



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE- UFCEG  
CENTRO DE HUMANIDADES-CH  
UNIDADE ACADÊMICA DE GEOGRAFIA-UAG  
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

**THIAGO PEREIRA HERCULANO**

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTRA E INTER ANUAL  
(1935 A 2018), E A INFLUÊNCIA NO VOLUME DO AÇUDE MINISTRO JOSÉ  
AMÉRICO, EM SOLEDADE - PARAÍBA**

O conteúdo deste capítulo será submetido à revista Geociência do Nordeste. *Qualis A4*

Periódicos UFRN Cadastro Acesso

**REGNE** REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE  
ISSN: 2447-3359 UFRN LAGGEF

Atual Arquivos Notícias Sobre

Buscar

e-ISSN: 2447-3359
Qualis: A4
Área: Geociências

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTRA E INTER ANUAL  
(1935 A 2018), E A INFLUÊNCIA NO VOLUME DO AÇUDE MINISTRO JOSÉ  
AMÉRICO, EM SOLEDADE - PARAÍBA**

Aprovada em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Débora Coelho Moura (Orientadora)

Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

---

Prof. Dr. Linconl da Silva Diniz

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

---

Prof<sup>ª</sup> Erimágna de Moraes Rodrigues

Mestre em Ecologia e Conservação-UEPB

# ANÁLISE DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA INTRA E INTER ANUAL (1935 A 2018), E A INFLUÊNCIA NO VOLUME DO AÇUDE MINISTRO JOSÉ AMÉRICO, EM SOLEDADE - PARAÍBA

Thiago Pereira Herculano<sup>1</sup>

## RESUMO

Mudanças ambientais no cenário histórico e atual são marcadas pelo processo de uso e ocupação do solo, que por sua vez são intensificadas pela irregularidade climática típica do Semiárido. Diante disso, a construção de barragens tornou-se uma solução para “amenizar” os impactos provocados pela estiagem. O presente estudo teve por objetivo realizar uma análise da variabilidade climática intra e inter anual de (1935 a 2018), e a influência no volume do açude de Soledade (Ministro José Américo) na Paraíba. A pesquisa foi realizada, com análise de imagens do Serviço de Geologia dos Estados Unidos (USGS). Para o processamento digital das Imagens-PDI, foram utilizados os softwares ArcGis e Qgis. A análise da variabilidade climática foi selecionado dados de precipitação pluviométrica de postos, que possuísem séries ininterruptas, (AESA, SUDENE). Os resultados apontam, que as precipitações pluviométricas dos anos de 1935 à 2018 resultou em uma média de 471,04 mm, de uma variação positiva, com  $r = 0,8418$ . Esta variação, implica que houve uma diminuição, mais que o volume (mm) das precipitações tende a crescer, levando-se em consideração o período decadal para o ano vindouro de 2020. Foi verificado também, que houve períodos de longa estiagem, em decorrência do fenômeno dos ENOS El-Niño, bem como, ocorrência de períodos com chuvas acima desta, resultado do fenômeno La-Niña. Os maiores volumes foram observados no primeiro trimestre do ano, fator este em decorrência da ZCIT, porquanto, o volume hídrico acumulado no açude está diretamente ligado a pluviometria, porém variáveis como consumo e evaporação, contribuem para a diminuição deste.

**Palavras chaves:** Semiárido, Irregularidade Pluviométrica, Vazão Hidrica-Açudagem

## ABSTRACT

Environmental changes in the historical and current scenario are marked by the process of land use and occupation, which in turn is intensified by the typical semiarid climate irregularity. Given this, the construction of dams has become a solution to “soften” the impacts caused by drought. The aim of the present study was to analyze the intra and inter annual climatic variability from (1935 to 2018), and the influence on the volume of the Soledade (Minister José Américo) reservoir in Paraíba. The research was performed with image analysis by the United States Geology Service (USGS). For digital processing of PDI images, ArcGis and Qgis software were used. The analysis of climate variability was selected rainfall data of stations, which had uninterrupted series, (AESA, SUDENE). The results indicate that rainfall from 1935 to 2018 resulted in an average of 471.04 mm, a positive variation, with  $r = 0.8418$ . This variation implies that there has been a decrease, more than the volume (mm) of precipitation tends to grow, taking

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Licenciatura em Geografia-UFCG E-mail:herculanoufcg@outlook.com

into account the decadal period for the coming year 2020. It was also found that there were periods of long drought due to ENSO El-Niño phenomenon, as well as the occurrence of rainy periods above this, as a result of the La-Niña phenomenon. Higher volumes were observed in the first quarter of the year, which is a result of the ZCIT, since the accumulated water volume in the dam is directly linked to rainfall, but variables such as consumption and evaporation contribute to its decrease.

Keywords: Semiarid, Rainfall Irregularity, Water Flow

## 1. INTRODUÇÃO

Mudanças ambientais no cenário histórico e atual são marcadas pelo processo de uso e ocupação do solo, sem haver uma avaliação da paisagem, com propósitos conservacionistas (CEBALLOS et al., 2015; MATIAS, 2018). Conforme discutido por Menezes et al (2019) estas mudança e conflitos ambientais sobre os ecossistemas, advêm das formas de ocupação do território, que possuem como estimulador as práticas socioeconômicas, baseadas na exploração dos recursos naturais.

Consoante a esse processo de uso e ocupação do solo, a inter-relação com a natureza, principalmente a dependência das condições climáticas para as regiões do Nordeste brasileiro, sempre nortearam a capacidade de apropriação e transformação dos recursos naturais. Assim, a variabilidade climática interfere na paisagem e com isso, torna-se notório, que os fatores abióticos e bióticos interligados, possam responder aos períodos de estiagem e de enchentes, em lugares distintos (SOUZA et a, 2017; DUARTE, MACHADO, 2019).

Segundo Santos, Cunha, Neto (2019) argumentam, que a variabilidade climática poderá ocasionar ou interferir nas produções econômicas agropecuária, geração e distribuição de energia hidroeétrica, industrial e disponibilidade hídricas para abastecimento público, no qual comprometem a qualidade de vida das populações. Enquanto, Menezes, et al., (2019); Duarte, Machado (2019) comentam, que a variabilidade climática na escala temporal (diária, mensal, sazonal, anual e decadal) ou na escala espacial (local, regional, continental e global), pode ser resultado de mudanças, o qual impactam diretamente nos recursos hídricos, tendo em vista que, nas últimas décadas, com o aumento das temperaturas do globo poderá intervir na distribuição de chuvas no Nordeste brasileiro (MARTINS, VASCONCELOS, 2017).

