

## **Análise dos elementos hidrológicos e climáticos (temperatura e precipitação) do Maciço Residual Serra das Matas: região de nascentes do alto curso do Rio Acaraú, Estado do Ceará.**

*Analysis of the hydrological and climatic elements (temperature and rainfall) of the Residual mass Serra das Matas: region of water springs of the upper course of the Acaraú River, State of Ceará.*

*Lucas Pereira Soares*

Mestre em Geografia e professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, Brasil  
[lucapsgeo@gmail.com](mailto:lucapsgeo@gmail.com)

*Ernane Cortez Lima*

Doutor em Geografia e professor da Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA, Brasil  
[ernanecortez@hotmail.com](mailto:ernanecortez@hotmail.com)

### **Resumo**

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma caracterização climática e hidrológica das nascentes do alto curso do Rio Acaraú, localizado no Maciço Residual Serra das Matas, região centro-oeste do estado do Ceará, compreendendo uma área de 142,63Km<sup>2</sup>. Neste estudo, procurou-se contextualizar a área da pesquisa, através da análise dos atributos climáticos, tais como dinâmica e elementos do clima, sendo temperatura e precipitação, com ênfase no balanço hídrico e sua relação com os recursos hídricos disponíveis à área, sendo elaborado mapas e gráficos temáticos, caracterizando as informações climatológicas. A análise foi desenvolvida através do cruzamento das informações climáticas, e demais informações geoambientais, visando identificar as peculiaridades no que tange a tipologia climática semiárida, a fim de conceber as limitações e potencialidades dos recursos naturais dessa área, com destaque aos recursos hídricos. Finalmente, após a integração desses dados são apresentados resultados no que tange a tipologia semiárida, em integração aos recursos hídricos da região, com objetivo de subsidiar o desenvolvimento do Projeto de Revitalização das Nascentes do Rio Acaraú, desenvolvido pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, para que as medidas corretamente aplicadas possam contribuir para a preservação da qualidade ambiental no alto curso do Rio Acaraú-CE.

**Palavras-chave:** balanço hídrico, recursos hídricos, semiárido.

### **Abstract**

The aim of this work is to present a climatic and hydrological characterization of the water springs of the upper course of the Acaraú River, located in the Residual Mass Serra das Matas, Central-West region of the state of Ceará, comprising an area of 142, 63Km<sup>2</sup>. In this study, we sought to contextualize the area of research, through the analysis of the climatic attributes, such as dynamics and elements of the climate, being temperature and rainfall, with emphasis on the hydric assessment and its relation with the hydric resources available to area, being elaborated maps and thematic charts, featuring the climatological information. The analysis was developed through the intersection of climate information, and other geoenvironmental information, aiming at identifying the peculiarities of the semi-arid climatic typology, in order to devise the limitations and potentialities of the resources Of this area, with emphasis on hydric resources. Finally, after the integration of these data are presented results with regard to the semi-arid typology, in integration with the region hydric resources , with the objective of subsidizing the development of the project of revitalization of the water springs of the Acaraú River, Developed by the Acaraú River Watershed Committee, so that properly applied measures can contribute to the preservation of environmental quality in the upper course of the Acaraú-CE River.

**Key words:** hydric assessment, hydric resources, semi-arid.

## 1. INTRODUÇÃO

A Serra das Matas localiza-se na porção centro-oeste do estado do Ceará, entre os municípios de Monsenhor Tabosa e Tamboril, que distam respectivamente, 300Km e 291Km da capital Fortaleza. Nesta, encontra-se o trecho de alto curso do Rio Acaraú (Figura 1), segunda maior bacia do Estado com 14.423,00 Km<sup>2</sup> (LIMA, 2012), bem como suas principais nascentes, que são objeto de estudo neste trabalho.

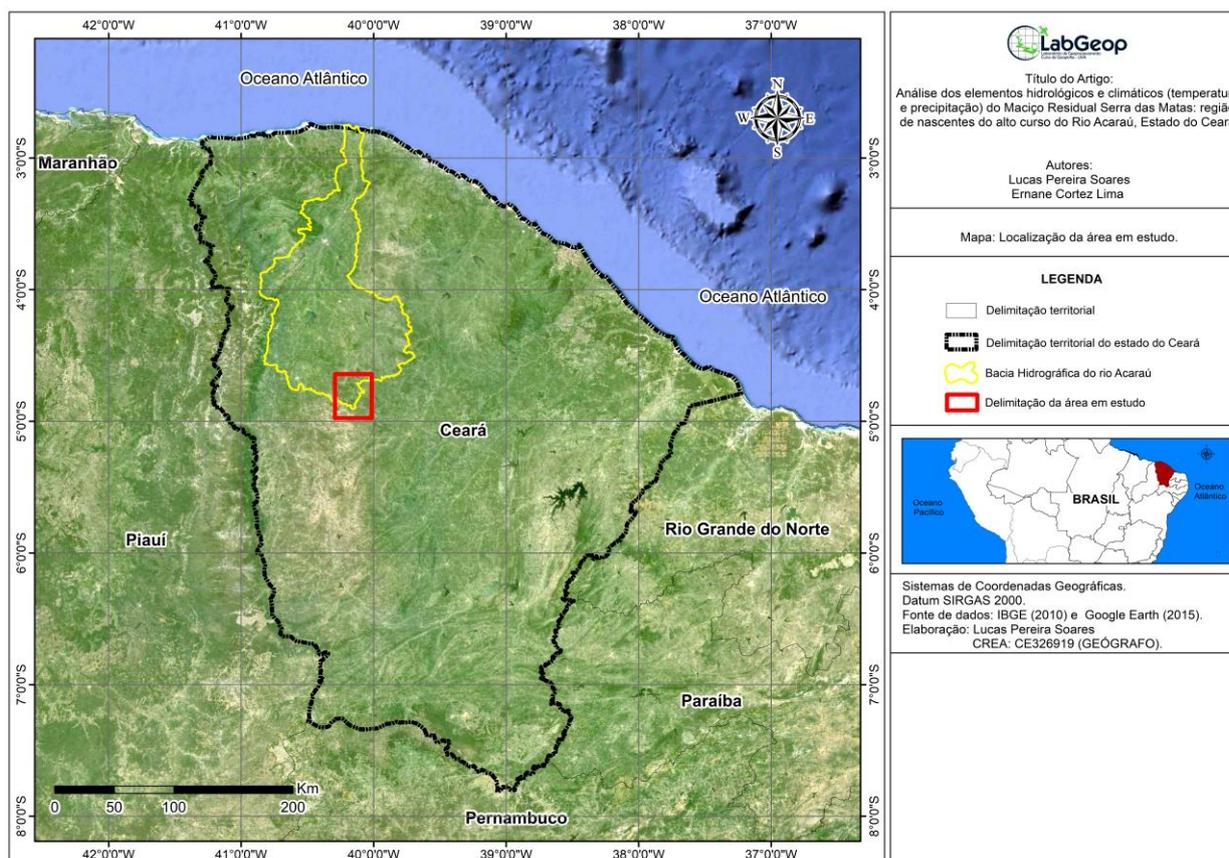
A Serra das Matas trata-se de um maciço residual e, segundo Souza (1988), está inserida no Domínio dos Escudos e Maciços Antigos, expondo-se como compartimentos ilhados e contribuindo para as diferenciações fisiográficas e ecológicas no semiárido cearense. Não possuem uma continuidade territorial, constituem os relevos residuais resultantes dos processos erosivos diferenciais ocorridos no Cenozoico (SOUZA, 1988).

Ainda de acordo com Souza (1988), a Serra das Matas apresenta-se como um bloco elevado, com altitudes médias entre 550 e 600 metros, sendo constituída por migmatitos e com evidências dos efeitos do tectonismo plástico e de ruptura. Há setores que chegam a atingir pontos com mais de 1000 metros de altitude.

Por estar localizado mais para o interior do continente, esse compartimento de relevo não apresenta características de outros maciços residuais mais próximos à costa, ou seja, ambientes de “brejos” de cimeira. Estes por sua vez caracterizam-se por apresentar diferenciações no clima local, nas feições de dissecação, na espessura dos solos predominantes, e quanto ao recobrimento vegetal.

O relevo apresenta-se menos acidentado no centro e sul oriental do maciço, onde os topos são convexos ou adquirem feições tabulares. Os solos chegam a atingir a espessura de até 1,20 m, condicionando uma cobertura vegetal de porte arbustivo a arbóreo. Do lado leste, há predomínio de Neossolos Litólicos com ocorrência de matacões e encostas desnudadas, sendo a vegetação arbustiva de baixo porte. No restante do maciço as feições de cristas e vales profundos dominam a paisagem.

A paisagem remonta a uma tipologia climática de características secas do tipo semiárida, associada a elevadas temperaturas anuais e pluviometria irregular, ajustada a condicionantes dinâmicas da atmosfera e da variabilidade dos oceanos, principalmente. A tipologia climática semiárida e sua relação com os recursos hídricos da região serão discutidas neste artigo, a fim de caracterizar o clima da Serra das Matas, como suporte ao desenvolvimento de atividades pertinentes ao Projeto de Revitalização das Nascentes do Rio Acaraú, desenvolvido pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú.



**Figura 1** - Localização da área em estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 2. O CLIMA SEMIÁRIDO DOMINANTE NA REGIÃO EM ESTUDO

A análise geográfica do clima regional está baseada em pressupostos dinâmicos, utilizando-se de parâmetros meteorológicos e geográficos para compreender e otimizar as relações clima - recursos naturais - atividade humana. A escala local é o nível principal de tratamento, porém sempre integrando-se às escalas regionais e globais.

