



## BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA OS MUNICÍPIOS DE PIRIPIRI E SÃO JOÃO DO PIAUÍ, PIAUÍ, BRASIL

A. A. Ribeiro<sup>1\*</sup>, M. Simeão<sup>2</sup>, A. R. B. Santos<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UFC - Univ Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, CE, Brasil

<sup>2</sup> UFPI - Univ Federal do Piauí, Campus Professora Cinobelina Elvas, Bom Jesus, PI, Brasil

<sup>3</sup> UFRPE - Univ Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brasil

Article history: Received 13 July 2015; Received in revised form 03 August 2015; Accepted 17 August 2015; Available online 30 September 2015.

### RESUMO

O balanço hídrico climatológico é fundamental para se conhecer a disponibilidade de água no solo. Diante do exposto, com o presente estudo, objetivou-se elaborar o balanço hídrico climatológico mensal para as condições climáticas dos municípios de Piripiri e São João do Piauí, situados no estado do Piauí. O balanço hídrico médio mensal foi elaborado a partir do método desenvolvido por THORTHWAITE & MATHER (1955). Foram utilizados dados médios mensais de precipitação e temperatura média do ar compreendendo o período de 1990 a 2014. A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948). Adotou-se uma capacidade de água disponível (CAD) média de 100 mm. O município de Piripiri, PI apresenta sete meses de deficiência hídrica no solo, chegando a 758,7 mm ao ano, concentrando-se nos meses de junho a dezembro. O excedente hídrico totalizou 496,1 mm ocorrendo nos meses de fevereiro a maio. O município de São João do Piauí, PI não apresenta nenhum mês com excedente hídrico. A deficiência hídrica concentra-se nos meses de abril a dezembro, com total acumulado de 886,8 mm.

**Palavras-chave:** Planejamento hídrico, déficit hídrico, excedente hídrico.

### WATER CLIMATOLOGICAL BALANCE FOR MUNICIPALITIES OF PIRIPIRI AND SAO JOAO DO PIAUÍ, PIAUÍ, BRAZIL

### ABSTRACT

The climatic water balance is critical to the availability of water in the soil. Given the above, the present study aimed to prepare the monthly climatic water balance to climate conditions in the municipalities of Piripiri and São João do Piauí, situated in the state of Piauí. The average monthly water balance was drawn from the method developed by THORTHWAITE & MATHER (1955). There were used average monthly data of precipitation and average air temperature the period from 1990 to 2014. The potential evapotranspiration was estimated by Thornthwaite method (1948). It adopted one available water capacity (CAD) average of 100 mm. The municipality of Piripiri, PI presents seven months of water deficit in the soil, reaching 758.7 mm a year, concentrating in the months from June to December. The water surplus totaled 496.1 mm occurring in the months from February to May. The municipality of São João do Piauí, PI shows no month with water surplus. Water stress is concentrated in the months from April to December, with accumulated total of 886.8 mm.

**Keywords:** water planning, water stress, water surplus.

\* [alburibeiro@hotmail.com](mailto:alburibeiro@hotmail.com)

## INTRODUÇÃO

A deficiência hídrica é uma das principais responsáveis pela queda de produção na agricultura. O conhecimento da época que tal deficiência ocorre é importante para que o impacto na agricultura seja minimizado. Com o objetivo de conhecer as condições hídricas de um local, foi desenvolvido o método do balanço hídrico climatológico (BHC) conforme Thornthwaite & Mather (1955), sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. Ele permite avaliar a quantidade de água no solo que pode estar disponível às plantas, além de indicar períodos muito úmidos ou secos, dentro de um determinado espaço de tempo (TREMOCOLDI & BRUNINI, 2008).

Os principais componentes do balanço hídrico para definir a demanda e disponibilidade hídrica é a precipitação (P), evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC) (PEREIRA et al., 2002).

A evapotranspiração e a deficiência hídrica são os parâmetros indispensáveis para se determinar a produtividade da água em uma determinada região. A evapotranspiração consiste no processo inverso da precipitação, pois é a contabilização da perda de água que foi evaporada do solo somada a transpiração das plantas (MENDONÇA et al., 2003). A

relação entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real das plantas representa a deficiência hídrica que ocorre no solo, ou seja, a umidade do solo está abaixo do desejável fazendo com que a planta reduza suas atividades metabólicas, conseqüentemente, diminuindo o crescimento e desenvolvimento da mesma. Essa indisponibilidade hídrica é que deve ser repostada pelas chuvas e/ou irrigação para que se tenha a expressão de toda a potencialidade produtiva de uma espécie (SANTOS et al., 2010).