Para amenizar o problema das estiagens, ou “secas” no Nordeste, isto é discutido desde o período do Brasil Colonial. A história “contra a seca”, proporcionou na região

Nordeste a criação de políticas públicas e de órgãos, como a Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS), Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) e o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) (RODRIGUES et al, 2019). Assim, o estado da Paraíba possui 223 municípios, no qual 194 estão no Polígono da Seca e na nova delimitação do Semiárido, RESOLUÇÃO N ° 107/2017. Esta área do Semiárido abrange 51.306 Km<sup>2</sup>, contendo uma população de 2.498.117 (BRASIL 2017).

Em decorrência a variabilidade climática esta região é afetada, por ocorrências de estiagens, das quais provocam um déficit hídrico. No entanto, os afluentes da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, como o Rio Taperoá apresentam regime hídrico temporário. Isto tornou-se imprescindível a construção de barragens no estado, tais como o Poções, Camalaú, Boqueirão e o Acauã e reservatórios, como Sumé, Cordeiro, Campos, Taperoá, Soledade (Ministro José Américo), Santo Antônio, Paçatuba, Lagoa do Meio, Olivedos, São Salvador e Marés, para viabilizar a ampliação da oferta hídrica, como forma de amenizar e suprir a escassez hídrica, sentida pela população (SEABRA et al, 2014; SEGUNDO NETO, 2016; MARTINS; VASCONCELOS JUNIOR, 2017).

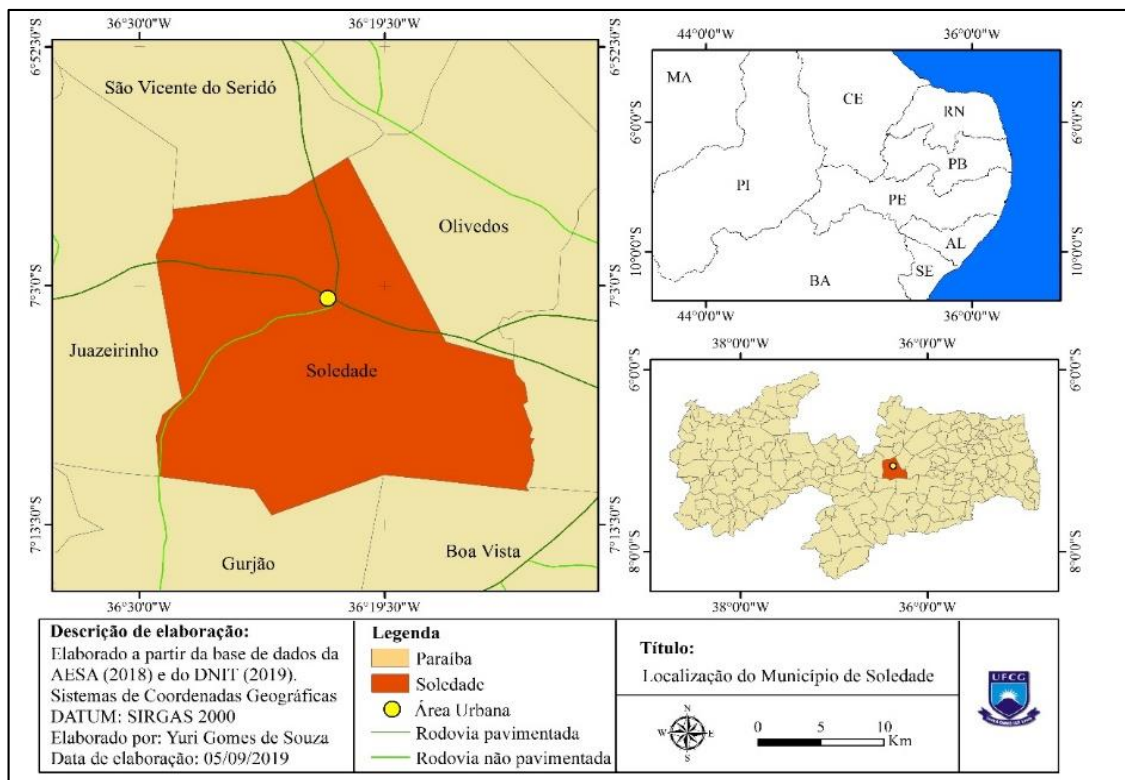
Diante desse quadro, objetivou-se realizar uma análise da variabilidade climática intra e inter anual (1935 a 2018), e a influência no volume do açude de Soledade (Ministro José Américo) na Paraíba.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterizações Gerais da Área de Estudo**

Pertencente a área da Região Intermediária de Campina Grande – PB, o município de Soledade emancipou – se em 24 de Setembro de 1885, e está localizado na microrregião do Curimataú Ocidental, com Latitude de -7° 3' 27'' S e Longitude de 36° 21' 7'' W (Figura 1). A área possui uma extensão territorial de 560,042 km<sup>2</sup>, que ocupa aproximadamente 634,7 Km<sup>2</sup>, e corresponde cerca de 1,12% do território estadual (PARAÍBA, 2019), com distância de em média 186 km da capital João Pessoa.

**Figura 01:** Mapa de localização da Área de Estudo: Município de Soledade – PB



O município de Soledade está vinculado a bacia hidrográfica do Rio Paraíba e sub bacia do rio Taperoá. Seus principais tributários são: o Rio Soledade, do Espinheiro, Caroá, Santa Luzia, Gravatá, Quixudi, da Cachoeira, Santo Antônio, dos Angicos, Cachoeirinha, dos Periquitos, Bonito, dos Macacos, do Açude, da Lancha, do Mocó, Mundo Novo, da Velha, Malhada dos Reis, Riachão e Cachoeira dos Pombos (SILVA, DONATO, 2019). Estes rios apresentam drenagem dendrítica média, por estar sobre um relevo suave ondulado, do Planalto da Borborema, apresentando um regime hídrico intermitente, que é resultante da interação clima e geologia.

Com altitude de aproximadamente 521m, e localizado no Planalto da Borborema, o clima da área, segundo a classificação de Köppen (1918) é BSh' (Quente e Seco, do tipo Semiárido) (FRANCISCO et al, 2015). Além disso, o município apresenta temperaturas elevadas durante todo o ano. As temperaturas máximas podem ultrapassar os 30° C nos dias mais quentes de verão e 18° C em dias de inverno. A umidade relativa do ar está entre 20 a 82%. O período chuvoso é de verão a outono, tendo início em fevereiro até maio (BRASIL, 2005).

