



ASPECTOS HIDROCLIMÁTICOS E ANÁLISE DO BALANÇO HÍDRICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COREAÚ, NOROESTE DO CEARÁ, BRASIL

Daniel dos Reis Cavalcante¹; Frederico de Holanda Bastos² & Abner Monteiro Nunes Cordeiro³

¹Universidade Estadual do Ceará, Av. Doutor Silas Munguba, nº 1700, Campus Itaperi, CEP: 60.714.903, daniel_reis1@hotmail.com.

²Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Av. Doutor Silas Munguba, nº 1700, Campus Itaperi, CEP:60.714.903, fred.holanda@uece.br.

³Universidade Estadual do Ceará, Av. Doutor Silas Munguba, nº 1700, Campus Itaperi, CEP: 60.714.903, abnermncordeiro@gmail.com.

RESUMO

A análise do ciclo hidrológico, assim como de suas variáveis (evapotranspiração, precipitação, etc.), se faz necessária para o planejamento e a gestão ambiental de uma bacia hidrográfica. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo analisar os aspectos hidroclimáticos, bem como o balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Coreaú, Nordeste do Brasil. As etapas metodológicas foram divididas em levantamento bibliográfico, processamento de dados, levantamentos de campo em áreas pré-selecionadas, elaboração de mapas, gráficos e análise dos dados. Nessa bacia hidrográfica a irregularidade espacial e temporal das precipitações, mesmo durante a estação chuvosa, traz reflexos marcantes no escoamento superficial e os três principais sistemas atmosféricos produtores de chuvas, em grande escala, são: Zona de Convergência Intertropical; Frentes Frias; e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis. Os dados do balanço hídrico, para o período de 1988 a 2018, dos principais postos pluviométricos situados na bacia hidrográfica, mostram valores de precipitação e evapotranspiração positivos no período chuvoso de janeiro a maio, o que implica em potencial de água no solo, repercutindo no desenvolvimento da vegetação, armazenamento de água nos aquíferos e escoamento superficial, justificando reposição e disponibilidade de recursos hídricos. A partir de maio, constata-se um decréscimo

das precipitações, na área da bacia hidrográfica, e o balanço hídrico sofre alteração, tornando-se negativa a precipitação efetiva, iniciando-se a estação de deficiência de água no solo, que irá se estender até dezembro/janeiro.

Palavras-chave: Precipitação; Gestão Ambiental; Rio Coreaú; Semiárido Brasileiro.

HYDROCLIMATIC ASPECTS AND ANALYSIS OF THE WATER BALANCE OF THE COREAÚ WATER BASIN, NORTHEAST OF CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT

The analysis of the hydrological cycle, as well as its variables (evapotranspiration, precipitation, etc.), is fundamental for the planning and environmental management of a river basin. Thus, the present work aims to analyze the hydroclimatic aspects, as well as the water balance of the hydrographic basin of the Coreaú River, Northeast of Brazil. The methodological steps were divided into bibliographic surveys, data processing, field surveys in pre-selected areas, elaboration of maps, graphs and data analysis. In this river basin, the spatial and temporal irregularity of rainfall, even during the rainy season, has marked reflections on the surface runoff, and the three major



atmospheric rainfall systems, on a large scale, are: Intertropical Convergence Zone; Cold Fronts; and the Cyclonic Vortices of High Levels. The water balance data, for the period 1988 to 2018, of the main pluviometric stations located in the hydrographic basin show positive precipitation and evapotranspiration values in the rainy season from January to May, which implies potential of water in the soil, vegetation development, water storage in the aquifers and surface runoff, justifying replenishment and availability of water resources. After May, there is a decrease in precipitation in the area of the hydrographic basin, and the water balance changes, becoming negative effective precipitation, starting the season of water deficiency in the soil, which will extend until December /January.

Keys-words: Precipitation; Environmental management; Coreaú river; Brazilian semi-arid.

INTRODUÇÃO

A expressividade dos recursos hídricos no Brasil se deve, sobretudo, à distribuição da pluviosidade em todo o território, onde são registrados notáveis valores, superiores a 1.500 mm anuais. No entanto, algumas regiões do Nordeste brasileiro recebem menos de 1.000 mm anuais, tendo alguns locais valores abaixo de 500 mm de precipitação (CUNHA, 2011).

No semiárido nordestino documentam-se elevadas taxas de insolação, elevadas temperaturas, bem como totais pluviométricos baixos com alta variabilidade no tempo e no espaço e elevadas taxas de evapotranspiração, que acabam refletindo num significativo déficit hídrico anual (ZANELLA, 2014).

Para Lima (2006), os rios possuem importância econômica, social e política e, além disso, a drenagem pode propiciar relevantes informações sobre o meio físico, dessa forma, sua análise fornece subsídios sobre as melhores maneiras de intervenções sobre os recursos naturais.

Dessa forma, o entendimento do ciclo hidrológico, bem como de suas variáveis tais como

evapotranspiração e precipitação se fazem necessário numa possível intervenção dentro de uma bacia hidrográfica (SOUSA, 2012). Dentre as formas de entendimento do ciclo hidrológico destaca-se o balanço hídrico que é a entrada e a saída de água de um determinado sistema (MANOEL FILHO, 1997; SOUSA, 2012; VAREJÃO-SILVA, 2000), nessa pesquisa utiliza-se a bacia hidrográfica como unidade de análise, onde a precipitação, a evapotranspiração real, evapotranspiração potencial, a deficiência hídrica, o excedente hídrico e a reposição hídrica foram analisados.