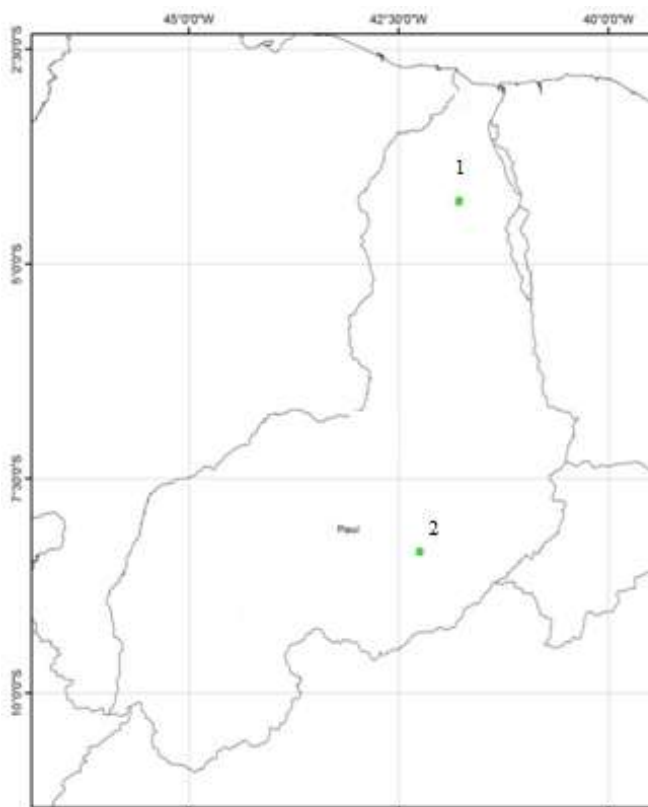
No município de Piripiri, PI, localiza-se o Perímetro Irrigado do Açude Caldeirão, com uma área irrigada de 398 ha, explorados principalmente com os cultivos de feijão-caupi e melancia. O município de São João do Piauí, PI, também tem como base econômica a agricultura, com destaque para a produção de feijão, algodão, mandioca e milho, cultivados predominantemente em condições de sequeiro. Diante disso, o conhecimento da disponibilidade de água no solo ao longo do ano nesses locais é essencial, visando um melhor planejamento das atividades agrícolas.

Assim sendo, com o presente estudo objetivou-se elaborar o balanço hídrico climatológico e determinar seus componentes (déficit e excedente hídrico) para os municípios de Piripiri e São João do Piauí, no estado do Piauí.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi elaborado a partir de dados obtidos na rede de estações meteorológicas convencionais do Instituto de Nacional de Meteorologia (INMET), situadas nos municípios de Piripiri (4,26°

de latitude Sul, 41,78° de longitude Oeste e altitude de 161,1 m) e São João do Piauí (8,35° de latitude Sul, 42,25° de longitude Oeste e altitude de 235,3 m), no estado do Piauí (Figura 1).



**Figura 1.** Localização das estações meteorológicas convencionais monitoradas pelo INMET utilizadas no estudo. (1) Piripiri e (2) São João do Piauí.

Foram obtidos dados médios mensais de precipitação e temperatura do ar, compreendendo o período de 1990 a 2014.

O balanço hídrico climatológico foi obtido pelo método de THORNTHWAITE & MATHER (1955) utilizando planilhas no Excel elaboradas por Rolim et al (1998). A inicialização do balanço hídrico seguiu o método proposto por Mendonça (1958).

A capacidade de água disponível no solo (CAD) foi considerada 100 mm. A evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada pelo método de Thornthwaite (1948) seguindo as considerações realizadas por Pereira et al. (2002):

Quando:  $0 < T_n < 26,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$ETp = 16 \left( 10 \frac{T_n}{i} \right)^a \quad (1)$$

Quando:  $T_n \geq 26,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$ETp = -415,85 + 32,24T_n - 0,42 T_n^2 \quad (2)$$

em que:  $T_n$  é a temperatura média do mês  $n$ , em  $^\circ\text{C}$ ;  $I$  é um índice que expressa o nível de calor da região. O subscrito  $n$  representa o mês, ou seja,  $n=1$  é janeiro;  $n=2$  é fevereiro; etc.