Localizado no Planalto da Borborema, a base geológica é do Complexo Granitóide, e as principais unidades de solos são Vertissolos, Luvisolos, Neossolos litólicos eutróficos sem horizontes definidos (BRASIL EMBRAPA, 2019).

## a. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos consistiram em: 1) Levantamento bibliográfico; 2) Aquisição das imagens; 3) Processamento Digital das Imagens-PDI. Para a realização do PDI e elaboração dos mapas foram utilizados os softwares Erdas Imagine 2010 e o ArcGIS 10, ambos licenciados para o Laboratório de Cartografia Digital, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (CADIGEOS) dos cursos de Pós-graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Para os demais procedimentos foram utilizados os aplicativos QGIS versão 2.18.16 e o Google Earth.

### **Mapeamento: Aquisição das Imagens**

A imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) é disponibilizada gratuitamente através do site EarthExplorer do Serviço de Geologia dos Estados Unidos (USGS). Foram obtidas duas imagens correspondente as coordenadas geográficas de  $-7^{\circ} 3' 27''$  S,  $36^{\circ} 21' 7''$  W, com resolução espacial de 30m. As imagens Landsat utilizadas foram obtidas através do site do Serviço de Geologia dos Estados Unidos (USGS). Essas cenas são provenientes dos satélites Landsat 5 e 8, capturadas pelos sensores Thematic Mapper (TM) e Operational Land Imager (OLI) respectivamente.

### **Recorte da Imagem**

Inicialmente foi necessário realizar o recorte da imagem SRTM com intuito de facilitar o processamento dos dados, visto que o uso da imagem inteira é desnecessário. Essa etapa foi realizada através do software ArcGIS 10

### **Delimitação da Bacia de Drenagem- Imagens SRTM**

Segundo Silva, Donato (2019) a delimitação de uma bacia hidrográfica é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Estas linhas são definidas pela conformação das curvas de nível existentes nas cartas planialtimétricas e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem. Para a delimitação do reservatório de Soledade, foi necessária a realização da caracterização física da área de estudo para extração da rede de drenagem.

## **Rede de Drenagem**

A extração da rede de drenagem foi obtida através do aplicativo ArcGIS 10 por meio da ferramenta *Spacial Analyst Tools* através da opção *Hydrology* a fim de servir como base para delimitação da bacia.

## **Bacia de Drenagem do Açude**

Depois da elaboração dos mapas hipsométrico, de declividade e da rede de drenagem foi possível, com o auxílio da ferramenta “Adicionar Polígono” do aplicativo *Google Earth*, criar um polígono, em formato *Kml*, delimitando a área correspondente a bacia.

Essa delimitação foi realizada acompanhando-se os cursos d’água principais e os divisores de água da bacia representados pelas maiores cotas hipsométricas. Depois de gerado em formato *Kml*, o arquivo com a delimitação da bacia foi transformado em *Shapefile* no aplicativo QGIS 2.18.16

## **Classificação das Imagens**

Essa etapa foi realizada no software ArcGIS onde é possível por meio da análise do histograma das imagens obter a quantidade de pixel da imagem em cada classe. De acordo com Lima (2015) cada pixel da imagem tem a dimensão de 30mx30m, sendo possível obter a área em metros quadrados por classe analisada multiplicando-se o valor total do pixel por classe pelo tamanho da área de um pixel (900m<sup>2</sup>).

## **Análise da Variabilidade Climática**

Foram selecionados dados de precipitação pluviométrica de postos, que possuíssem séries ininterruptas, nos quais, as mais longas e confiáveis e que representem cada região pluviometricamente homogênea, dos municípios do entorno, já pré-estabelecidas e validadas (NOBREGA, FARIAS, SANTOS, 2015).

Como fonte de dados foram consideradas séries anuais da precipitação dos postos pluviométricos gerada pela SUDENE de (1935 a 1980) e pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A), entre o período de 1980 a 2018, utilizando medidas de posição e de dispersão, análises gráficas bem como identificar a influência relativa à presença dos eventos de El Niño e La Niña, pelo Boletim Prognóstico



Climático-Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos-CPTEC/INPE, do Ministério da Ciência e Tecnologia, ou seja, com número de anos mais secos ou chuvosos.

Portanto, acarretou assim, uma vacância na distribuição de chuvas desta área durante o período de 30 anos, segundo os critérios de análise das normais climatológicas. Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM) é definido como Normais, os “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, que compreende no mínimo três décadas consecutivas” (BRASIL, 2019), sem que haja falhas e que sejam contínuas, bem como distribuídas homoganeamente para o município estudado.

### **3. Resultados e Discussões**

#### **3.1 - Caracterização Socioeconômica e história do Açude Ministro José Américo ou Açude de Soledade**

O município de Soledade possuiu emancipação no ano de 1985. Segundo o BRASIL-IBGE (2019) a população estimada é de 14.989, com densidade demográfica de 24,53 hab/km<sup>2</sup>.

A população apresenta um salário médio mensal dos trabalhadores formais, de 1,8 salários mínimos. Segundo dados do Brasil-IBGE (2010), a população que possui trabalho formal, não chegava a 10% e o rendimento nominal per capita mensal era de até ½ salário mínimo cerca de 46,6%.

Apresenta 55.4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 93.6% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 0.2% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) IBGE (2019).

A economia do município tem como principais atividades, a agricultura juntamente com a pecuária de subsistência. O centro urbano apresenta uma expressividade no setor de serviços, de comércio, no qual concentra-se a margem da BR230, além de salientar a exploração e o beneficiamento de rochas ornamentais e do mineral quartzo e feldspato, pela empresa Elizabeth Mineração Ltda. Dados estes, que são do IBGE (2019) e apontam um PIB de R\$11.294,52.

Nas áreas de características climáticas, do tipo Semiárido, segundo Nóbrega, Farias, Santos (2015), estas localidade ocasionalmente apresentam estagens, no qual foi construído um paradigma de “região problema”. Contudo, apontam Rodrigues et al,

(2019) em decorrência das fragilidades da região, considerando os eventos climáticos extensos, os gestores propiciaram políticas públicas, que pudessem minimizar a vulnerabilidade ambiental e social. Estas políticas foram formuladas para a população conviver e adaptar-se, com as estiagens prolongadas, sem que houvesse maiores impactos para o desenvolvimento regional.