Tais elementos têm papel importante no que diz respeito ao planejamento ambiental, sobretudo, para zoneamentos agroclimáticos, estudos prévios de demanda hídrica para culturas irrigadas, para o conhecimento do regime hidrológico, entre outros (CORDEIRO, 2013; PEREIRA et al., 2015; PEREIRA; SANTOS, 2016; SOUSA, 2012) sempre no intuito de racionalizar o uso dos recursos hídricos. Face ao exposto, este trabalho tem por objetivo analisar os aspectos hidroclimáticos, bem como o balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Coreaú.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Coreaú (Figura 1) localiza-se no setor NW do Estado do Ceará, apresenta uma área de 4.431 km², perímetro de 524 km e sua rede de drenagem está disposta em 4.010 cursos d'água, onde o comprimento total dos canais (Lu) mede um total de 5.947 km, sendo o comprimento médio dos canais (Lm) de 1,48 km. Essa rede fluvial abrange integralmente os municípios de Moraújo, Coreaú, Frecheirinha e Alcântaras, e parte de outros 13 municípios com destaque para Camocim, Granja, Sobral, Tianguá, Ubajara e Viçosa do Ceará.

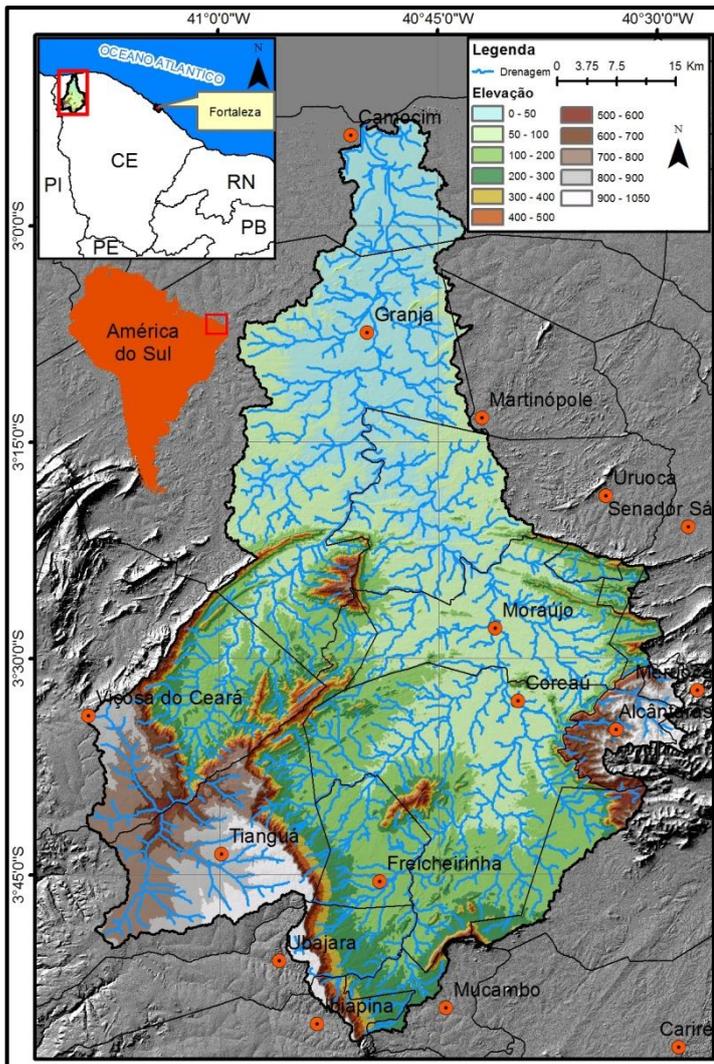


Figura 1 – Localização da Bacia hidrográfica do rio Coreaú.

Fonte: Imagens ALOS PALSAR.

Através da hierarquização da rede de drenagem da bacia do rio Coreaú, pode-se afirmar que esta é uma bacia de 6ª ordem, onde o Coreaú é o principal rio, tendo suas principais nascentes localizadas no planalto da Ibiapaba e na serra do Carnutim. O rio Coreaú possui oito afluentes de 5ª ordem que juntos somam 195 km de comprimento, sendo os mais expressivos os rios Itaquiatiara, Itacolomi, Juazeiro e Sairi, este, por sua vez, drena no sentido NE-SW sobre o graben Riacho Sairi que também possui a mesma direção, demonstrando assim, um nítido controle estrutural.

A análise da rede de drenagem da bacia do rio Coreaú revela densidade de drenagem (Dd), em geral,

baixa, com valor de 1,34 km/km², diminuindo significativamente em sua extremidade norte e sudoeste, respectivamente, na área do Grupo Barreiras (tabuleiros pré-litorâneos), constituída por sedimentos mal selecionados, variando de argila a níveis cascalhosos, e nos arenitos do Grupo Serra Grande (*glint* da Ibiapaba). Os maiores valores de densidade concentram-se no centro-sul da bacia, em função da predominância e do comportamento das rochas do embasamento pré-cambriano, que dificultam a infiltração da água, favorecendo o escoamento superficial.

Dados quantitativos dos canais fluviais da bacia do rio Coreaú manifestam os resultados obtidos para a densidade de drenagem, onde os canais de 1ª (3.138 canais) e 2ª (673 canais) ordem representam 95,03% dos cursos d'água da bacia em análise, no entanto, são canais que não apresentam grande extensão, assumindo em média 0,964 a 1,921 km por canal. Entretanto, à medida que aumenta a ordem dos canais, a quantidade de canais diminui e aumenta a extensão linear dos mesmos. Assim, os canais de 3ª, 4ª e 5ª ordem apresentam, respectivamente, 4,981 km, 9,125 km e 24,375 km de comprimento médio, constituindo os afluentes mais significativos do rio Coreaú.

O canal de 6ª ordem, representado pelo rio Coreaú, assume, ao longo dos seus 152 km de comprimento, diferentes direções, assumindo a direção N-S, de forma preponderante, sobre os sedimentos do Grupo Barreiras. O rio Coreaú apresenta índice de sinuosidade (Is) igual a 1,29, indicando que o canal do rio Coreaú não tem forma retilínea, mas também, não pode ser considerado como sinuoso, ou seja, o canal apresenta forma transitória. Conforme Freitas (1952) o índice de sinuosidade < 1,0 pode ser considerado um canal retilíneo e um canal com índice de sinuosidade > 2,0 pode ser considerado um canal sinuoso.



MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas metodológicas do presente trabalho incluíram levantamento bibliográfico, trabalhos de gabinete, onde constaram o processamento de dados climatológicos, elaboração de gráficos e mapas, além de levantamentos de campo em áreas pré-selecionadas e a análise dos dados.

Na avaliação do balanço hídrico dos municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Coreaú, utilizou-se o programa desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas (DCE) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998), estimado pelo método de Thornthwaite e Mather (1955).

O programa em questão utiliza os valores de temperatura do ar (T °C), estimada pelo programa CELINA, desenvolvido por COSTA e SALES (2007), e a precipitação pluviométrica (P mm). Com base nesses valores, estima-se a quantidade de água consumida através do processo de evapotranspiração potencial (ETP mm); e a água no solo, contabilizada através dos períodos de déficit hídrico (DEF mm) e de excesso hídrico (EXC mm). O balanço hídrico, além da evapotranspiração em milímetros, permite estimar a evapotranspiração real (ETR mm), a deficiência hídrica na atmosfera (DEF), o excedente hídrico (EXC) e o armazenamento de água no solo (ARM).

Para o cálculo do balanço hídrico climatológico, da área de estudo, utilizou-se os dados de temperatura e precipitação para o período de 1988 a 2018, fornecidos, respectivamente, pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará-IPECE e pela FUNCEME. Para tal, lançou mão do *software* HIDROCEL desenvolvido em planilhas eletrônicas do Excel por Costa e Sales (2007).

Foram realizadas também diversas visitas de campo visando compreender e verificar a veracidade das informações geradas nas outras etapas de trabalho,

dessa forma, foram percorridos os setores do alto, médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Coreaú em diferentes períodos do ano, para ser observado o contraste entre a quadra chuvosa e o período de estiagem.

Na última etapa do trabalho, foram organizados, interpretados e integrados os dados e as informações obtidas nas etapas anteriores, realizando-se uma discussão sobre balanço hídrico da área de estudo, sobretudo no que diz respeito aos principais parâmetros analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aspectos hidroclimáticos da bacia hidrográfica do rio Coreaú

As condições hidroclimáticas da bacia hidrográfica do rio Coreaú vão influenciar nos processos físicos e químicos da pedogênese, na morfogênese e na disponibilidade de água de superfície e subsuperfície, recurso indispensável para satisfazer as necessidades vitais da humanidade e suas atividades socioeconômicas. Para Zanella (2007), a análise das condições climáticas de uma região é importante, pois o clima é um dos elementos formadores da paisagem, exercendo influência nos processos e nas formas geomorfológicas, na disponibilidade dos recursos hídricos, no regime dos rios, na formação dos solos e na distribuição da cobertura vegetal.

A região Nordeste e o Estado do Ceará como um todo são marcados pela forte irregularidade pluviométrica. A enorme extensão territorial do Nordeste brasileiro e a diversidade do relevo, somados à conjunção de diferentes sistemas de circulação atmosférica, tornam a climatologia dessa região uma das mais complexas do mundo (NIMER, 1979). O autor acrescenta que esta complexidade não se traduz em grandes diferenciações térmicas, mas reflete-se em



uma extraordinária variedade climática, com grandes variações dos índices pluviométricos.

Do ponto de vista climático, o Nordeste brasileiro é considerado semiárido por apresentar substanciais variações temporal e espacial da precipitação pluviométrica, e elevadas temperaturas ao longo do ano. Apesar das elevadas temperaturas registradas durante todo o ano, as amplitudes térmicas máximas são em torno de 6°C (FERREIRA; MELLO, 2005). Na superfície erosiva rebaixada do território cearense, durante todo ano, as temperaturas têm valores elevados entre 26 a 29°C (SOUZA, 2000). Já nos enclaves de umidade (relevos serranos) há uma amenização sensível das condições térmicas, que apresentam valores compreendidos entre 21 e 23°C (SOUZA, 2007).

A localização do Estado do Ceará, próximo à linha do Equador, favorece uma intensa insolação durante o ano todo e, dessa forma, muito calor, caracterizando-o como uma área típica de climas quentes. A atuação dos diferentes sistemas atmosféricos estabelece a sazonalidade da precipitação. Além disso, “a altitude, a disposição do relevo e a proximidade - ou distância - da superfície oceânica proporcionam as diferenciações locais dos climas no estado” (ZANELLA, 2007, p. 170).

Segundo Uvo e Berndtsson (1996), os três principais sistemas atmosféricos produtores de precipitação no Estado do Ceará, em grande escala, são: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); Frentes Frias; e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN). Esses mecanismos interagem e criam padrões de precipitação sobre o território cearense durante diferentes meses (UVO; BERNDTSSON, 1996). Além desses mecanismos podemos destacar, também, a atuação das Linhas de Instabilidade Tropicais (IT's), dos Complexos Convectivos de

Mesoescala (CCM's) e as Ondas de Leste (ZANELLA; SALES, 2011).

Na bacia hidrográfica do rio Coreaú, a irregularidade das precipitações, mesmo na estação chuvosa, e a concentração no tempo, traz reflexos marcantes no escoamento superficial. Este é também afetado, diretamente, pelo grau de declividade do relevo e pela impermeabilidade das rochas que compõem o embasamento cristalino pré-cambriano, que apresenta terrenos nitidamente marcados por deformações dúcteis e rúpteis em uma extensa superfície erosiva dissecada por condições climáticas semiáridas. Tais características aliam-se para impor um escoamento intermitente e torrencial não só no curso d'água principal, como a alguns tributários de maior vazão.