A área em estudo está sob o domínio morfoclimático semiárido que, por sua vez, vincula-se a limites críticos de precipitação pluviométrica. Trata-se do Nordeste seco que, segundo Ab'Sáber (1974) constitui uma região de condição climática marcadamente sazonal, ao cinturão próprio das faixas áridas tropicais e subtropicais do globo. No entanto, os climas do Nordeste caracterizam-se como uma exceção referente aos climas zonais próprios às faixas de latitudes homogêneas.

De acordo com Aouad (1978), a região climática semiárida do Nordeste brasileiro não se reveste de ocorrência espacial nitidamente contínua e definida, como sugere a delimitação oficial do “Polígono das Secas” estabelecida pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, a partir da Lei nº 1.348, de 10 de fevereiro 1951, mas varia espacialmente sob o efeito indiscutível dos compartimentos morfológicos.

Torna-se oportuno mencionar o trabalho de redimensionamento da Região Semiárida do Nordeste do Brasil, elaborado pela FUNCEME, em 1993, em que se subdividiu o Nordeste em geoambientes, mais em função da diversidade dos recursos naturais e socioeconômicos do que na divisão anterior - baseada principalmente na estrutura fisiográfica regional (CEARÁ, 1993).

Estudos realizados por autores como Serra (1945), Nimer (1979) e Oliveira (1982) concluem que, no estado do Ceará, vários fatores são responsáveis pelas condições climáticas locais, com destaque para os sistemas dinâmicos da atmosfera. Resumidamente, estes sistemas são; os sistemas frontais (frentes frias), com sua formação original no polo sul; a zona de convergência intertropical (ZCIT), que oscila dentro da faixa dos trópicos e um centro de vortacidade ciclônica, com tempo de atuação variável dentro do período de chuvas.

Soares (2015), por sua vez, estabelece uma caracterização dos tipos de tempo para o estado do Ceará a partir do ritmo de sucessão destes, levando em conta uma escala temporal e espacial, que permite compreender o emaranhado pertinente a dinâmica atmosférica pela participação dos seguintes sistemas no plano temporal:

- massa Equatorial continental - mEc se inicia em dezembro e vai até meados de março;
- Repercussões de Frente Fria - RFF origina-se em novembro e vai até março;
- massa Equatorial atlântica - mEa se forma em junho e vai até novembro;
- Zona de Convergência Intertropical - ZCIT inicia-se em fevereiro e vai até maio;
- Vórtice Ciclônico de Altos Níveis - VCAN domina a região entre outubro e abril;
- Ondas de Leste - OL inicia-se em maio e vai até julho;
- mEc/mEa se estabelece em agosto e vai até outubro;
- ZCIT/mEc e ZCIT/RFF tem participação episódica entre janeiro e abril.

Além desses sistemas atmosféricos e massas de ar, deve-se considerar a variabilidade oceânica, a orientação do litoral e das serras em relação aos ventos alísios, gerando corredores de vento e zonas de barlavento (chuvas orográficas, áreas mais úmidas) e sotavento (áreas de sombra, menos úmidas e com menor índice pluviométrico) e as baixas altitudes predominantes do relevo com cotas inferiores a 400m, com exceção dos planaltos cristalinos e sedimentares e que formam condicionantes climáticos espaciais, de influência local/regional (LIMA; MORAIS; SOUZA, 2000; FERREIRA; MELLO, 2005).

A integração dos condicionantes oceânico-atmosféricos e espaciais, aliadas à proximidade do Equador, conservando as altas temperaturas do globo, e a proximidade com o anticiclone Atlântico, área fria, que impede a formação de nuvens, mesmo com grande aporte de temperatura e

umidade, são responsáveis pelas irregularidades espaço-temporais das precipitações pluviométricas, características da semiaridez que predomina no estado do Ceará.

As classificações climáticas relacionadas ao estado do Ceará foram baseadas em estudos dos seguintes autores: Köppen (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007) e Gaussen (BAGNOULS-GAUSSSEN, 1962). Köppen utilizou como critérios para a elaboração de sua classificação a precipitação e a temperatura. Gaussen, além desses dois critérios, utilizou a umidade atmosférica, incluindo orvalho e nevoeiro, determinando os índices xerotérmicos e correlacionando-as com as grandes unidades de vegetação (regiões bioclimáticas).

De acordo com a classificação de Köppen (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007) aplicada ao estado do Ceará, pode-se definir os seguintes tipos climáticos:

- **Climas Quentes** - são controlados por massas de ar equatorial e tropical, possuindo no mês mais frio uma temperatura média superior a 18°C. Correspondendo ao **tipo A**, podem ser divididos em dois subtipos:
  - ✓ Equatorial - a variação anual da temperatura é muito pequena e apresenta alto índice pluviométrico;
  - ✓ Tropical - variação térmica anual mais acentuada, com uma estação chuvosa e outra seca.
  
- **Climas Áridos** - decorrentes da formação de zonas de alta pressão sobre os continentes, em consequência da ação dos anticiclones subtropicais, caracterizam-se pela escassez pluviométrica e grandes amplitudes térmicas. Encontram-se nas baixas e médias latitudes (tanto ao norte como ao sul), correspondendo aos climas do **tipo B**. Com os subtipos climáticos:
  - ✓ Aw' – clima tropical chuvoso, com estação seca se atrasando para o outono = Região Litorânea;
  - ✓ Amw'- clima tropical chuvoso de monção, com estação chuvosa se atrasando para o outono = Região das Serras Úmidas;
  - ✓ BSw'h'- clima quente e semiárido, com estação chuvosa se atrasando para o outono e temperatura superior a 18°C no mês mais frio = Região do Sertão.

A Classificação de Gaussen (BAGNOULS-GAUSSSEN, 1962) estabelece para o Ceará quatro principais tipos climáticos:

- Na Região do Sertão, predomina a **tipologia 4aTh** – clima tropical quente de seca acentuada (seca de inverno), com índice xerotérmico de 150 a 200, apresentando de 7 a 8 meses secos.

- Na Região Litorânea, bordas das serras úmidas e nos planaltos sedimentares, sendo no sul do Planalto Sedimentar da Ibiapaba e norte da Chapada do Araripe, predomina a **tipologia 4bTh** - clima tropical quente de seca média (seca de inverno), com índice xerotérmico de 100 a 150, apresentando de 5 a 6 meses secos.
- Na Região de encosta da Serra de Baturité e partes mais altas dos planaltos sedimentares, sendo Planalto Sedimentar da Ibiapaba e Chapada do Araripe, predomina a **tipologia 4cTh** - clima tropical quente de seca atenuada (seca de inverno), com índice xerotérmico de 40 a 100, apresentando de 3 a 4 meses secos.
- Nas áreas mais elevadas da Serra de Baturité, predomina a **tipologia 6b** – clima Peri-tropical de seca de inverno, com temperatura média do mês mais frio entre 15°C a 20°C, com índice xerotérmico 0, não apresentando meses secos.

De acordo com o que foi abordado acima, percebe-se que a área em estudo se enquadra nos tipos climáticos BSw' e 4ath, conforme a classificação de Köppen e Gaussen, respectivamente: clima quente e semiárido, de seca acentuada, entre 7 a 8 meses de deficiência hídrica, manifestando-se sazonalmente no segundo semestre (seca de inverno).

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerou-se neste estudo, uma caracterização climática com base nos parâmetros referentes a precipitação e a temperatura, dado a indisponibilidade de informações sobre os demais elementos climáticos.

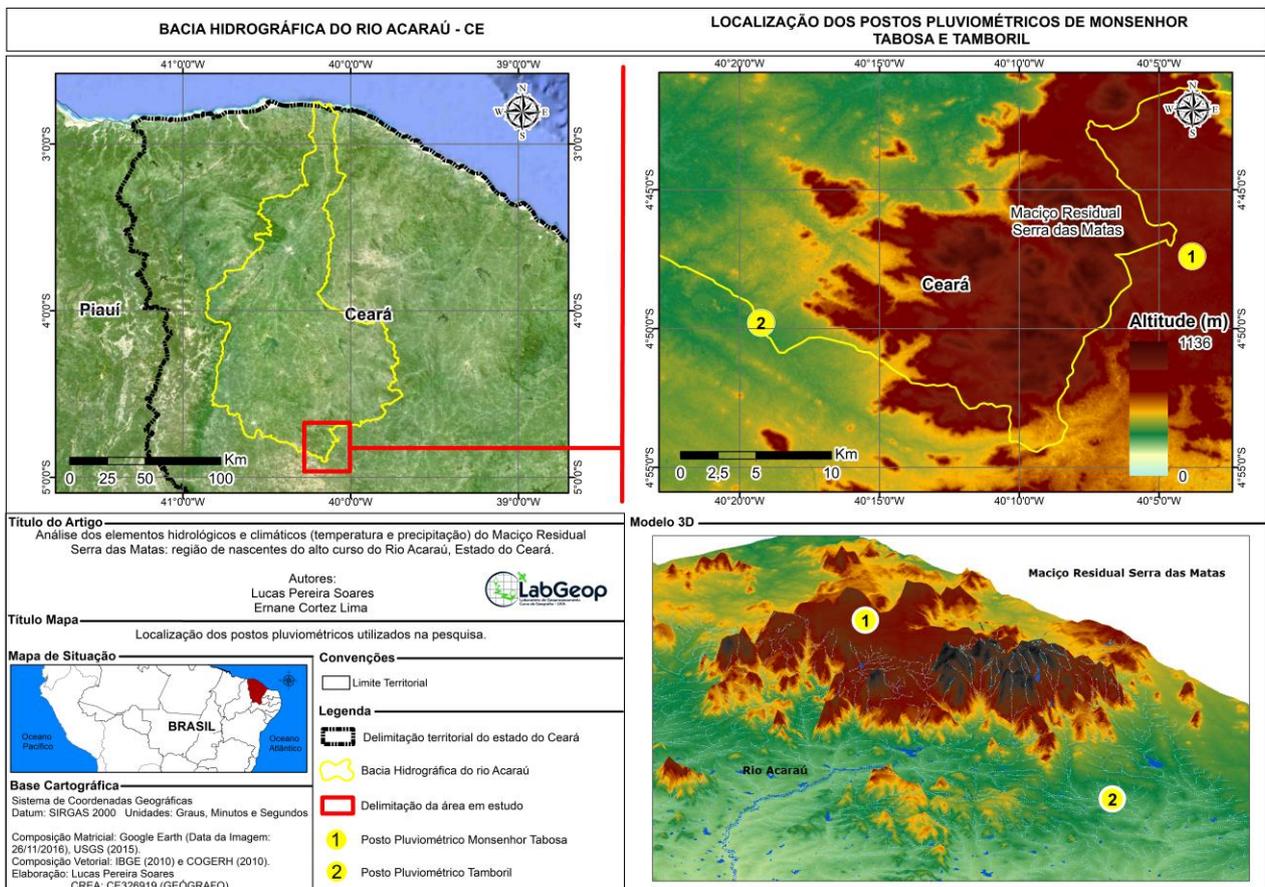
Inicialmente foi realizado uma consulta a localização dos postos pluviométricos da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME, observando-se dessa forma, que para a região em estudo, aqueles postos localizados nas cidades-sede de Monsenhor Tabosa e Tamboril, apresentavam uma melhor série de dados, bem como estão inseridos na área da pesquisa, como indicado pela Figura 2.