Em decorrência do município estar na região Semiárida e do Polígono da Seca, registra-se, que a área se situa no núcleo de desertificação da Paraíba (SOUZA et al, 2015). Desta forma o município é margeado pela bacia do rio Taperoá, que possui como afluente o rio Soledade, ambos sendo intermitentes dependentes do regime pluviométrico. Esta situação de estiagem prolongada foi atenuada, com perfurações de poços artesianos e pequenas barragens, que viabilizam o abastecimento emergencial, mas temporário. Contudo, através de carros pipas, os gestores tendem a viabilizar a distribuição e acesso a água nos períodos de estiagens.

Estes períodos de estiagem a exemplo da década de 80, que praticamente atingiu todos os estados do Nordeste, onde a Paraíba foi diretamente afetada, através de mobilizações populares, foi criada a “Política das Águas”. Porquanto, nestas ações defendiam a construção de reservatórios para suprir o abastecimento no período de secas prolongadas. Porém, tudo que fora discutido não refletiu na prática na vida da população (SANTOS, 2012; CAMPOS, 2014).

Dentro desta Política das Águas, o Governo Federal decidiu instituir estudos e projetos, que combatem a “seca”. Porquanto, foi criada a Inspeção de Obras contra a Seca (IOCS), em 21 de outubro de 1909, logo após foi adequada para Inspeção Federal de Obras contra a Seca (IFOCS), e por fim, em 1945, foi denominado de Departamento Nacional de Obras contra a Seca (DNOCS).

O município de Soledade, apresenta um déficit hídrico, devido a variabilidade climática, desta forma, entre 1912 a 1933 através do antigo IFOCS foi construído o açude. Este açude, foi denominado como “Açude do Estado” Ministro José Américo, o qual possui capacidade máxima de 27.058.000 m<sup>3</sup>, segundo a (PARAÍBA, 2019).

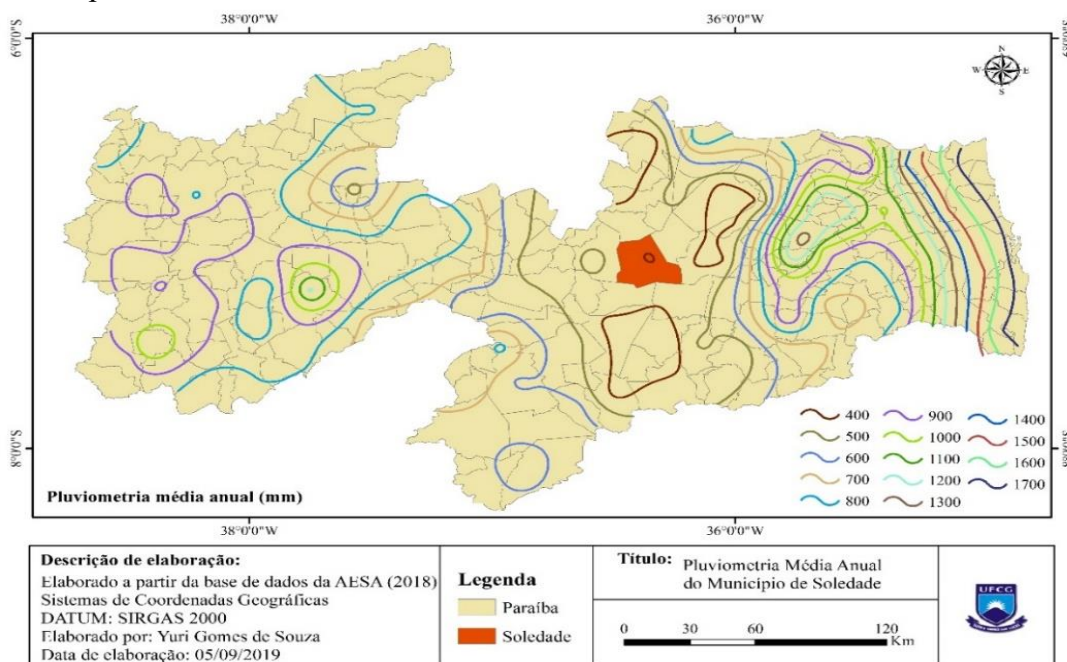
O açude por estar em área de clima Semiárido, o processo de evapotranspiração foi determinante para a diminuição do nível de água do reservatório, captadas de águas pluviais vindas de rios intermitentes. Porquanto, segundo Pereira et al, (2017); Matias, (2018); a Política das Águas, não viabilizou a manutenção destes reservatório, assim, a água acumulada tornou-se imprópria para o consumo humano, devido o processo de salinização e a concentrações de Na, K, Ca e Mg dissolvidos, tornando-se “salobra”.

### **a. Análise das precipitações anuais**

O município de Soledade a semiaridez é intensificada, devido a variabilidade climática, que oscila entre períodos de estiagens e chuvoso. Esta variabilidade climática é decorrente da circulação geral da atmosfera. Portanto, de mecanismos externos ao sistema terra-atmosfera-oceano, que resulta em prolongadas estiagens e chuvas torrenciais (MOLION et al, 2002, MARTIN; VASCONCELOS JÚNIOR, 2017).

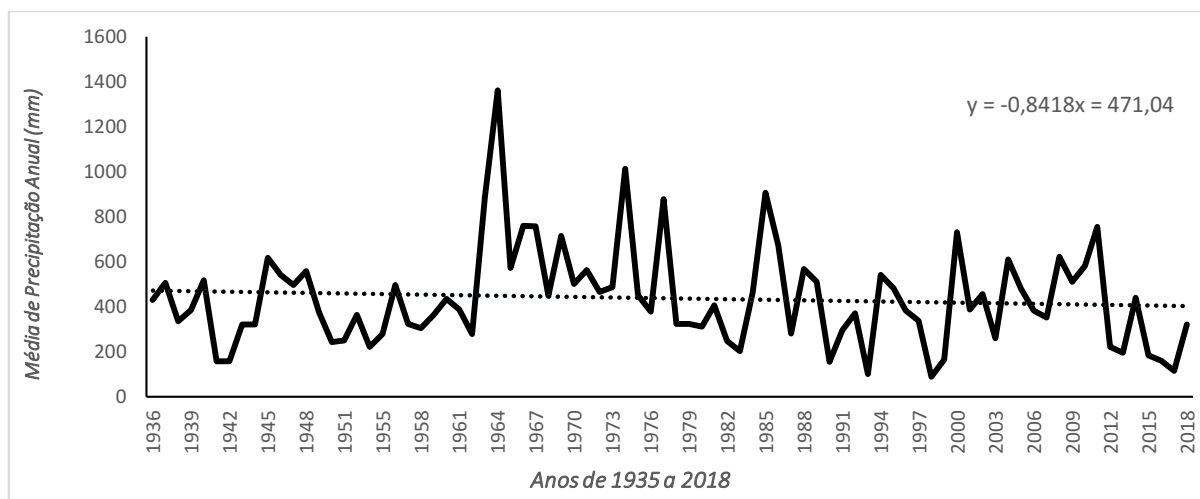
A partir das análises climatológicas local, foram verificados os totais de precipitações pluviométricas dos anos de 1935 à 2018, o que totalizam 83 anos de dados obtidos. Com isto, foi possível identificar dentro da série histórica os meses que ocorreram precipitações que ultrapassaram 30 mm, e posteriormente os anos onde ocorreram precipitações onde suas médias ultrapassaram seus 500 mm. Assim, Clemente et al, (2017) afirmam que 70% do domínio do Semiárido brasileiro apresentam precipitação acumuladas anuais menores que 800 mm. No entanto, para a área de estudo na Paraíba, as normais climatológicas indicam uma variação de 500 a 800 mm de precipitação acumulada anual, valores típicas à região Semiárida (Figura 2).