As variações climáticas registradas na bacia hidrográfica do rio Coreaú estão associadas, diretamente, ao regime pluviométrico, que é dependente da proximidade do litoral, onde os índices pluviométricos apresentam um aumento substancial e as temperaturas são mais estáveis, e do *glint* da Ibiapaba (borda oriental da bacia sedimentar do Parnaíba), onde os totais pluviométricos são maiores e as chuvas são mais regularmente distribuídas, além da altimetria contribuir para atenuar as condições térmicas locais, onde as temperaturas médias anuais variam entre 22 a 26°C (IPECE, 2017).

A distribuição das chuvas, tanto no tempo quanto no espaço, aliada às formações geológicas, predominantemente, cristalinas do Domínio Médio Coreaú (DMC), são fatores condicionantes do regime dos cursos d'água (intermitentes e efêmeros) e, portanto, da disponibilidade de recursos hídricos de superfície e subsuperfície, da bacia do rio Coreaú.

O rio Coreaú, juntamente com seus afluentes, coletam as águas de grande parte da porção NW do Estado do Ceará, drenando uma área de 4.431 km². A



rede de drenagem da bacia do Coreaú tem orientação, predominantemente NE-SW, seguida da direção NW-SE. Observa-se assim, uma correlação entre a orientação geral da drenagem, com as direções estruturais dominantes na porção setentrional da Província Borborema.

Em toda a bacia do rio Coreaú, as condições refletem nuances decorrentes do modo de combinação entre os fatos mais significativos do quadro natural. As precipitações alcançam totais anuais entre 1.349 mm e 745 mm, de acordo com os dados das estações pluviométricas dos municípios de Viçosa do Ceará e Alcântras (FUNCEME - postos 152 e 05), onde ficam localizados, respectivamente os afluentes das margens esquerda (*glint* da Ibiapaba) e direita (setor de sotavento do Maciço da Meruoca) do rio Coreaú. A insuficiência de chuvas, na bacia do Coreaú, decorre mais da irregularidade ou variabilidade anual do que de seus totais pluviométricos padrões (Gráfico 1). Os postos pluviométricos inseridos na bacia estão, basicamente, sujeitos a três sistemas sinóticos, que regem a circulação atmosférica na área de estudo e no Estado do Ceará como um todo: VCAN, ZCIT e as Frentes Frias (SRH, 1992).



Gráfico 1 - Precipitação média anual dos principais postos pluviométricos inseridos na bacia do rio Coreaú (1988-2018), Ceará, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUNCEME (1988-2018).

Além desses sistemas principais, outros sistemas de menor escala atuam na região: linhas de instabilidade, complexos convectivos de mesoescala, ondas de leste, bem como as influências das brisas marítima e terrestre que incidem com mais frequência na zona litorânea (SRH, 1992; FERREIRA; MELO, 2005).

Na bacia do Coreaú, o aporte de águas subterrâneas é modesto ou escasso, especificamente, na superfície erosiva rebaixada, onde esses reservatórios estão condicionados a arranjos estruturais (falhas e fraturas). Há, também, áreas com alto potencial hidrogeológico, devido elevada permoporosidade dos terrenos, como, por exemplo, nos aquíferos do planalto da Ibiapaba, das áreas de aluviões, da Formação Barreiras e do sistema de dunas e paleodunas.

A maior concentração pluviométrica para os 30 anos (1988-2018) analisados, de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME, dos postos pluviométricos dos municípios de Alcântras, Camocim, Coreaú, Frecheirinha, Granja, Tianguá e Viçosa do Ceará, ocorre no primeiro semestre, onde se tem aproximadamente 94,15% do total anual, sendo o mês de março e abril os mais chuvosos com 531,97 mm (48,24%). O trimestre menos chuvoso abrange o período agosto-setembro-outubro, com mínimas registradas em agosto-setembro (Gráfico 2).

A pré-estação é compreendida pelos meses de dezembro e janeiro, apresentando uma média mensal de 34,37 mm e 143,25 mm, respectivamente. Neste período as chuvas são produzidas, principalmente, pelos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) e pelas Frentes Frias (MOURA FÉ, 2015).

O período de fevereiro a maio que corresponde à quadra chuvosa representa 77,42% (853,65 mm) da média pluviométrica anual de 1.102,58 mm. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal



sistema sinótico provocador da quadra chuvosa, atuando de modo mais expressivo a partir de meados do verão, e atingindo sua maior frequência no outono (março-abril), quando alcança sua posição mais meridional (~2-4°S) (NIMER, 1979; FERREIRA; MELO, 2005). O mês de maio é caracterizado pelo início do afastamento da ZCIT.



Gráfico 2 - Média mensal pluviométrica no período de 1988 a 2018 para a bacia hidrográfica do rio Coreau, Ceará, Brasil. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

A estação seca inicia-se em meados de junho e julho, indo até novembro. O período de estiagem que ocorre, principalmente, nos meses de inverno-primavera, coincide com a chegada dos ventos alísios de SE, vinculados ao Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, produtor da Massa Equatorial Atlântica, responsável pela estabilidade do tempo no segundo semestre.

A partir do exposto fica evidente que a principal marca da precipitação na bacia do Coreau não é o total pluviométrico, mas sim sua distribuição temporal e espacial, sobretudo pela concentração ao longo de determinado período do ano. Como se pode observar o regime de chuvas da área em apreço, como em toda a região semiárida do Nordeste do Brasil, é bastante regular, uma vez que, embora sejam muito irregulares os totais pluviométricos da estação chuvosa, esta se dá como vimos, quase sempre nos meses de verão-outono,

mesmo nos anos cuja estação chuvosa se constitui numa simples força de expressão.

Análise do balanço hídrico da bacia hidrográfica do rio Coreau

O estudo do balanço hídrico climatológico é de fundamental importância para se definir e monitorar a disponibilidade hídrica no solo de uma região (THORNTHWAITE; MATHER, 1955). Além da precipitação, que representa a entrada de água da atmosfera para o solo, deve-se admitir a perda de água do solo para a atmosfera através da evapotranspiração; do balanço entre esses dois processos opostos resulta o estado final de umidade do solo (COSTA, 1994; CORDEIRO, 2013), o que é fundamental no planejamento agrícola.