Logo, foi realizada uma tabulação e tratamento dos dados de pluviosidade adquiridos junto ao posto Monsenhor Tabosa e posto Tamboril para o período estabelecido entre 1981 e 2010.

A temperatura foi estimada com o auxílio do programa computacional Celina 1.0 – Estimativa de temperaturas para o estado do Ceará, desenvolvido por Costa (2007), que utiliza dados como altitude, longitude e latitude para estimar as temperaturas.

O Balanço Hídrico foi realizado com base em um programa de Balanço Hídrico Normal por Thornthwaite e Mather (1955), elaborado por Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998).

As análises em torno dos recursos hídricos puderam ser desenvolvidas por mapeamentos oriundos de imagens orbitais e de radar, respectivamente disponibilizadas pelos instrumentos disponíveis nos satélites da geração LANDSAT, coletados junto ao *Google Earth Pro*, bem como a partir do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), sendo *SRTM 1arc Elevation data*, adquirido junto a USGS (*United States Geological Survey*), e pelo uso de cartas topográficas oriundas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG).

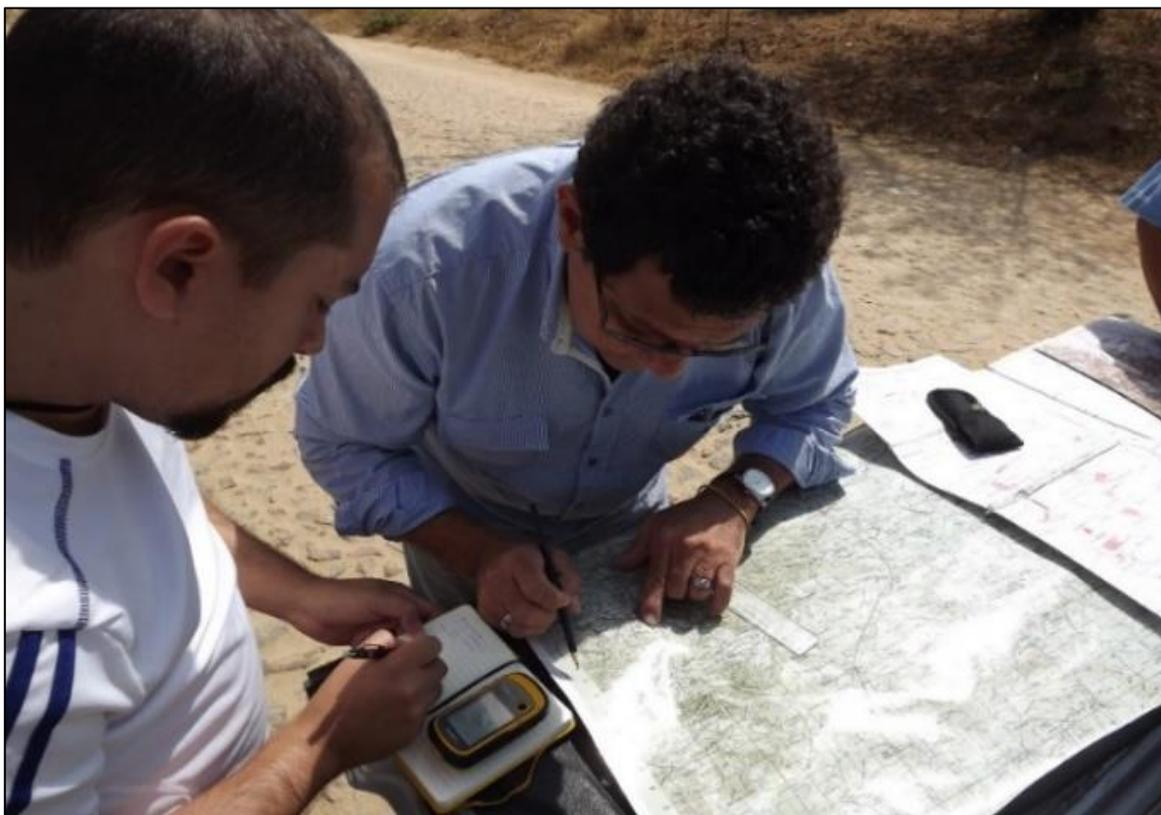


**Figura 2 -** Localização dos postos pluviométricos utilizados na pesquisa.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

A correlação das informações oriundas de dados espectrais foi possível a partir de trabalhos em campo, dessa forma, validando as informações geradas a partir dos mapeamentos desenvolvidos, como observado na Figura 3.

O relatório final, sendo este artigo, será incorporado as ações que almejam o desenvolvimento do Projeto de Revitalização das Nascentes do Rio Acaraú, coordenado pelo Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Acaraú.



**Figura 3** - Validação de pontos de controle estabelecidos no mapeamento em laboratório.

**Fonte:** Autores.

#### **4. ANÁLISE DOS PARÂMETROS CLIMÁTICOS: TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO**

Através de demonstração dos Gráficos 1 e 2, respectivamente, é possível perceber que nos municípios de Monsenhor Tabosa e Tamboril as variações térmicas são reduzidas.

A análise dos Gráficos 1 e 2 demonstram a ocorrência de duas estações: uma chuvosa, correspondente ao período de verão-outono, e outra seca, relacionada ao período inverno-primavera.

Em Monsenhor Tabosa, os valores de temperatura média entre os meses de fevereiro a agosto não superam os 22,8°C, concentrando menor valor no mês de julho, quando observa-se valores de 21,8°C de temperatura. Entre setembro e janeiro as temperaturas não superam 23,8°C observados no mês de dezembro. Vale ressaltar que estas temperaturas são condicionadas pela altitude em que se encontra a cidade, por volta de 650m.

Constata-se que o regime térmico possui um maior grau de uniformidade, sendo em Monsenhor Tabosa o menor valor de temperatura média é 21,8°C no mês de julho e com as maiores temperaturas médias de 23,8°C no mês de dezembro. Assim, o padrão médio indica amplitudes térmicas anuais em 2°C.

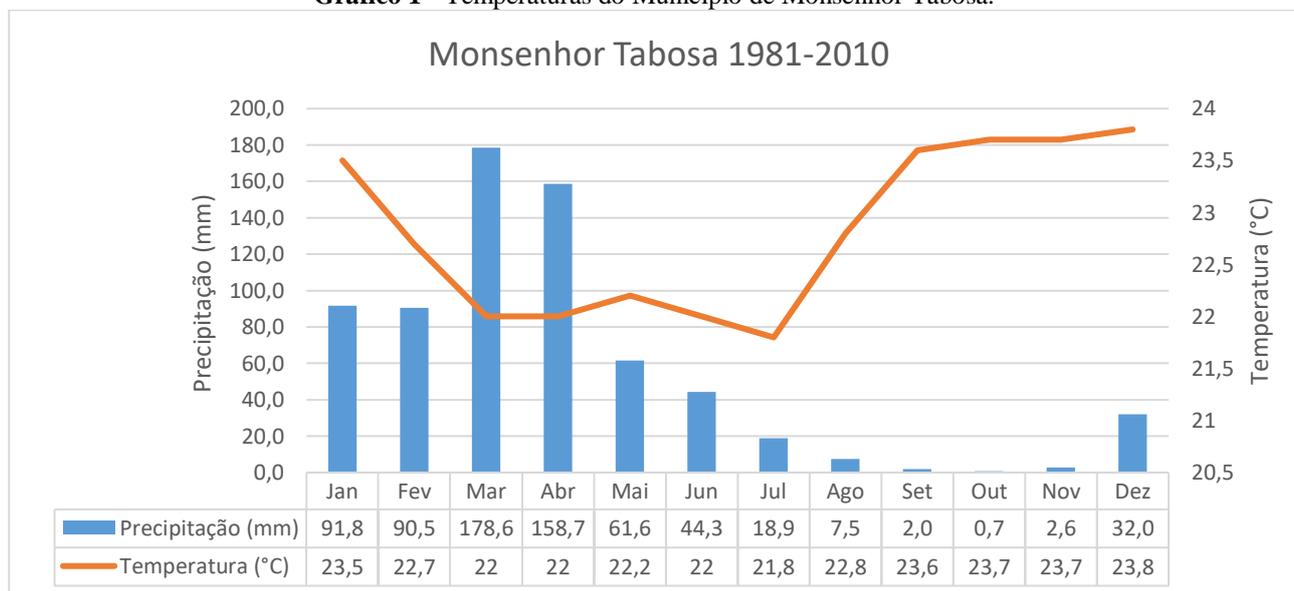
O Gráfico 1 indica que o regime de precipitação pluviométrica de Monsenhor Tabosa distribui-se através de uma estação chuvosa de menor duração, iniciando em janeiro indo até abril,

com máximas superiores a 80mm nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, apresentando maior pico no mês de março, com 178,6mm.