**Figura 2:** Mapa de isoietas do Estado, com ênfase nas medias pluviométricas do município de Soledade-PB.



Analisando a linha de tendência da (Figura 3), dos totais precipitações pluviométricas dos anos de 1935 à 2018, foi registrado que houve uma média de 471,04 mm, na intensidade das médias anuais, de uma variação positiva, com  $r = 0,8418$ . Esta variação, implica que houve uma diminuição, mais que o volume (mm) das precipitações tende a crescer, levando-se em consideração o período decadal.

**Figura 3:** Tendência da variabilidade climática, obtida através das média de precipitação do município de Soledade – PB dos anos de 1935 à 2018



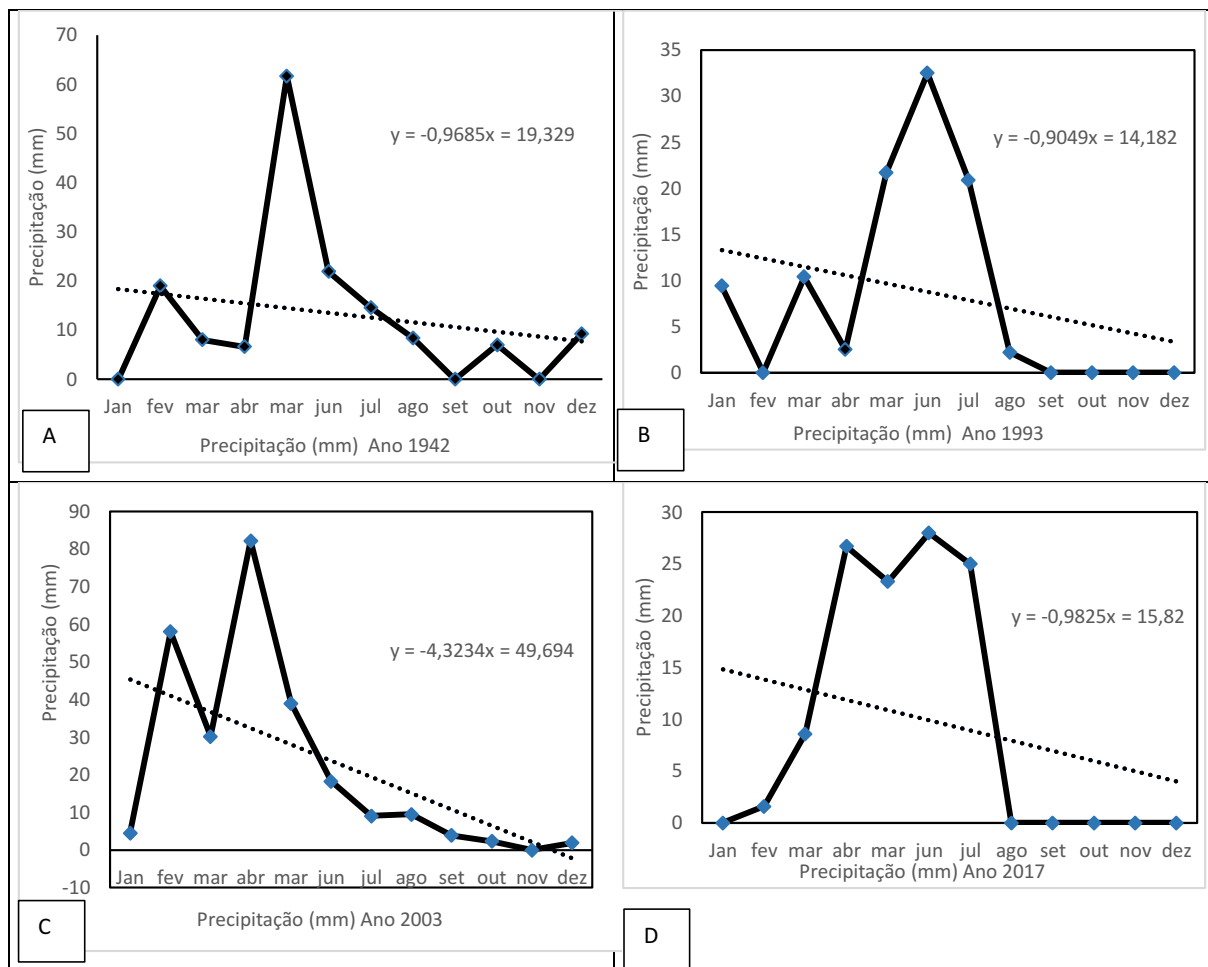
A partir das análises foi verificado, que entre o período de 83 anos, em que 25 destes obtiveram medias com (500 mm), sendo considerados de normais climatológicas

esperadas para o Semiárido. A exemplo temos os anos de 1935, 1937, 1940, 1946, 1948, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1969, 1971, 1974, 1977, 1985, 1986, 1988, 1989, 1994, 2000, 2004, 2008, 2009, 2010 e 2011, no qual a linha de tendência desses períodos significou  $r = 3,5643$  com 741,63mm.

Para essa região inserida no Polígono da Seca, os valores máximo de precipitação ocorrem no primeiro trimestre do ano, provocando chuvas intensa, no qual são propiciadas pela atividade convectiva intensa. Essa convecção é influenciada pela Zona de Convergência Intertropical-ZCIT, que variam em torno de 48mm (janeiro), 50mm (fevereiro) e 100mm (março) respectivamente. Enquanto, que no período de maio, junho e julho, podem ocorrer precipitação vindas da Massa Tropical Atlântica-MTA. Isto foi observado por Nóbrega et al, (2016) no Semiárido de Pernambuco; Silva et al, (2018) na bacia do Submédio São Francisco.