O balanço hídrico também é um importante instrumento para caracterizar o regime pluviométrico de uma dada localidade, pois ele contabiliza a disponibilidade de água no solo para cada mês do ano, indicando os períodos de deficiência e excedente hídrico em diversas escalas de tempo. Sabe-se que a estimativa da disponibilidade de água é de fundamental importância para o planejamento das diferentes atividades humanas como a agricultura, pecuária, comércio, construção civil, abastecimento urbano e, inclusive, para as atividades relacionadas ao turismo.

De acordo com os dados do balanço hídrico, para o período de 1988 a 2018, dos principais postos inseridos nos municípios de Tianguá e Viçosa do Ceará, localizados no Planalto da Ibiapaba; Alcântaras, no setor de sotavento do Maciço da Meruoca; Frecheirinha, Coreau e Granja, na superfície erosiva rebaixada; e Camocim, nos tabuleiros pré-litorâneos/planície costeira, os valores de precipitação (P) e evapotranspiração potencial (ETP) apresentam-se positivos por ocasião do período chuvoso de janeiro a maio nos municípios de Tianguá e Viçosa do Ceará; de



janeiro a abril em Alcântras, Frecheirinha e Granja; de fevereiro a abril em Coreaú; e de fevereiro a maio no município de Camocim, o que implica em potencial de água no solo, repercutindo no desenvolvimento da vegetação, armazenamento de água nos aquíferos e escoamento superficial, havendo, portanto, reposição e disponibilidade de recursos hídricos para a área da bacia do Coreaú durante esse período.

Já os valores de evapotranspiração real (ETR) variam de 92,9 mm em janeiro para 2,2 mm em outubro, no município de Alcântras; de 157 mm em fevereiro para 10 mm em novembro, no município de Camocim; de 154 mm em fevereiro para 0,3 mm em outubro, no município de Coreaú; de 127 mm em janeiro para 1,7 mm em setembro no município de Frecheirinha; de 154 mm em fevereiro para 1,2 mm em novembro no município de Granja; de 86 mm em janeiro para 36 mm em novembro no município de Tianguá; e de 91 mm em janeiro para 41 mm em novembro no município de Viçosa do Ceará, apresentando, respectivamente, índices médios anuais de 46 mm, 82 mm, 66 mm, 64 mm, 67 mm, 66 mm e 71 mm (Gráficos 3, 4, e 5). Esses gráficos contemplam alguns municípios localizados no alto (Viçosa do Ceará), médio (Frecheirinha) e baixo (Camocim) curso da bacia hidrográfica do rio Coreaú.

De acordo com o balanço hídrico dos postos pluviométricos da bacia do rio Coreaú, os municípios de Viçosa do Ceará (636,34 mm), Tianguá (497,21 mm) e Granja (323,41 mm) apresentam os maiores excedentes hídricos (EXC) totalizando 1.456,96 mm, onde os meses de março e abril concentram os maiores índices (Gráficos 6, 7 e 8).

A reposição hídrica (REP) ocorre nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, totalizando 1.126,61 mm.

A partir de maio, há um decréscimo das precipitações, na área da bacia do rio Coreaú, e o

balanço hídrico sofre alteração, ou seja, torna-se negativa a precipitação efetiva (P-ETP), variando de -89,2 mm e -22,2 mm, respectivamente, em Camocim e Tianguá, para -9,4 mm e -4,6 mm, em Coreaú e Alcântras, respectivamente. Inicia-se a estação de deficiência de água (DEF) no solo, que irá se estender até dezembro/janeiro, perfazendo um déficit anual de -175,7 mm, em média (Gráficos 9, 10 e 11).

O posto pluviométrico (n. 48) da FUNCEME, no município de Frecheirinha, localizado na superfície erosiva rebaixada, indica que os meses de Janeiro, Fevereiro e março representam o período de reposição hídrica, destacando o mês de fevereiro com 46,06 mm. O excedente hídrico é observado nos meses de março (72,4 mm) e abril (107,35 mm), o que indica que houve excesso de água no período de 1988-2018. A época de deficiência hídrica inicia-se em maio e se prolonga até dezembro, estando nos meses de agosto (129,46 mm), setembro (-148,86 mm), outubro (-133,32 mm) e novembro (-138,58 mm), os maiores déficits hídricos. A precipitação efetiva (P-ETP) torna-se negativa a partir de maio com -20,5 mm, atingindo seus maiores índices em julho (-118,5

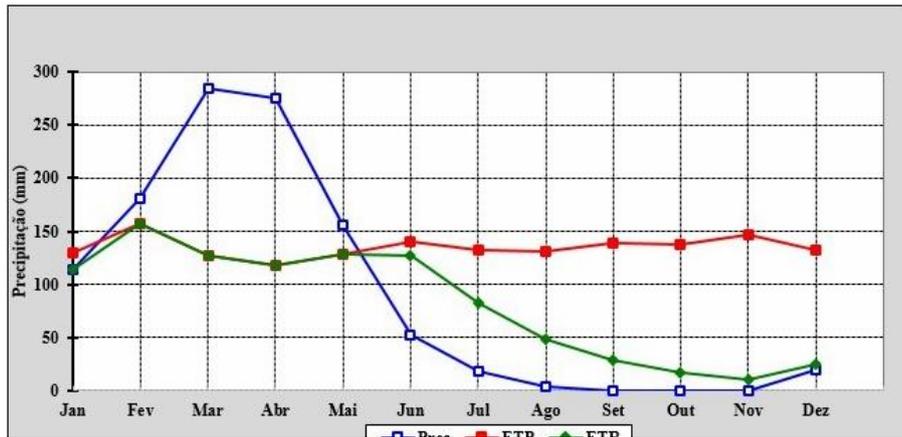


Gráfico 3 - Balanço hídrico normal do município de Camocim-Ceará, para o período 1988 a 2018. Legenda: Precipitação (Prec); Evapotranspiração Potencial (ETP) e Evapotranspiração Real (ETR). Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