O valor de  $I$  depende do ritmo anual da temperatura, integrando o efeito térmico de cada mês, sendo calculado pela equação:

$$I = 12 (0,2 T_a)^{1,514} \quad (3)$$

em que:  $T_a$  é a temperatura média anual normal.

O expoente “ $a$ ”, sendo uma função de  $I$ , também é um índice térmico regional, e é calculado pela expressão:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,72 \times 10^{-2} I + 0,49 \quad (4)$$

O valor de ETP representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria nas condições térmicas de um mês padrão de 30 dias, e cada dia com 12 horas de

fotoperíodo (N). Portanto, a ETP deve ser corrigida em função de N e do número de dias do período (NDP).

$$\text{COR} = \left(\frac{N}{12}\right) \left(\frac{\text{NDP}}{31}\right) \quad (5)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Piripiri se caracterizou com precipitação média mensal de 125 mm/mês, totalizando 1496,2 mm ao ano, concentrando-se nos meses de janeiro a maio com 89,36% do total precipitado (1312,89 mm), sendo a maior e a menor precipitação média com ocorrência nos meses de abril (337,84 mm) e setembro (4,94 mm), respectivamente (Tabela 1). Segundo informações obtidas a

partir do Projeto Radam (1973), a precipitação pluviométrica média anual no município é definida no Regime Equatorial Marítimo, com isoietas anuais em entre 800 a 1.600 mm, cerca de 5 a 6 meses como os mais chuvosos e período restante do ano de estação seca. O trimestre mais úmido é o formado pelos meses de fevereiro, março e abril.

**Tabela 1.** Balanço hídrico climatológico em Piripiri no estado do Piauí, segundo THORNTHWAITE & MATHER (CAD = 100 mm). Período de 1990-2014.

MESES	T (°C)	P mm	ETP mm	P-ETP mm	NAC mm	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	26,4	214,9	134,4	80,6	-21,5	80,6	80,6	134,4	0,0	0,0
Fev	27,3	255,5	161,2	94,4	0,0	100,0	19,4	161,2	0,0	75,0
Mar	23,3	336,7	131,0	205,7	0,0	100,0	0,0	131,0	0,0	205,7
Abr	27,7	337,8	148,6	189,2	0,0	100,0	0,0	148,6	0,0	189,2
Mai	27,8	167,8	141,7	26,1	0,0	100,0	0,0	141,7	0,0	26,1
Jun	28,3	45,6	159,0	-113,4	-	32,2	-67,8	113,4	45,6	0,0
Jul	29,1	15,3	154,1	-138,7	-	8,0	-24,1	39,5	114,6	0,0
Ago	28,6	10,8	148,6	-137,8	-	2,0	-6,0	16,9	131,8	0,0
Set	30,3	4,9	169,2	-164,3	-	0,4	-1,6	6,6	162,6	0,0
Out	29,0	21,8	144,3	-122,5	-	0,1	-0,3	22,1	122,2	0,0
Nov	28,6	25,1	150,6	-125,5	-	0,0	-0,1	25,2	125,4	0,0
Dez	25,5	59,6	116,1	-56,5	-	0,0	0,0	59,6	56,5	0,0
TOTAL	336,4	1496,2	1758,8	-262,6			0,0	1000,0	758,7	496,1
MÉDIA	28	125	147				±100	83	63	41

Precipitação média mensal (P), evapotranspiração potencial (ETP), negativo acumulado (NAC), armazenamento de água no solo (ARM), alteração de água no solo (ALT), evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC).

A evapotranspiração potencial anual foi de 1.758 mm, com média mensal de 147 mm. Os meses com maiores e menores valores médios foram setembro e

dezembro (169,2 e 116,1 mm), respectivamente. As altas temperaturas provocaram um aumento nas taxas de evapotranspiração, fazendo com que o

