8,5	5,6	19,4
<b>Propriá</b>												
61-90	165,2	168,4	163,1	147,9	128,4	107,6	95,6	93,5	107,6	132,8	155,9	164,2
91-10	182,1	170,7	187,7	155,8	128,1	99,3	93,1	94,1	107,1	140,7	163,2	186,4
Diferença	16,9	2,3	24,6	7,9	-0,3	-8,3	-2,5	0,6	-0,5	7,8	7,3	22,2

Para Aracaju foi estimado um incremento anual de 55,1 mm para a evapotranspiração potencial ao se comparar os dados da normal (1961-1990) com o período de 1991 a 2010, com acréscimo médio de 4,6 mm/mês. O mês de dezembro apresentou o maior incremento (6,7 mm) enquanto que o mês de janeiro apresentou o menor patamar (2,3 mm).

A estação de Itabaianinha apresentou oscilações entre aumento e redução da ETP ao longo do período analisado em termos de valores médios. O incremento anual foi de 45,2 mm quando comparados os períodos analisados. O maior incremento da ETP foi estimado no mês de dezembro (19,4 mm). O período entre maio e agosto apresentou decréscimo da ETP estimada.

Os dados referentes à estação de Propriá demonstraram um acréscimo de 78,1 mm na ETP em termos anuais quando comparados os períodos da normal (61-90) e 1991-2010. Similarmente as outras estações, o mês de dezembro apresentou o maior incremento na ETP mensal (22,2 mm), já o período entre os meses de maio e agosto demonstraram queda no valor da ETP ao compara os períodos analisados neste estudo.

## CONCLUSÕES

Foram estimados incrementos na evapotranspiração potencial para todas as estações analisados no estado de Sergipe quando se compara o período da última normal (1961-1990) com o período de 1991-2010.

As estações de Aracaju, Itabaianinha e Propriá apresentaram acréscimos médios anuais, respectivamente, de 55,1 mm, 45,2 mm e 78,1 mm. Destaca-se o mês de dezembro com os maiores incrementos para todas as estações, enquanto que o período úmido (maio a agosto) apresentaram baixo incremento da ETP ou decréscimo dos valores entre os períodos analisados.



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*



### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados pluviométricos para estações representativas do estado de Sergipe.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal.asp>>. Acesso em: 03 de março de 2015.

MARCUZZO, F. F. N.; ARANTES, E. J.; WENDLAND, E. Avaliação de métodos de estimativa de evapotranspiração potencial e direta para a região de São Carlos-SP. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 3, pp. 323-338, 2007.

PENMAN, H. L. Evaporation: an Introductory Survey. *Neth. J. Agric. Sci.*, n. 4, p. 9 – 29. 1956.

TUCCI, C. E. M.; BELTRAME, L. F. S. **Evaporação e Evapotranspiração**, In Hidrologia Ciência e Aplicação. ABRH, Porto, pp. 253-287. 2000.