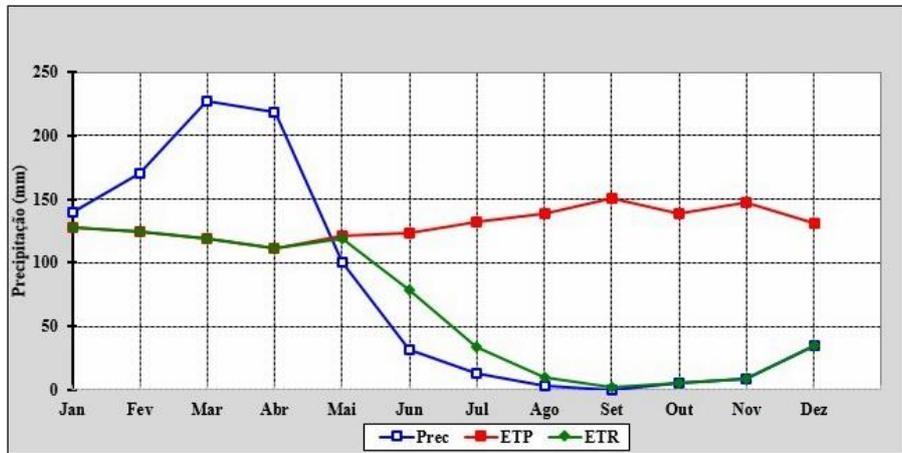


Gráfico 4 - Balanço hídrico normal do município de Frecheirinha-Ceará, para o período 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

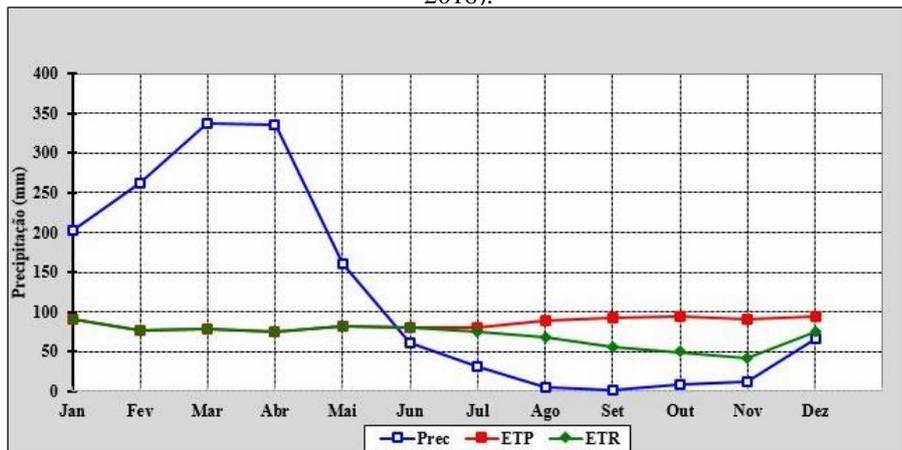


Gráfico 5 - Balanço hídrico normal do município de Viçosa do Ceará-Ceará, para o período 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).



Gráfico 6 – Extrato do balanço hídrico do município de Viçosa do Ceará-Ceará, no período de 1988 a 2018. Legenda: (REP) Reposição hídrica; (EXC) Excedente hídrico e (DEF) Deficiência hídrica. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCFME (1988-2018).

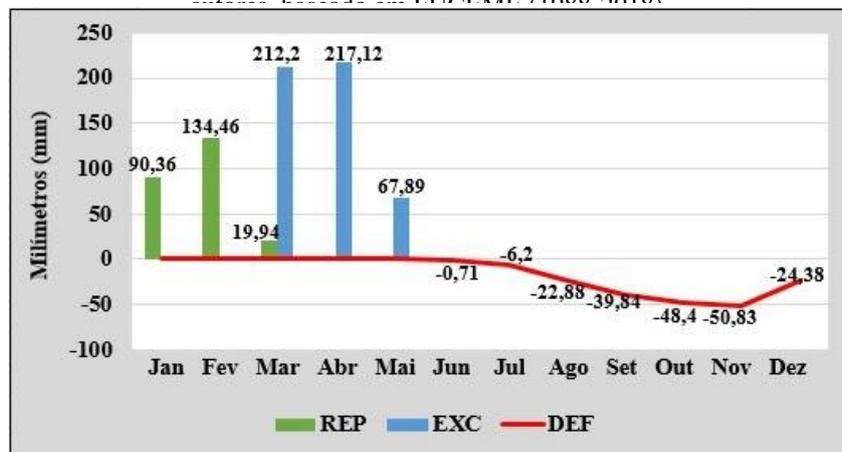


Gráfico 7 – Extrato do balanço hídrico do município de Tianguá-Ceará, no período de 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCFME (1988-2018).

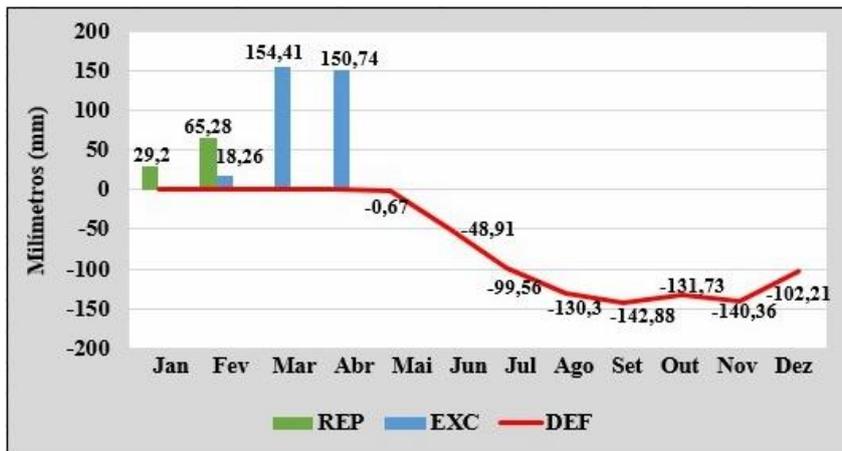


Gráfico 8 – Extrato do balanço hídrico do município de Granja-Ceará, no período de 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCFME (1988-2018).