Foi verificado, que ocorreram períodos de longa estiagem onde os totais anuais não ultrapassaram seus 200 mm (1941, 1942, 1950, 1951, 1953, 1954, 1955, 1962, 1981, 1983, 1987, 1991, 1993, 1998, 1999, 2003, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018). A exemplo temos os anos de 1944, no qual foi registrado (319,9mm) ano, 1993 (99,6mm), 2003 (259,1mm) e 2017, com (113,2mm), com um  $r = -0,9825$ , equivalente a 15,82, pormes/ano. (Figura 4 A, B C e D). Entretanto, no ano de 1993, apenas o mês de junho, registrou 33mm de precipitação, sendo o ano de maior estiagem do município. Isto foi acurado por Molion; Bernardo, (2002), Santos, (2012), Marengo et al, (2011), Santos, Cunha, Ribeiro-Neto, (2019) e Costa (2018), que ao analisarem os anos de 1991-1996 constataram, que neste período 42% dos dias não apresentaram chuvas, dos dias chuvosos, 56% proporcionaram totais diários menores a 5 mm/dia, e que os episódios com totais elevados a 50mm/dia foram infrequentes, compondo 4% dos dias com chuvas, ocorrendo no mês de junho.

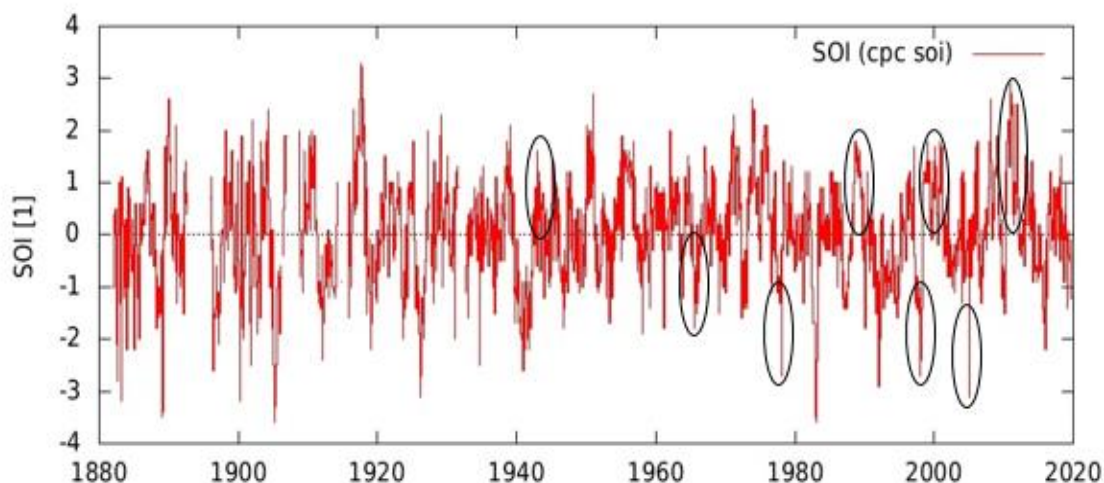
**Figura 4:** Distribuição da precipitações abaixo da média de (500 mm), influenciada pelo mecanismo de macro escala El-Niño, no município de Soledade-PB



Com base nos estudos de Silva et al, (2018), Gomes- Filho (1979) apontam, que a variabilidade climática, principalmente da precipitação no Semiárido está diretamente associada às irregularidades da Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Pacífico equatorial. Portanto, a alta Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Pacífico, ou a fase positiva (El Niño), proporciona a redução da pluviosidade sobre a região Nordeste. Entretanto, na fase negativa (La Niña) colabora, com os episódios de chuvas, muitas vezes acima da média histórica. Assim, na (Figura 5), fica registrado a variação da Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Pacífico, com as anomalias positiva (El Niño) e negativa (La Niña), ocorridas desde 1880 a 2020, descritas pela National Oceanic and Atmospheric (NOAA). Porquanto para estes anos de 1994 no qual foi registrado (319,9mm) ano, 1993

(99,6mm), 2003 (259,1mm) e 2017, com (113,2mm), foram registrados longos períodos de estiagem, dos quais foram corroborados por estes dados.

**Figura 5:** Variação da Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Pacífico, com as anomalias positiva (El Niño) e negativa (La Niña), ocorridas desde 1880 a 2020



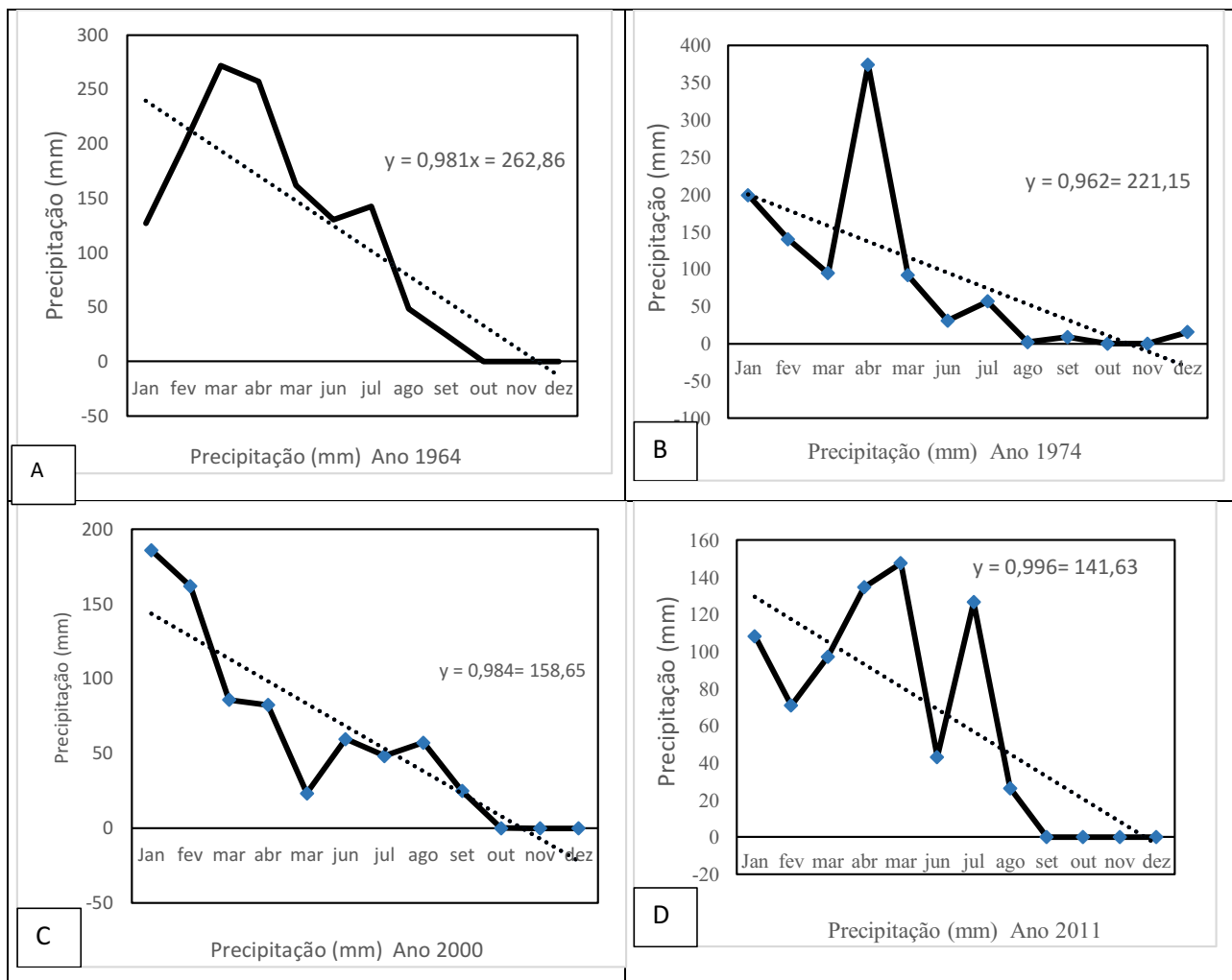
**Fonte:** National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – Earth System Research Laboratory (ESRL) – Click the pic to view at source, 2019