No entanto, os meses que apresentam o menor índice pluviométrico são agosto, setembro, outubro, novembro, quando as chuvas não superam 10mm, ocorrendo uma diminuição bastante acentuada no mês de outubro, com a mínima de 0,7mm.

Com relação à média anual de precipitação, o Município de Monsenhor Tabosa, apresenta média de 689,1mm, em que, condicionada pela altitude, há a incidência de chuvas orográficas.

**Gráfico 1** - Temperaturas do Município de Monsenhor Tabosa.



**Fonte:** FUNCEME (2018), elaborado pelos autores.

Na sede do Município de Tamboril, que se localiza na Depressão Sertaneja, observa-se que as temperaturas entre março e julho não superam a média de 25°C, enquanto no período de agosto a fevereiro as médias atingem valores superiores a 26°C.

As menores temperaturas médias são de 24,4°C nos meses de março e abril, com as maiores médias no mês de novembro quando tem-se 26,5°C. Portanto, a partir da distribuição média anual, a amplitude térmica é cerca de 2°C.

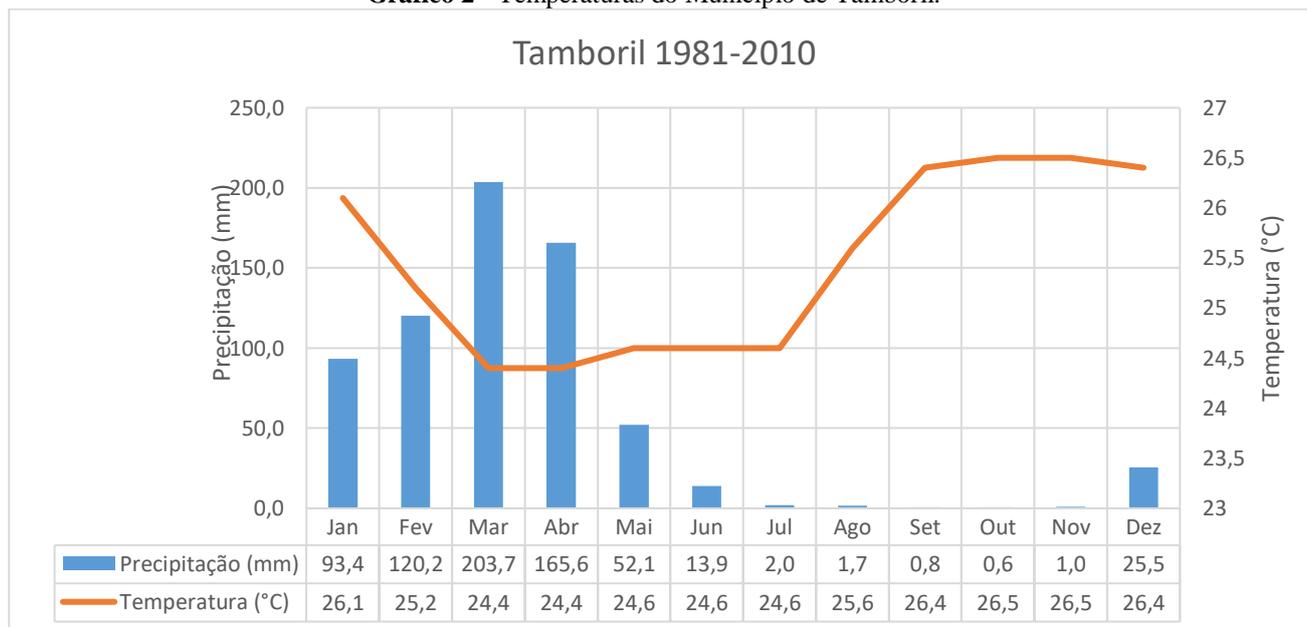
Em Tamboril, existe uma estação chuvosa com menor duração, tendo início em janeiro, indo até abril, com máximas superiores a 80mm, com maior pico no mês de março, alcançando 203,7mm.

De maio a novembro, verifica-se um decréscimo sensível nas precipitações, ocorrendo nos meses de julho, agosto, setembro, outubro e novembro valores inferiores a 10mm, ocorrendo o menor índice pluviométrico no mês de outubro 0,6mm, justificando, portanto, a média anual de precipitação que é 680,7mm.

Através da análise dos dados pluviométricos das médias mensais, de 30 anos, entre 1981 e 2010, para o Município de Monsenhor Tabosa e Tamboril, percebe-se a acentuada variação de chuvas, tanto em termos espaciais como temporais.

Apesar de ambos os postos, em Monsenhor Tabosa e Tamboril, estarem localizados a barlavento, devido a sua localização na porção mais elevada, no Platô da Serra das Matas, as maiores chuvas são evidenciadas no posto localizado no município de Monsenhor Tabosa, visto que o posto de Tamboril, encontra-se já na Depressão Sertaneja, em área caracterizada por terreno de menor altitude.

**Gráfico 2 -** Temperaturas do Município de Tamboril.



**Fonte:** FUNCEME (2018), elaborado pelos autores.

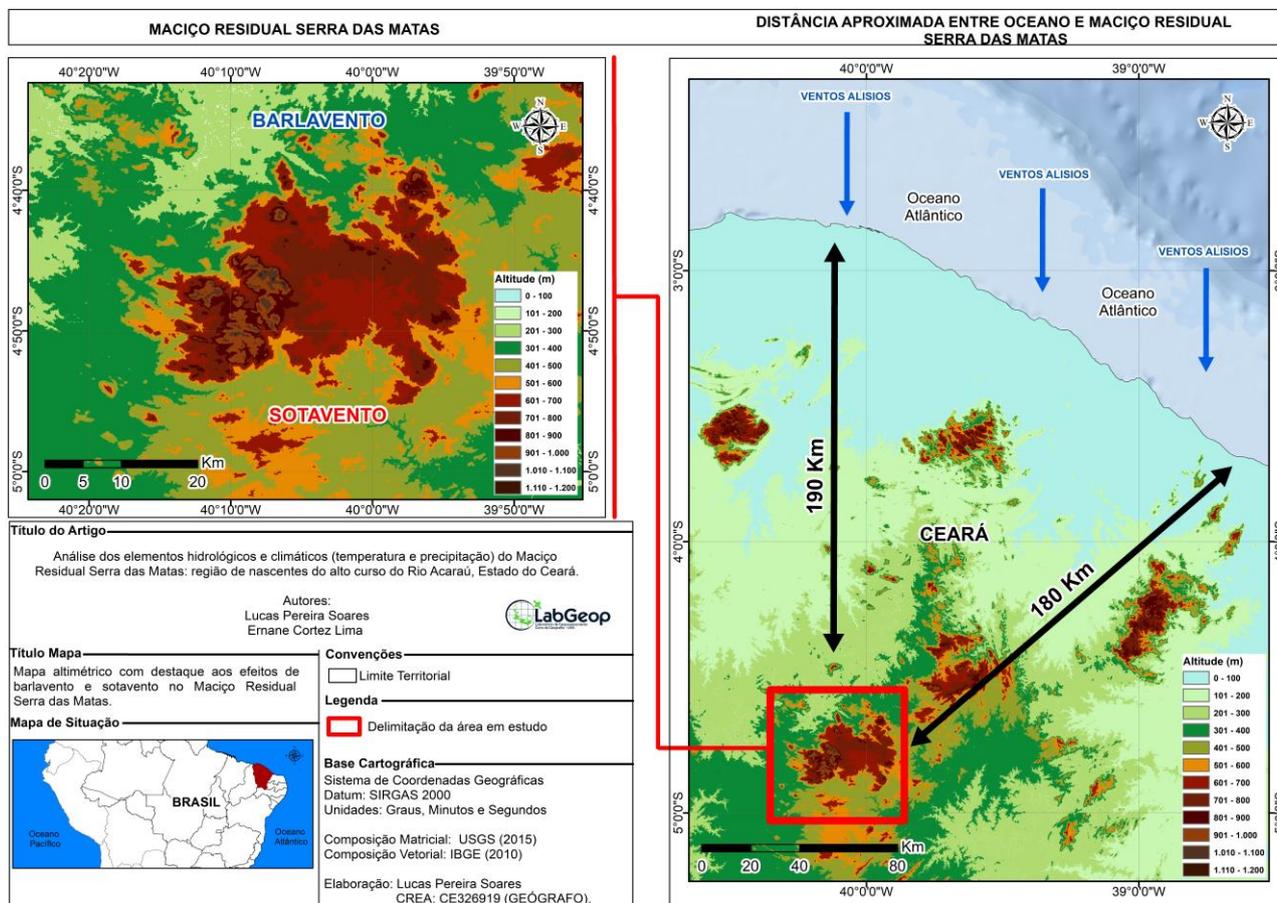
Constata-se que as porções noroeste e sudoeste da área da pesquisa são locais que apresentam maiores altitudes, superando os 900m (áreas a barlavento). Já para os setores nordeste, sudeste e área central do maciço, as médias altimétricas são mais reduzidas, predominando altitudes entre 600m e 800m, como observado na Figura 3.