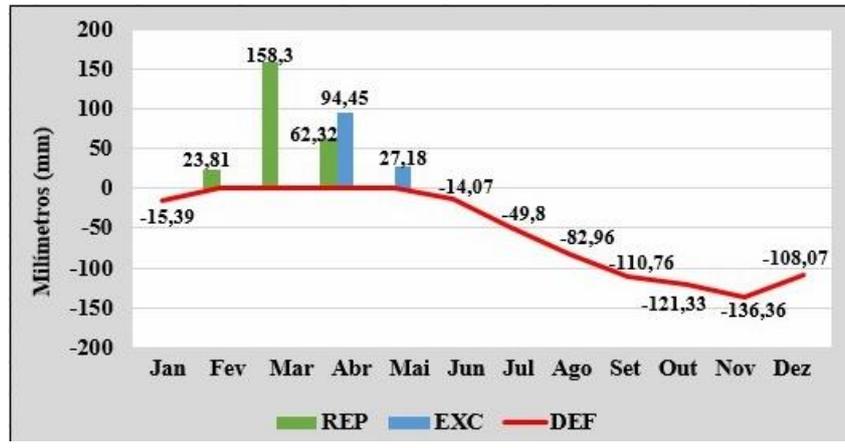


Gráfico 9 – Extrato do balanço hídrico do município de Camocim-Ceará, no período de 1988 a 2018. Legenda: (REP) Reposição hídrica; (EXC) Excedente hídrico e (DEF) Deficiência hídrica. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

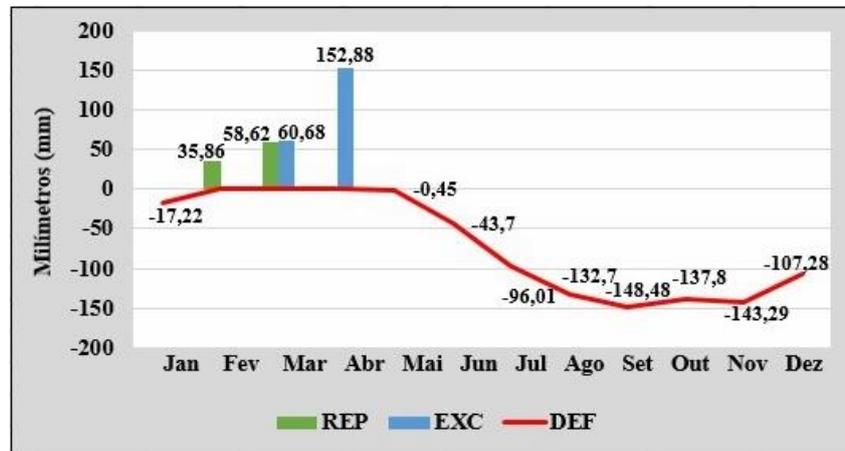


Gráfico 10 – Extrato do balanço hídrico do município de Coreaú-Ceará, no período de 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

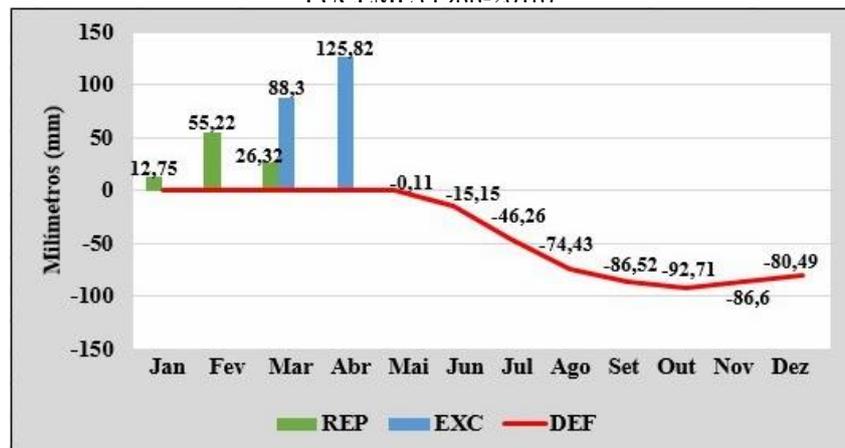


Gráfico 11 – Extrato do balanço hídrico do município de Alcântaras-Ceará, no período de 1988 a 2018. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

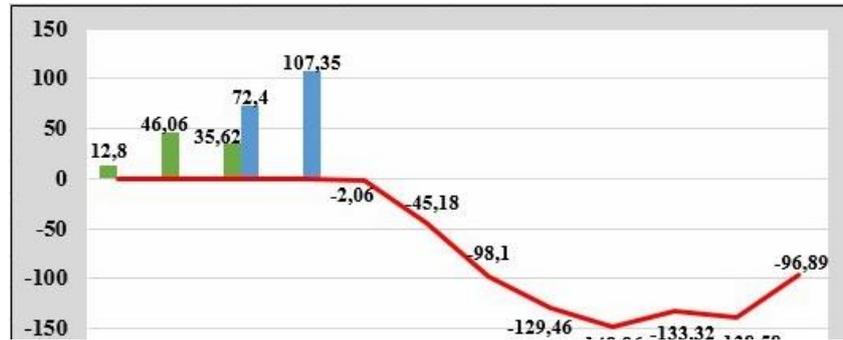


Gráfico 12 – Extrato do balanço hídrico do município de Frecheirinha-Ceará, no período de 1988 a 2018. Legenda: (REP) Reposição hídrica; (EXC) Excedente hídrico e (DEF) Deficiência hídrica. Fonte: Elaborado pelos autores, baseado em FUCEME (1988-2018).

mm), agosto (-135,7 mm), setembro (-150,4 mm), outubro (-133,6 mm) e novembro (-138,7 mm), quando a distribuição temporal da pluviosidade diminui significativamente, perfazendo um total de 64,71 mm, no segundo semestre (Gráfico 12).