Entretanto houveram anos, em que as chuvas registradas nos meses estiveram na média, ou normais climatológicas, contudo, podendo ultrapassar os 500 mm, (Figura 5, A, B, C e D). O que para região pode ser considerado acima da média, a exemplo temos os anos de 1963, 1964, 1974, 1977 e 1985, que estavam relacionados a ocorrência do mecanismo de macro escala, fase negativa La-Niña.

Estes eventos de precipitação extrema, ocorre na maioria dos anos, concentradas em três meses (fevereiro, março e abril), estações de verão a outono nos anos de normais climatológicas e períodos favoráveis de La-Niña, as chuvas podem ser bem distribuídas ao longo dos anos. Estes volumes pluviométricos, que ocorreram em 2004, com 845mm, no qual registrou apenas dois meses sem chuva, (outubro e novembro) e 2010, com 875mm, com  $r=0,8668$ , equivalente uma distribuição de 64,86mm por mês, e apenas o novembro sem precipitação. Portanto, esses eventos propõe ao homem segurança hídrica e garantia de aumento na produtividade agrícolas.

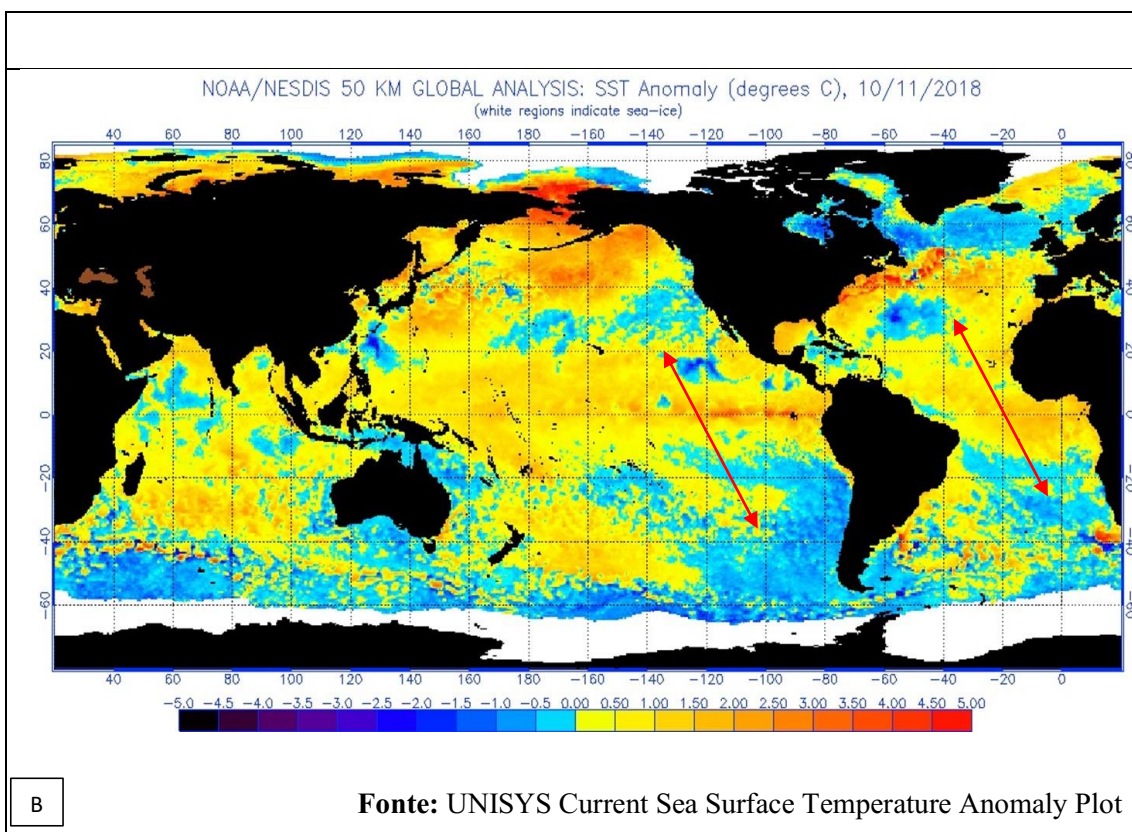
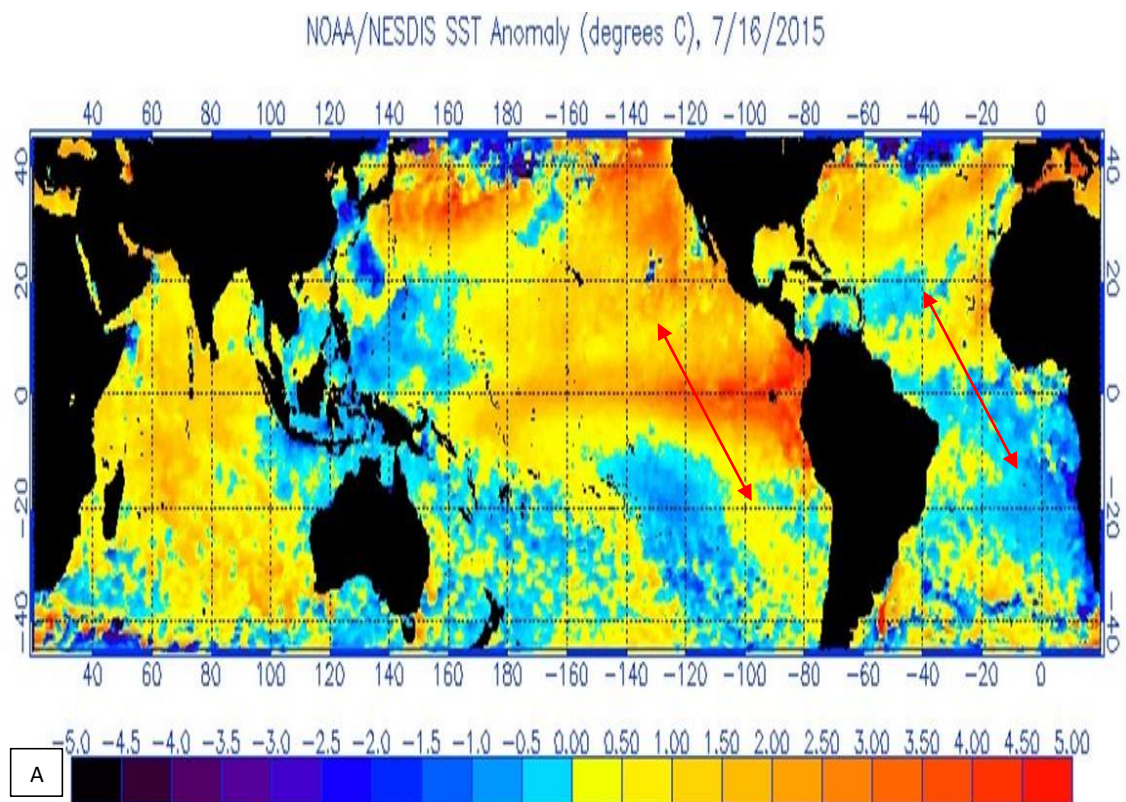
Destarte, durante este período os ventos alísios se tornam mais intensos, e a ZCIT encontra-se diretamente na posicionada para a América do Sul, até 10° de latitude. Portanto, os ventos alísios de SE e NE proporcionam maior umidade, que penetram nas regiões Nordeste e Norte (MOLION; BERNARDO, 2002; SENA, LUCENA, RIBEIRO, 2012) (Figura 7 A e B).