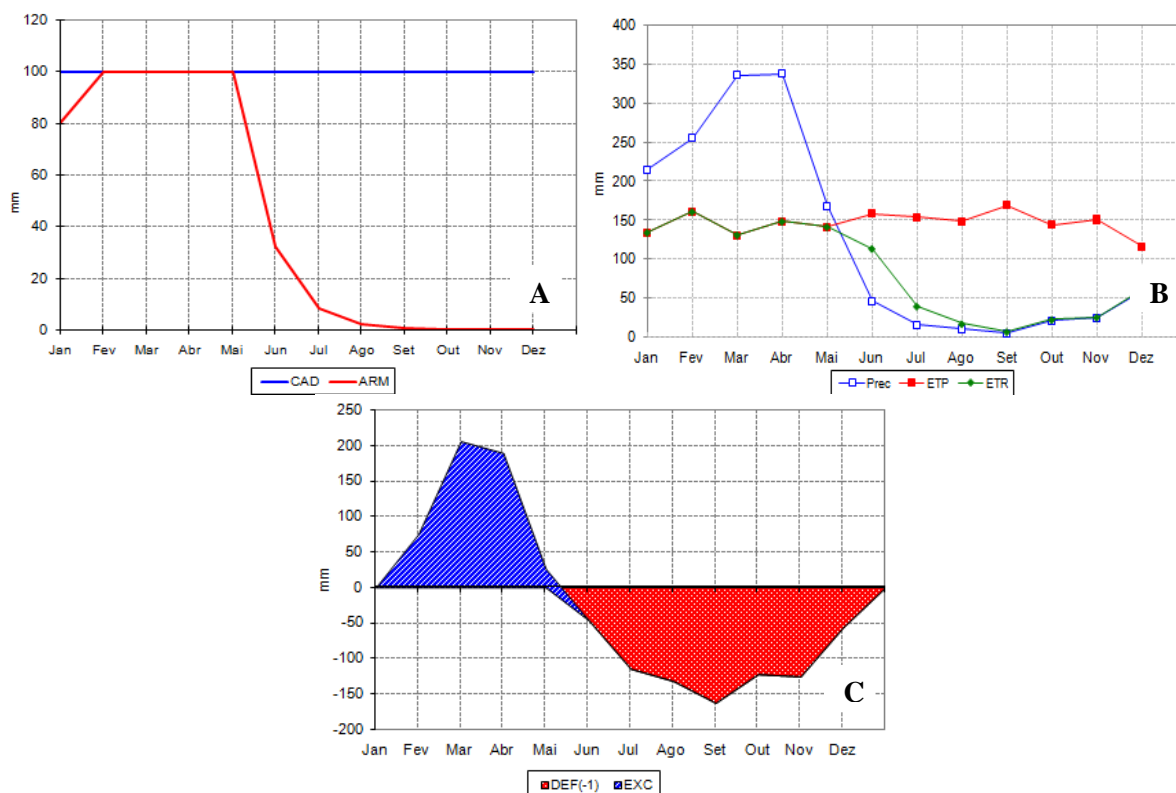
consumo de água pelas plantas seja maior que o disponível no solo na maior parte do ano (Tabela 1 e Figura 2A e 2B).

O município apresentou deficiência hídrica em sete meses do ano, com total acumulado de 758,7 mm, concentrando nos meses de junho a dezembro (Tabela 1 e Figura 2C). Com base nisso, é necessário planejar a época de plantio das culturas cultivadas na região, de modo que a semeadura seja feita em datas específicas para que as suas fases de máxima exigência hídrica não coincidam com esses meses de máxima deficiência de água no solo.

As plantas respondem de diversas maneiras a deficiência hídrica no solo, como decréscimo da produtividade e da

produção, má distribuição e o desenvolvimento do sistema radicular, decréscimo da produção da área foliar e fechamento dos estômatos, redução da florada e do óleo da casca e menor tempo de retenção dos frutos (SANTOS & CARLESSO, 1998).

O excedente hídrico totalizou 496,1 mm ocorrendo nos meses de fevereiro a maio. A reposição de água no solo após o período seco começou no mês de janeiro e só finalizou em fevereiro, quando o armazenamento de água no solo atingiu sua capacidade máxima (ARM= 100 mm) (Tabela 1 e Figura 2C). Após a fase de reposição, o solo encontra-se saturado, e caso ocorra irrigação e/ou precipitação, haverá escoamento superficial.



No município de São João do Piauí, PI, a média anual de precipitação atingiu valores de 669,4 mm, com um período de maior precipitação entre os meses de janeiro a março, concentrando acima de 90% da chuva anual nestes meses (Tabela

2). Segundo informações do IBGE (1977), a precipitação pluviométrica média anual no município é definida no Regime Equatorial Continental, com isoietas anuais em torno de 500 mm e o trimestre janeiro-fevereiro-março como o mais chuvoso.