Em todos os casos predominam os processos da semiaridez, porém o maciço recebe aporte de precipitação o que lhe confere sob circunstâncias favoráveis chuvas orográficas em alguns trechos, principalmente em toda a sua porção norte e noroeste (quando as altitudes são maiores), o que favorece o desenvolvimento de áreas mais úmidas nestes setores.

Vale ressaltar que a continentalidade (Figura 3) é um fator climático que “limita” a quantidade de chuvas no Maciço Residual Serra das Matas, ou seja, a pluviosidade diminui quando as nuvens ultrapassam o litoral e vão em direção ao interior do continente.

No que tange a dinâmica climática, tem-se a seguinte configuração da circulação atmosférica regional para Monsenhor Tabosa e Tamboril, conforme Soares (2015): Em dezembro e janeiro há

domínio dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), de fevereiro a maio há domínio da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), entre julho e junho predomina ação das Ondas de Leste (OL), dominando a massa Equatorial atlântica (mEa) entre agosto e novembro.



**Figura 03** - Mapa altimétrico com destaque aos efeitos de barlavento e sotavento no Maciço Residual Serra das Matas.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

#### 4.1. Análise do Balanço Hídrico

O balanço hídrico consiste no confronto entre as necessidades hídricas das plantas e a quantidade de chuva de uma determinada área, representando, portanto, a contabilidade de entrada e saída de água no solo.

Para a avaliação da disponibilidade hídrica do alto curso do Rio Acaraú, foi efetuado o balanço hídrico dos municípios de Monsenhor Tabosa e Tamboril, ambos parcialmente inseridos na área em estudo. Como informado anteriormente, utilizou-se o programa Balanço Hídrico - Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), com base em Thornthwaite e Mather (1955).

O Programa em questão utiliza os valores de temperatura do ar ( $T^{\circ}\text{C}$ ) e a precipitação pluviométrica (Pmm). Com base nesses valores, se estima a quantidade de água consumida através do processo de evapotranspiração em milímetros (ETP); a água no solo é contabilizada enunciando os períodos de seca (DEF) e também os períodos de excesso hídrico (EXC). O conceito de balanço

hídrico propõe o solo como um reservatório fixo, onde a água armazenada, até o máximo da capacidade de campo, só será removida através das plantas.

O balanço hídrico, além da evapotranspiração potencial, permite estimar a evapotranspiração – Eto, armazenamento de água pelo solo – ARM, variação do armazenamento – ALT, estimativa da evapotranspiração real – ETR, excedente hídrico – EXC, deficiência hídrica – DEF. Pode-se aferir para a área da pesquisa a seguinte análise:

#### *Análise do Balanço Hídrico do Município de Monsenhor Tabosa*

Em Monsenhor Tabosa, os valores significativos de precipitação ocorrem de janeiro a abril. No entanto, em janeiro, as precipitações de 91,8mm são inferiores ao potencial de evapotranspiração, que é de 104,3mm, com conseqüente déficit de água no solo. Em fevereiro, a curva de precipitação começa a ultrapassar a da evapotranspiração potencial, porém sendo suficiente apenas para suprir a necessidade das plantas, ver Tabela 1, Gráficos 3 e 4.

Em março, apesar dos valores precipitados em 178,6mm, superiores a abril com 158,7mm, não houve excedente hídrico, dado pelo processo de evapotranspiração, que é maior em março, com 86,16mm, e menor em abril, quando atinge 82,48mm, assim, apenas em abril é observado excedente hídrico de 49,8mm.

A partir do mês de maio, há um decréscimo das precipitações e o balanço hídrico sofre uma alteração, ou seja, torna negativa a precipitação efetiva, que é de -24,9mm. Inicia-se a estação de deficiência de água, que irá se estender até janeiro, perfazendo um déficit anual de 425,9mm, em média.

A estação de precipitação efetiva negativa P-ETo inicia em maio e se estende até janeiro. Por existir estoque de água nos solos ao início desta estação, o referido mês (maio) não possui déficit hídrico, embora não seja caracterizado por excesso. Apesar das reservas hídricas do solo esgotarem-se em setembro, a partir de junho e julho, os déficits de água para as plantas são significativos, provocados pela drástica redução das precipitações pluviométricas.

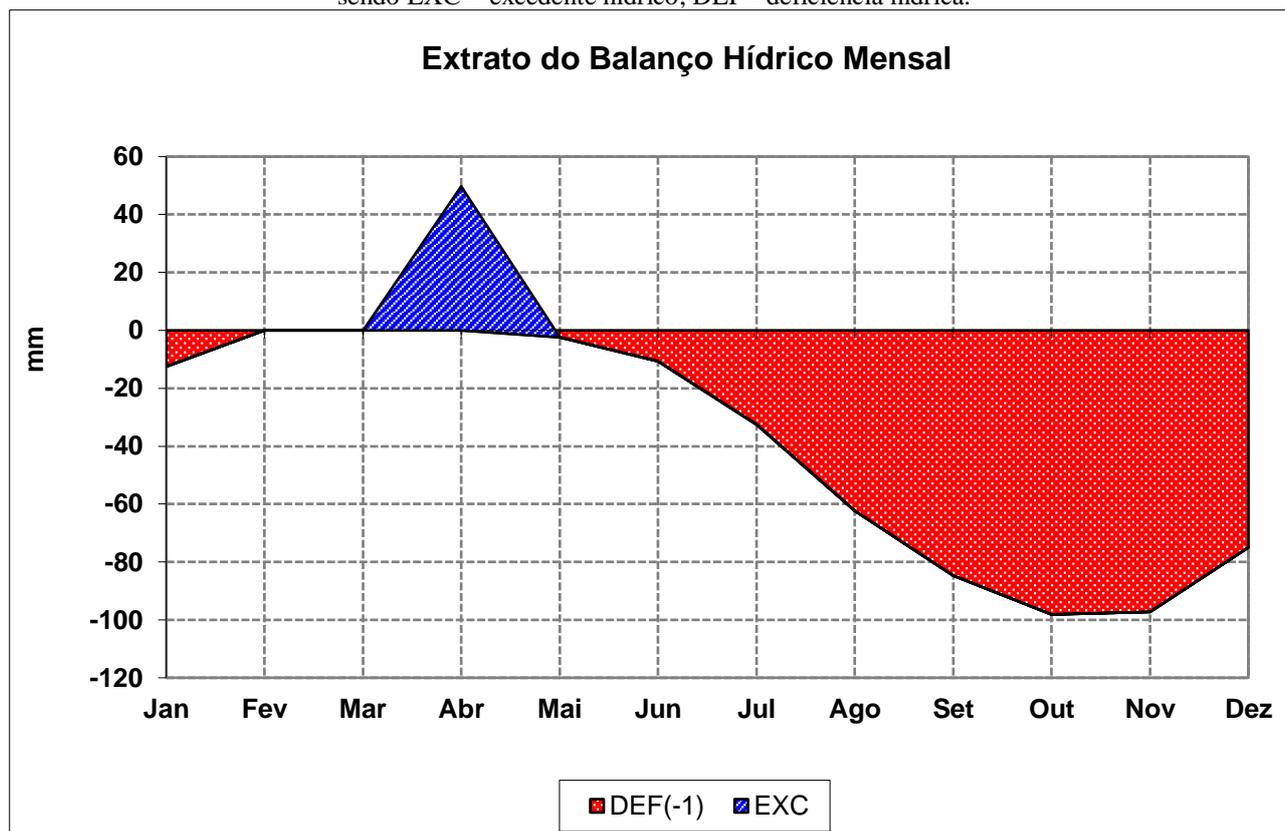
Conforme o constatado, considera-se que Monsenhor Tabosa apresenta uma longa estação seca, com 8 (oito) meses, de junho a janeiro, de elevado déficit hídrico, com 425,9mm.