Conforme constatado, considera-se que a bacia do rio Coreaú apresenta uma estação seca, com 6 (seis) meses, de julho a dezembro, quase sem chuva, com déficit hídrico anual oscilando de -826,93 mm no município de Coreaú para -174,97 mm em Viçosa do Ceará, e -193,24 mm em Tianguá, com uma média para a área de estudo de -557,88 mm. Já a quadra chuvosa, com duração de 4 (quatro) a 5 (cinco) meses, e concentração nos meses de janeiro a maio, implica em uma reposição hídrica, que apresenta total variando entre 259,74 mm (Viçosa do Ceará) e 94,48 mm (Coreaú, Frecheirinha e Granja), além de escoamento superficial intermitente e torrencial.

CONCLUSÃO

O presente estudo realizou uma análise dos aspectos hidroclimáticos, bem como do balanço hídrico, dos anos de 1988 a 2018, da bacia hidrográfica do rio Coreaú. Onde os principais mecanismos atmosféricos geradores de precipitação da área de

estudo são a Zona de Convergência Intertropical; as Frentes Frias; e os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis.

No que diz respeito ao balanço hídrico, este foi de suma importância para a interpretação e entendimento da dinâmica hídrica da bacia em questão, sendo inferido, de forma geral, que nos meses de janeiro a maio há maior incidência de chuvas o que acaba gerando recarga de água, tanto superficial quanto subsuperficial, e os períodos de estiagem, que vai de junho a dezembro, há déficit hídrico.

Tais dados podem servir para estudos futuros no âmbito do planejamento e gestão ambiental em áreas de bacias hidrográficas, zoneamentos ecológico-econômico, zoneamentos agroclimáticos, estudos prévios de demanda hídrica para culturas irrigadas, para o conhecimento do regime hidrológico.

REFERÊNCIAS

- CEARÁ. Assembleia Legislativa do Ceará. **Caderno regional da sub-bacia do Alto Jaguaribe**. Fortaleza: INESP, 2009. 119p.
- CORDEIRO, A. M. N. **Análise socioambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Pirapora-Maranguape/Ceará, como subsídio ao planejamento territorial e à gestão ambiental**. 165f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Programa de



- Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013.
- COSTA, M. H. Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather, 1995. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, **Caderno Didático**, n. 19, 22p, 1994.
- COSTA, F. G. R.; SALES, M. C. L. **HIDROCEL**: cálculo do balanço hídrico climatológico através de planilhas eletrônicas de cálculo. In: **VII Encontro Nacional da ANPEGE**, Niterói, 2007.
- CUNHA, S. B. Bacias Hidrográficas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Geomorfologia do Brasil**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 229-271.
- FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. 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**, v. 01, n. 1, p. 15-28, 2005.
- FREITAS, R. O. Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica. **Boletim Paulista de Geografia**, n.11, p.53-57, 1952.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Base de dados pluviométricos**. Fortaleza: FUNCEME, 2019. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2694. Acesso em 28 de fevereiro de 2019.
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil municipal**. Fortaleza: IPCE, 2017. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal/>. Acesso: 02/02/2019.
- LIMA, M. I. C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. Belém: UFPA, 2006.
- MANOEL FILHO, J. Ocorrência das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Orgs.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: CPRM, 1997. p. 13-33.
- MOURA FÉ, M. M. **Evolução geomorfológica da Ibiapaba Setentrional, Ceará: gênese, modelagem e conservação**. 307f. Tese (Doutorado em Geografia)-Curso de Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 480p.
- PEREIRA, A. G. B.; SANTOS, G. O. **Balanço hídrico climatológico para o município de Rio Verde Goiás**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental)-Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2016.
- PEREIRA, F. M.; DUARTE, J. V. N.; DIAS, J. S.; ARAÚJO FILHO, G. C. Balanço hídrico como planejamento agropecuário para cidade de Pombal – PB, Brasil. In: II Workshop Internacional sobre água no semiárido brasileiro, 2015, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: FIEP, 2015. p. 1-6.
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS. **Plano estadual de recursos hídricos**. V. 4. Fortaleza: SRH, 1992.
- ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilha no ambiente Excel™ para cálculo 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.
- SOUSA, E. S. Balanço hídrico uma ferramenta para gestão ambiental da cidade de Palmas – TO. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012, Goiânia. **Anais...** Goiânia: IBEAS, 2012. p. 1-4.
- SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, Luiz Cruz (Org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. p. 127-140.
- _____. **Compartimentação geoambiental do Ceará**. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (Orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2.



ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 127-140.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance climatology. **Publications in Climatology**, v.8, n. 1, 104p, 1955.

UVO, C.; BERNDTSSON, R. Regionalization and spatial properties of Ceará state rainfall in Northeast Brazil. **Journal of Geophysical Research**, vol. 101, n. D2, p. 4221-4233, 1996.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2000.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno**

Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, v. 36 (v. Especial), p. 126-142. 2014.

_____. Caracterização Climática e os recursos hídricos do Estado do Ceará. In: SILVA, J. B.; CALVACANTE, T.; DANTAS, E. W. C.; (Orgs.). **Ceará: Um Novo Olhar Geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 169-188.

ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Considerações sobre o clima e a hidrografia do Maciço de Baturité. In: BASTOS, F. H. (Org.). **Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais**. 1. ed. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011. p. 61-75.