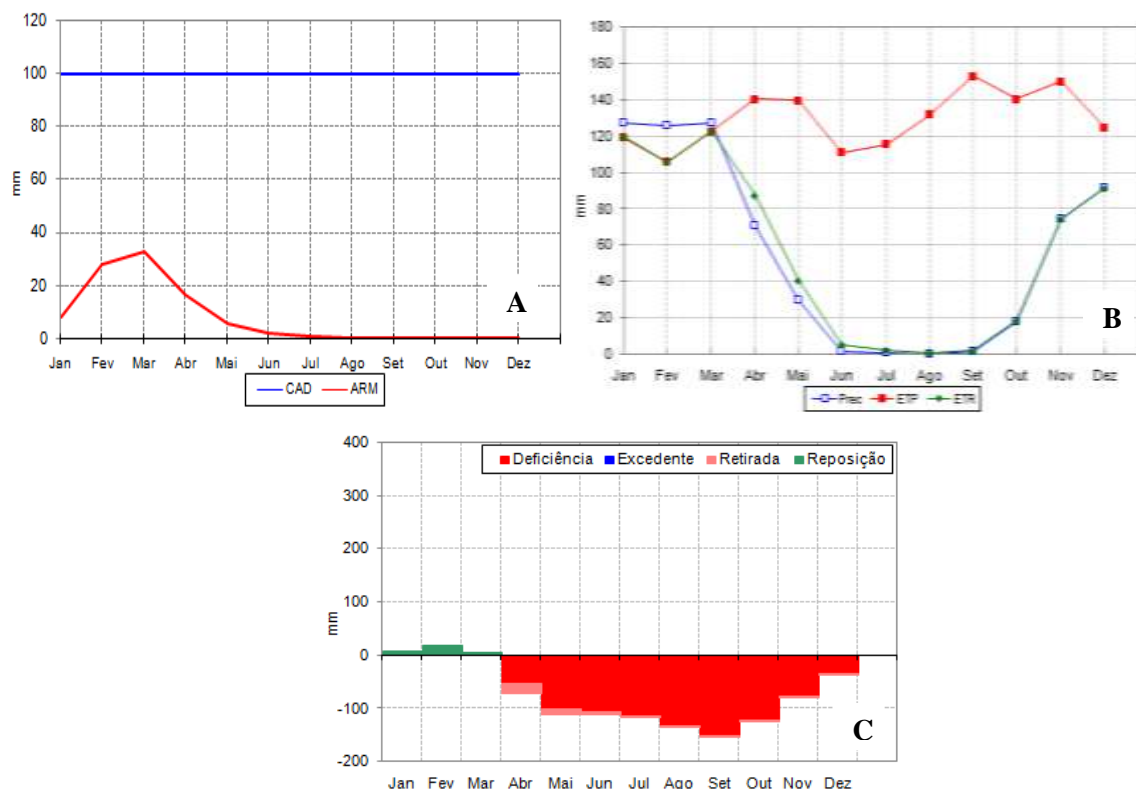
**Tabela 2.** Balanço hídrico climatológico em São João do Piauí no estado do Piauí, segundo THORNTHWAITE & MATHER (CAD = 100 mm). Período de 1990-2014.

Meses	T (°C)	P mm	ETP mm	P-ETP mm	NAC mm	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	27,1	127,37	119,4	8,0	-252,4	8,0	8,0	119,4	0,0	0,0
Fev	25,6	125,89	105,8	20,1	-126,7	28,2	20,1	105,8	0,0	0,0
Mar	26,5	127,43	122,7	4,8	-111,1	32,9	4,8	122,7	0,0	0,0
Abr	26,7	70,92	140,8	-69,8	-181,0	16,4	-16,5	87,5	53,3	0,0
Mai	27,1	29,66	139,7	-110,1	-291,0	5,4	-10,9	40,6	99,1	0,0
Jun	25,5	1,72	111,3	-109,6	-400,6	1,8	-3,6	5,3	105,9	0,0
Jul	25,6	0,83	115,7	-114,8	-515,4	0,6	-1,2	2,1	113,6	0,0
Ago	26,4	0,09	131,9	-131,8	-647,3	0,2	-0,4	0,5	131,4	0,0
Set	27,9	1,53	153,3	-151,8	-799,0	0,0	-0,1	1,7	151,6	0,0
Out	28,6	18,21	140,7	-122,5	-921,6	0,0	0,0	18,2	122,5	0,0
Nov	29,6	74,36	150,1	-75,7	-997,3	0,0	0,0	74,4	75,7	0,0
Dez	27,2	91,43	124,9	-33,5	-1030,8	0,0	0,0	91,4	33,5	0,0
TOTAIS	324	669,4	1556,2	-886,8			0,0	669,4	886,8	0,0
MÉDIAS	27	56	130				± 33	56	74	0

Precipitação média mensal (P), evapotranspiração potencial (ETP), negativo acumulado (NAC), armazenamento de água no solo (ARM), alteração de água no solo (ALT), evapotranspiração real (ETR), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC).