**Tabela 1** - Balanço hídrico do município posto Monsenhor Tabosa - CE.

<b>BALANÇO HÍDRICO DE MONSENHOR TABOSA</b>									
Lat. 4°47' S Long. 40°03' W									
Capacidade de Armazenamento do Solo (CAD): 125 mm									
Decêndios	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	oC	mm	Thornthwaite 1948	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	23,5	91,8	104,33	-12,6	1,03	-0,11	91,9	12,5	0,0
Fev	22,7	90,5	85,38	5,2	6,19	5,15	85,4	0,0	0,0
Mar	22,0	178,6	86,16	92,4	98,58	92,39	86,2	0,0	0,0
Abr	22,0	158,7	82,48	76,2	125,00	26,42	82,5	0,0	49,8
Mai	22,2	61,6	86,48	-24,9	102,45	-22,55	84,2	2,3	0,0
Jun	22,0	44,3	81,10	-36,8	76,32	-26,13	70,4	10,7	0,0
Jul	21,8	18,9	81,68	-62,8	46,19	-30,13	49,0	32,6	0,0
Ago	22,8	7,5	92,66	-85,2	23,36	-22,83	30,3	62,4	0,0
Set	23,6	2,0	99,33	-97,4	10,72	-12,64	14,6	84,7	0,0
Out	23,7	0,7	104,91	-104,2	4,66	-6,06	6,8	98,1	0,0
Nov	23,7	2,6	102,54	-99,9	2,09	-2,56	5,2	97,3	0,0
Dez	23,8	32,0	107,86	-75,9	1,14	-0,95	32,9	75,0	0,0
<b>TOTAIS</b>	<b>273,8</b>	<b>689,1</b>	<b>1114,93</b>	<b>-425,9</b>	<b>498</b>	<b>0,00</b>	<b>639,3</b>	<b>475,6</b>	<b>49,8</b>

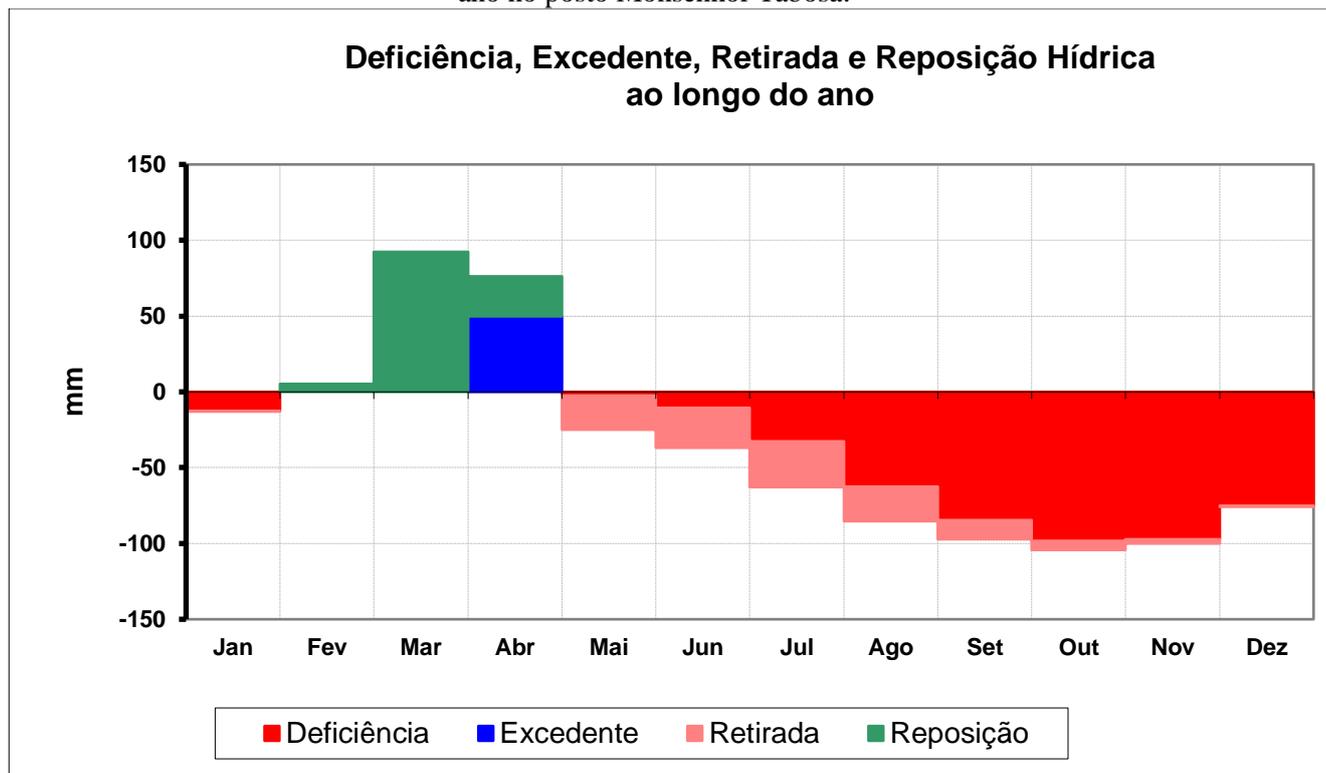
Significado dos símbolos: T - temperatura (°C); P - precipitação (mm); ETP - evapotranspiração; P-ETP – diferença entre precipitação (P) e evapotranspiração (ETP); ARM - armazenamento de água pelo solo; ALT - variação do armazenamento; ETR - estimativa da evapotranspiração real; DEF - deficiência hídrica; EXC - excedente hídrico.

Fonte: Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), Costa (2007) e FUNCEME (2018).

**Gráfico 3** - Extrato do balanço hídrico mensal do posto Monsenhor Tabosa, sendo EXC - excedente hídrico; DEF - deficiência hídrica.

Fonte: Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), Costa (2007) e FUNCEME (2018).

**Gráfico 4 - Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano no posto Monsenhor Tabosa.**



Fonte: Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), Costa (2007) e FUNCEME (2018).

#### *Análise do Balanço Hídrico do Município de Tamboril*

Em Tamboril, as precipitações apresentam índices mais elevados de janeiro a maio. Contudo, observa-se que em janeiro as precipitações de 93,4 mm são inferiores ao potencial de evapotranspiração, que é de 104,19mm, resultando em déficit de água no solo. No mês de fevereiro, ver Gráfico 05, a curva de precipitação ultrapassa a de evapotranspiração potencial, bastante apenas para suprir a necessidade das plantas. Em março, o índice pluviométrico foi de 203,7mm, mas não houve excedente hídrico, apenas em abril, com um índice pluviométrico de 165,6mm, ocorreu um excedente hídrico de 49,9mm.

A partir do mês de maio, conforme Tabela 02, há um decréscimo das precipitações e o balanço hídrico sofre alteração, torna negativa a precipitação efetiva com -24,9mm, dando início a estação de deficiência hídrica, que se estende até janeiro, perfazendo um déficit de 425,8mm, em média.

Percebe-se que o déficit hídrico inicia-se logo no mês de maio, com 2,3mm, demonstrando baixíssimo estoque de água devido aos índices acentuados da evapotranspiração potencial ETo (ver Gráfico 6).

A estação seca de Tamboril é de 9 (nove) meses, de maio a janeiro, e profundamente deficitária em água, cerca de -425,8mm em média.

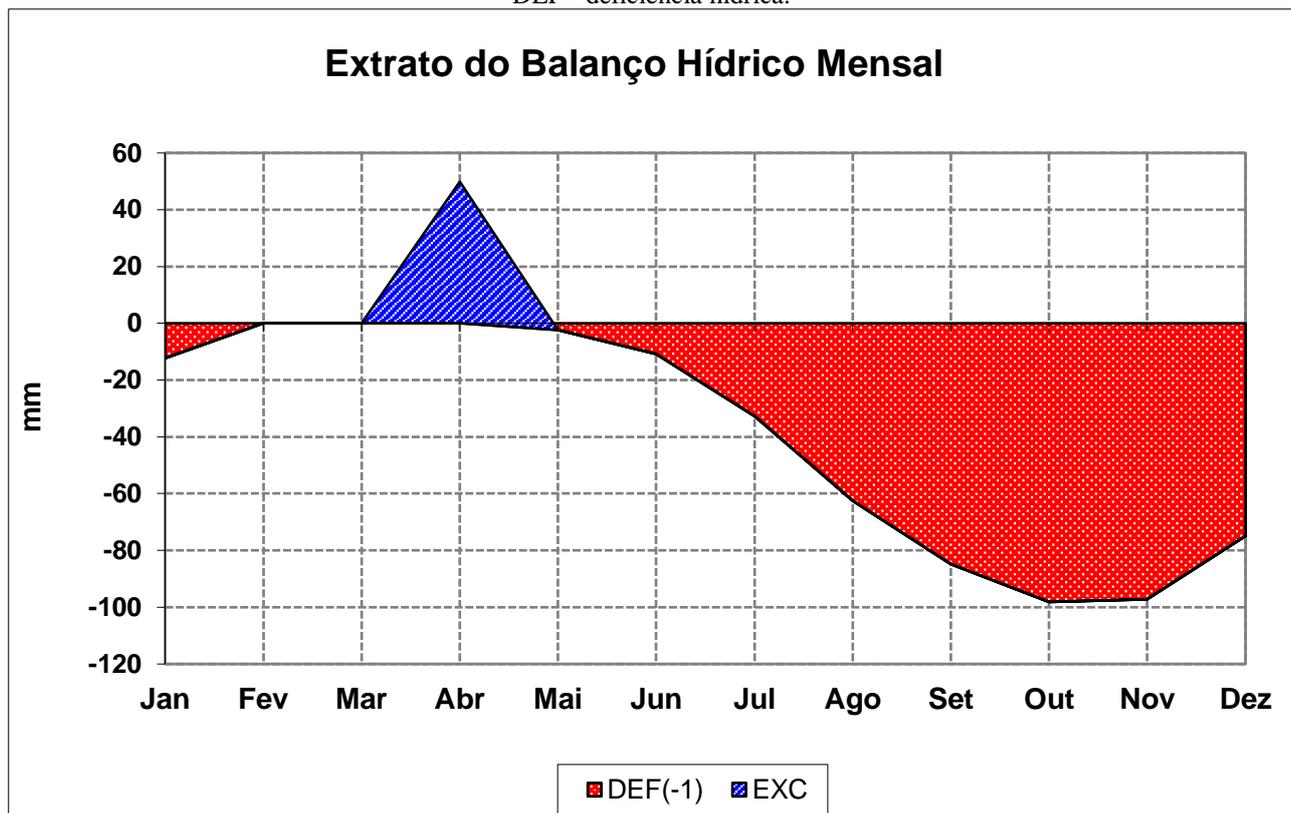
**Tabela 2 - Balanço hídrico do posto Tamboril - CE.**

BALANÇO HÍDRICO DE TAMBORIL									
Lat. 4°49' S Long. 40°19' W									
Capacidade de Armazenamento do Solo (CAD): 125 mm									
Decêndios	T	P	ETP	P-ETP	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
	oC	mm	Thornthwaite 1948	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	23,5	91,8	104,19	-12,4	1,03	-0,11	91,9	12,3	0,0
Fev	22,7	90,5	85,30	5,2	6,27	5,24	85,3	0,0	0,0
Mar	22,0	178,6	86,12	92,4	98,71	92,43	86,1	0,0	0,0
Abr	22,0	158,7	82,50	76,2	125,00	26,29	82,5	0,0	49,9
Mai	22,2	61,6	86,56	-24,9	102,39	-22,61	84,2	2,3	0,0
Jun	22,0	44,3	81,21	-36,9	76,21	-26,18	70,5	10,7	0,0
Jul	21,8	18,9	81,79	-62,9	46,08	-30,13	49,0	32,8	0,0
Ago	22,8	7,5	92,75	-85,3	23,29	-22,79	30,2	62,5	0,0
Set	23,6	2,0	99,38	-97,4	10,68	-12,61	14,6	84,8	0,0
Out	23,7	0,7	104,89	-104,2	4,64	-6,04	6,8	98,1	0,0
Nov	23,7	2,6	102,45	-99,8	2,09	-2,55	5,2	97,3	0,0
Dez	23,8	32,0	107,73	-75,8	1,14	-0,95	32,9	74,8	0,0
<b>TOTAIS</b>	<b>273,8</b>	<b>689,1</b>	<b>1114,87</b>	<b>-425,8</b>	<b>498</b>	<b>0,00</b>	<b>639,2</b>	<b>475,7</b>	<b>49,9</b>

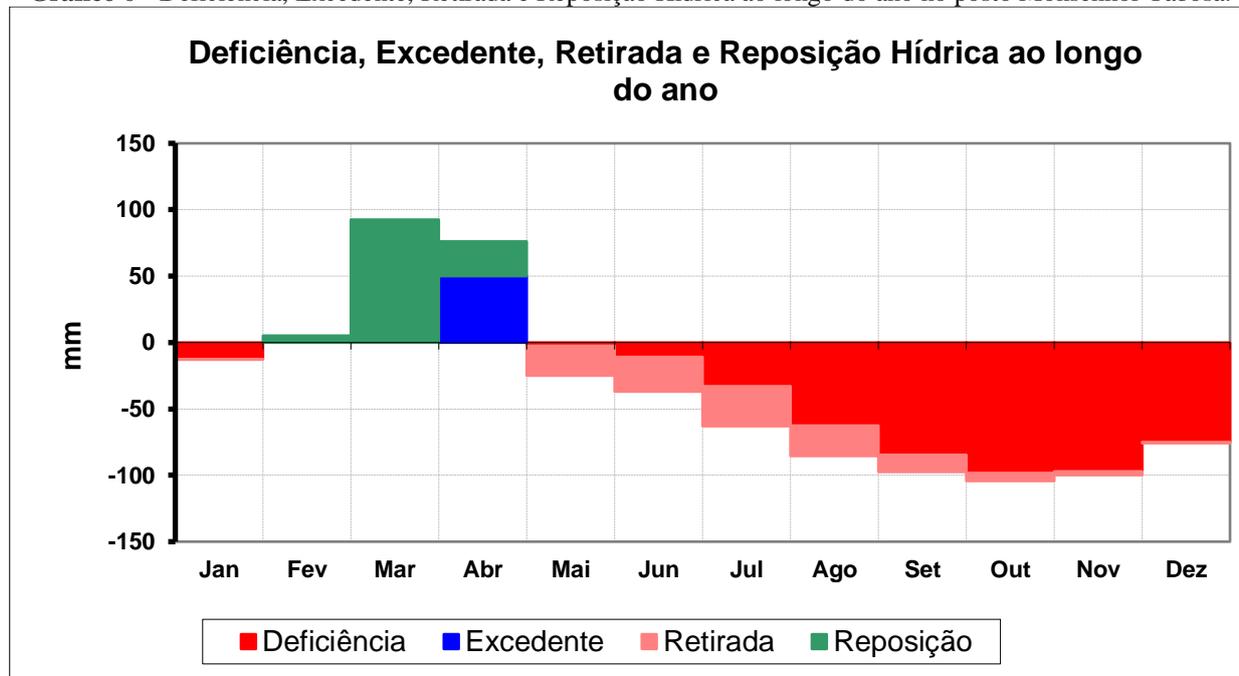
Significado dos símbolos: T - temperatura (°C); P - precipitação (mm); ETP - evapotranspiração; P-ETP – diferença entre precipitação (P) e evapotranspiração (ETP); ARM - armazenamento de água pelo solo; ALT - variação do armazenamento; ETR - estimativa da evapotranspiração real; DEF - deficiência hídrica; EXC - excedente hídrico.

Fonte: Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), Costa (2007) e FUNCEME (2018).

Gráfico 5 - Extrato do balanço hídrico mensal do posto Tamboril, sendo EXC - excedente hídrico; DEF - deficiência hídrica.



Fonte: Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), Costa (2007) e FUNCEME (2018).

**Gráfico 6 - Deficiência, Excedente, Retirada e Reposição Hídrica ao longo do ano no posto Monsenhor Tabosa.**

Fonte: Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), Costa (2007) e FUNCEME (2018).

## 5. O CLIMA E SUA RELAÇÃO COM OS RECURSOS HÍDRICOS

A existência de águas superficiais na área em estudo, no que tange as nascentes do Rio Acaraú, estão na dependência exclusiva dos efeitos pluviométricos. Mesmo nos setores mais elevados, de maior umidade, no caso representadas pelo Platô Setentrional, e em alguns serrotes, os efeitos da semiaridez são bastante pronunciados, condicionando os cursos d'água existentes a um regime temporário.

Por se localizar mais para o interior do continente, esse compartimento de relevo não apresenta características de outros maciços residuais mais próximos à costa, ou seja, ambientes de “brejos” de cimeira.

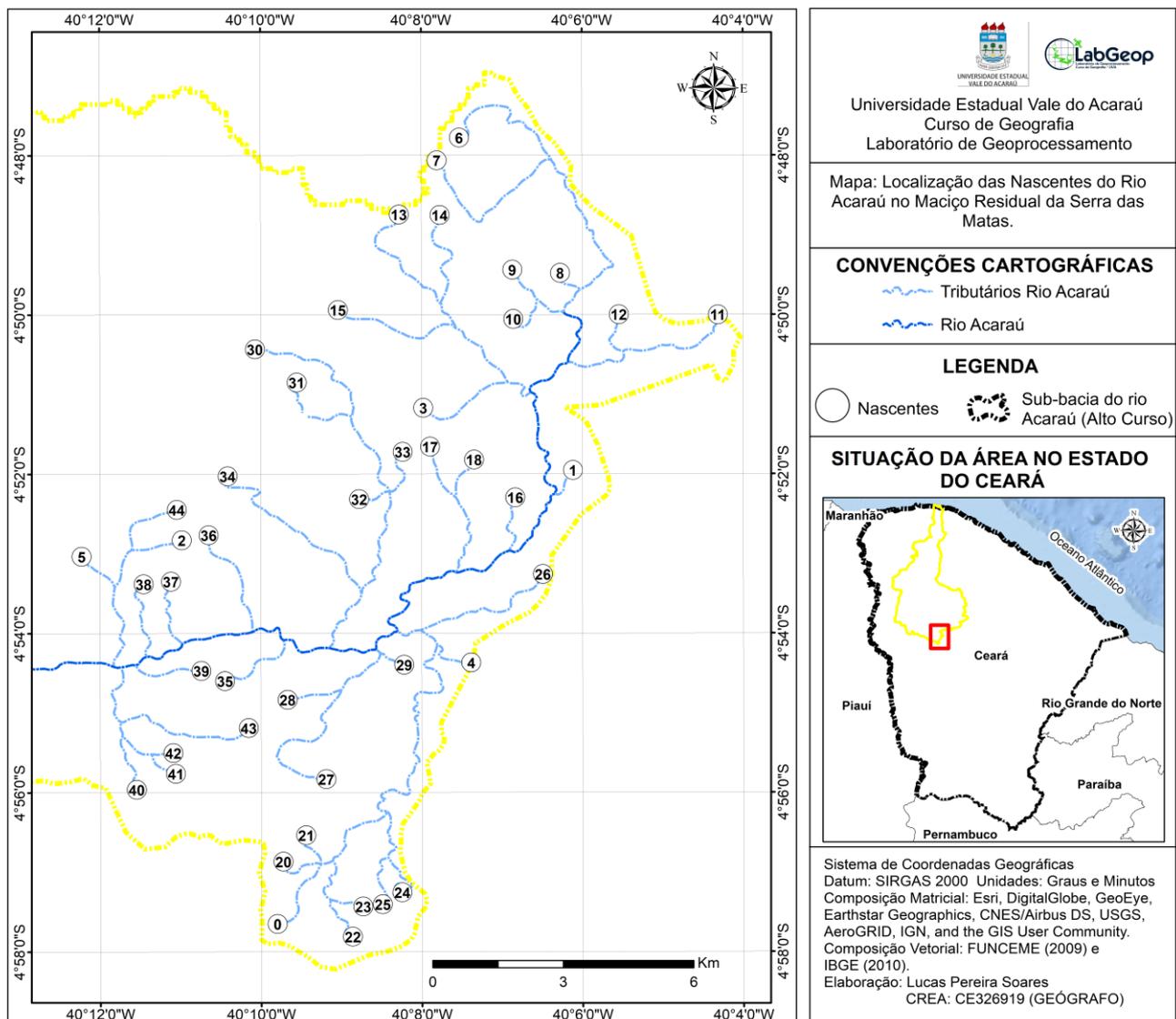
Foi constatada a existência de apenas duas barragens no Rio Acaraú, uma no Platô Setentrional, na localidade de Baixa Fria, e outra no riacho Mulungu, já na parte do Alto Vale do Rio Acaraú, ambas sem terem o aproveitamento de água no período seco desejado, a primeira barragem, por não apresentar condições para o consumo, e a segunda, por não sustentar o volume de água coletado, segundo informações de moradores residentes no local.