A evapotranspiração potencial anual foi de 1.556,2 mm, com uma média mensal de 129,68 mm, dos quais os maiores e menores valores foram para os meses de setembro e fevereiro (153,3 e 105,8 mm) respectivamente. O armazenamento de água disponível no solo foi determinado a partir da capacidade de água disponível (CAD), valor equivalente a 100 mm. A evapotranspiração real apresentou-se com um total anual de 669,4 mm, tendo média mensal de 56 mm (Tabela 2 e Figura 3A e 3B).

O município apresentou deficiência hídrica em 9 dos 12 meses do ano com total acumulado de 886,8 mm, concentrando nos meses de abril a dezembro (Tabela 2 e Figura 2C). Mesmo havendo uma grande concentração de precipitação no primeiro quadriênio do ano, as elevadas temperaturas provocam um aumento nas taxas evapotranspirativas, fazendo com que o consumo de água pelas plantas seja maior que o disponível no solo (Tabela 2 e Figura 3).



**Figura 3.** Capacidade de armazenamento (CAD) e armazenamento (ARM) (A), variação dos dados mensais de precipitação (Prec), evapotranspiração potencial (ETP) e real (ETR) (B) e o excedente e déficit hídrico (C) no município de São João do Piauí, no estado do Piauí.

O balanço hídrico não apresentou nenhum mês com excedente hídrico (Tabela 2 e Figura 3C). Assim sendo, o uso da irrigação é indiscutível em ambos os municípios a fim de assegurar a produção agrícola na região.

Através do balanço hídrico mensal, pode se determinar um planejamento integrado dos recursos hídricos da região, que inclui a decisão pela aquisição de sistemas de irrigação e o dimensionamento da lâmina líquida do sistema, em que o irrigante considerando aspectos econômicos deve decidir entre a maior necessidade ou pelo maior déficit, além

permitir o manejo da irrigação (quanto e quando irrigar) com base em dados históricos de evapotranspiração (SANTOS et al., 2010).

Para o setor agropecuário de ambos os municípios, o balanço hídrico é fundamental para o estabelecimento de estratégias que visem minimizar perdas e, portanto aumento em sua produção. No aspecto geral, a irrigação é uma forma artificial de suprir as necessidades hídricas das culturas e do agropecuário, possibilitando o desenvolvimento fisiológico de animais de forma otimizada (BARRETO et al., 2003).

## CONCLUSÕES

O município de Piripiri, PI apresenta sete meses de deficiência hídrica no solo, chegando a 758,7 mm ao ano, concentrando-se nos meses de junho a dezembro. O excedente hídrico totalizou 496,1 mm ocorrendo nos meses de fevereiro a maio.

O município de São João do Piauí, PI não apresenta nenhum mês com excedente hídrico. A deficiência hídrica concentra-se nos meses de abril a dezembro, com total acumulado de 886,8 mm.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 418 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil.** Região Nordeste. Rio de Janeiro, SERGRAF. IBGE, 1977

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7(2): 275-279, 2003.

MENDONÇA, P.V. **Sobre o novo método de balanço hídrico de Thornthwaite & Mather.**In: Congresso Luso-Espanhol para o Programa das Ciências, 24. p.271-282, 1958.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PROJETO RADAM. FOLHA SB.23 TERESINA E PARTE DA FOLHA SB.24 JAGUARIBE; **geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro. 1973

ROLIM, G. D. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL<sup>TM</sup> para os cálculos de balanços hídricos: normal e sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6(1): 133-137, 1998.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B.T.;ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4(3): 142-149, 2010.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2(3):287-294, 1998.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38(1):55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance.** Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

TREMOCOLDI, W. A.; BRUNINI, O. **Caracterização agroclimática das unidades da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo: Capão Bonito e região.** Campinas: Instituto Agronômico, 2008.30p.(Série Tecnologia APTA, Boletim Técnico IAC, 205).