A água para o consumo da população serrana é proveniente de pequenas cacimbas construídas nos leitos do Rio Acaraú e dos riachos existentes. Vale ressaltar que estes cursos d'água passam a maior parte do ano sem tal recurso, dado pela influência da semiaridez, constituindo tensor de destaque para o regime temporário destes.

Na Vertente Setentrional do Alto Acaraú e Alto Vale do Rio Acaraú - o rigor das condições climáticas semiáridas é caracterizado pela irregularidade das precipitações que se concentram em apenas quatro meses ao ano, com o restante apresentando deficiência hídrica bastante expressiva.

Constata-se nessa área a existência de três açudes, sendo dois pequenos e um grande, nas seguintes localidades: Sítio do Sousa, Fazenda Cacimba dos Moços e Fazenda Monte Alegre. Não foi constatado nenhum projeto de irrigação.

A drenagem é dendrítica, apresentando nessa área de 142,63 Km<sup>2</sup>, onde se realiza a pesquisa, um total de 44 Rios, sendo um principal (o Rio Acaraú) e os demais pequenos tributários nascentes deste (Figura 5).



**Figura 5 -** Localização e principais nascentes no alto curso do Rio Acaraú.

Fonte: elaborado pelos autores.

## 5.1. Os Recursos Hídricos Subterrâneos

As águas subterrâneas na área em estudo apresentam baixas condições potenciais devido ao substrato rochoso com primazia de rochas cristalinas.

Segundo a CEARÁ (1991), a tendência hidrogeológica do Complexo Geológico Nordeste, é geralmente fraca, um eventual aproveitamento fica restrito a setores diaclasados. Existe, portanto, ausência de exutórios de águas subterrâneas como fonte de restituição aos Rios. A falta desses exutórios, aliada à deficiência de alimentação hídrica, levam à escassez desses recursos com a finalidade de exploração. Contudo, nas planícies alveolares recobertas por sedimentos colúvio-aluviais, existem maiores possibilidades de aproveitamento das reservas sub-superficiais.

Vale ressaltar que a característica dos terrenos é de impermeabilidade em sua maioria, ocorrendo, por consequência, solos rasos, relevos moderadamente dissecados e vegetação de caatinga arbustiva esparsa.

Todos os afluentes (nascentes do Rio Acaraú) apresentam regime sazonal, ou seja, possuem fluxo hídrico apenas nos meses de chuvas.

## 5.2. Aquíferos Aluvionares

O aquífero aluvião possui uma constituição litológica de sedimentos recentes representados por areias finas e grosseiras, ocasionalmente conglomerativas, argilas, siltes, e matéria orgânica (CASSETI, 2005). Esse tipo de aquífero, próprio das planícies fluviais, é facilmente encontrado em material de substrato cristalino por conta da expressividade da rede de drenagem.

No alto curso do Rio Acaraú, particularmente na área em estudo (nascentes do Rio Acaraú), esta unidade aquífera apresenta largura variada, mas pequenas dimensões.

Vale ressaltar pesquisa elaborada por Souza (1981), como parâmetro para os aquíferos do alto curso na região do Acaraú, os seguintes pontos:

- a alimentação é eminentemente de caráter pluvial, ou através do escoamento fluvial;
- devido à natureza dos terrenos (rochas pouco porosas) a alimentação é insignificante;
- em rochas do embasamento cristalino as possibilidades estão ligadas aos aquíferos fraturados;
- pelas propriedades morfodinâmicas serem submetidas a processos gerados por um clima semiárido, não há meios de desenvolvimento de zonas expressivas para armazenamento de água subterrânea;
- o escoamento superficial supera a capacidade de infiltração;
- a alimentação dos lençóis só ocorre quando há uma coincidência das fraturas ou falhas com o encaixamento fluvial;

O Rio Acaraú possui grande parte do alto curso adaptado a extenso falhamento, resultando na alimentação dos aquíferos fraturados, que é diretamente condicionada pelos eixos de drenagem superficial, e em consequência disso, o fluxo das águas está orientado pelas direções tectônicas. Assim, o preenchimento das diaclases e falhas por material detrítico mobilizado e depositado pelos processos resultantes do escoamento superficial dificulta a circulação e contribui para afetar a qualidade da água.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa realizada, e resultante deste artigo, podem ser estabelecidas as seguintes considerações:

Os municípios de Monsenhor Tabosa e Tamboril possuem reduzida variação térmica durante o ano, com maiores valores de temperatura média durante o segundo semestre, na primavera-verão. As precipitações acontecem, principalmente, entre verão-outono, com o período outono-inverno concentrando menores valores térmicos, o que permite uma amplitude em torno dos 2°C, no que tange aos padrões médios.

Assim, há ocorrência de duas estações bem definidas, sendo: uma chuvosa, correspondente ao período de verão-outono, e outra seca, relacionada ao período inverno-primavera, com o período chuvoso, ou quadra chuvosa, sofrendo influência direta dos condicionantes climáticos de ordem superior, no que tange a circulação atmosférica regional. Esta interfere diretamente nos aspectos climáticos locais, o que se observa pela necessidade de chuvas oriundas de uma sistema irregular para a região, como é a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT.

O ciclo hidrológico da região é condicionado pela semiaridez que rege as condições climáticas ambientais e que, nitidamente, apresenta um período de deficiência hídrica mais elevada temporalmente e espacialmente em relação ao excesso hídrico.

O estudo do balanço hídrico é de fundamental importância para se definir a disponibilidade hídrica de uma região, no entanto, além da precipitação, deve-se admitir o retorno da água à atmosfera através da evaporação e transpiração das plantas, pois a água disponível no solo é proveniente da interação desses dois fatores.

Para a área em estudo, a retirada hídrica corresponde aos meses de junho a agosto representando o período em que a evapotranspiração gradativamente vai superando a precipitação, ou seja, o início da estação seca (inverno).

Já a deficiência hídrica corresponde aos meses de setembro a janeiro, representando o período em que a precipitação é inferior a evapotranspiração real e potencial na estação seca propriamente dita (primavera).

A reposição hídrica corresponde aos meses de fevereiro a março representando o período de reabastecimento das perdas hídricas, em que a precipitação gradativamente vai superando a evapotranspiração no início da estação chuvosa (outono).

Com o excesso hídrico correspondendo ao mês de abril representando o período após a reposição do déficit hídrico, em que a precipitação é superior à evapotranspiração real e potencial corresponde ao ápice da estação chuvosa (verão).

Apesar de algumas limitações no âmbito dos estudos climáticos, os objetivos almejados foram suficientes para dar suporte a pesquisa desse ambiente serrano.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. O Domínio Morfoclimático Semi-Árido das Caatingas Brasileiras. **Geomorfologia**, n. 43, SP, IGEOG, 1974.

AOUAD, M. S. **Tentativa de Classificação climática para o Estado da Bahia**. 1978. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de São Paulo - USP. 1978.

BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. Estação seca e índice xerotérmico. **Boletim Geográfico**, ano XX, n. 169, 1962.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em:  
<<http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap7/>> Acesso em 10 jul. 2012.

CEARÁ. SEMACE. **Zoneamento Ambiental da Serra de Baturité: Diagnóstico e Diretrizes**. Fortaleza: 1991, 36p.il.

CEARÁ. FUNCEME. **Redimensionamento da Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil**. Fortaleza, 1993.

COSTA, G. **CELINA: Estimativa de Temperaturas Para o Estado do Ceará**. Versão 1.0. UFC, 2007.

FERREIRA, A. G., MELLO, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 1, ano 1, 2005.

LIMA, L. C. MORAIS, J. O. SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

LIMA, E. C. **Análise e Manejo Geoambiental das Nascentes do Alto rio Acaraú: Serra das Matas Ceará**. Dissertação de Mestrado UECE, Fortaleza- 2004

LIMA, E. C. **Planejamento ambiental como subsídio para gestão ambiental da bacia de drenagem do açude Paulo Sarasate Varjota-Ceará**. 2012. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal Do Ceará – UFC. Fortaleza. 2012.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

OLIVEIRA, L. L. **Zonas de Convergência no Atlântico Sul e suas influências no regime de precipitações no Nordeste do Brasil.** INPE 2307 –TDL/074, janeiro,1982.

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L., and MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 11, 1633-1644, [doi:10.5194/hess-11-1633-2007](https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007), 2007.

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,p133-137,1998.

SERRA, A. A. **Meteorologia do Nordeste Brasileiro.** IV Assembleia Geral do Instituto Pan-Americano de Geografia e História. IBGE, Conselho Nacional de Geografia, 1945.

SOARES, L. P. **Caracterização climática do Estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional produtores dos tipos de tempo.** 2015. 240 f. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2015.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-Estruturais do Estado do Ceará. **Rev. de Geologia**, (1): 73-91, jun /1988.

SOUZA, M. J. N. **Geomorfologia e Condições Ambientais dos Vales do Acaraú - Coreaú (CE).** 1981. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1981.

THORNTHWAITE, 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)

Trabalho enviado em 04/06/18  
Trabalho aceito em 13/08/18