**Figura (6):** Distribuição da precipitações acima da média de (500 mm), influenciada mecanismo de macro escala La-Niña, no município de Soledade





**Figura 7 A e B:** Mapa das anomalias temperatura global da superfície do mar NOAA - Serviço Nacional de Meteorologia NOAA / NESDIS, ano de 2015 (El Niño) e B:2018 (Normais Climatológicas)



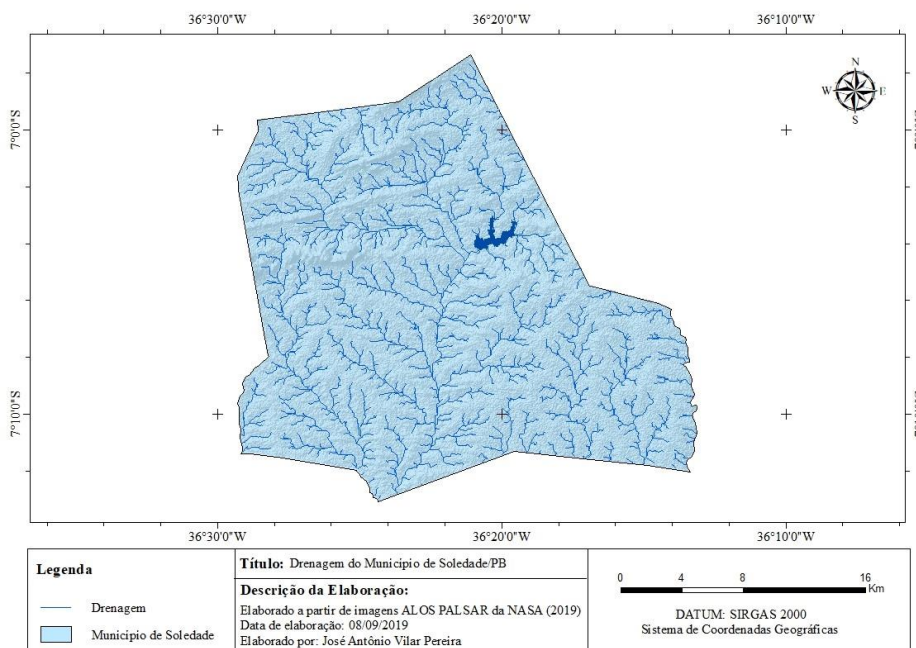
Na Paraíba, especificamente em Soledade, no qual está localizada a posição sotavento do Planalto da Borborema, os fenômenos que afetam os sistemas climáticos e o regime de chuvas estão aossados a nível de macro escala, como a nível local, em decorrência do relevo ser mais baixo na porção, segundo Marques, Moura, Barbosa (2017) Depressão Intraplanáltica Paraibana.

Ao longo do município de Soledade, a evolução geomorfológica de superfícies aplainadas, ou suave ondulado é decorrente de interação complexa entre mudanças climáticas e processos tectônicos, das rochas compostas por ortognaisses tonalíticos e graníticos, incorporado no Complexo Granitoide. Este aplainamento proporciona uma drenagem dendrítica densa, com menor índice de infiltração, em decorrência da base geológica (Figura 8). Esta configuração da drenagem está associada a hierarquia fluvial, como tributário do rio Taperoá.

Em decorrência do relevo ser aplainado, a drenagem fluem de forma dendrítica, sendo barrada nas altitudes de 480m, próximo as cabeceiras do rio Soledade, para formar “Açude do Estado” Ministro José Américo. Segundo Carvalho (2003), essa drenagem percorre de forma alongada no sentido leste-oeste, com aproximadamente 10 km de extensão.

A drenagem apresenta um padrão de caráter intermitente e nos cursos desses rios formam-se áreas de deposição aluvial, nos terraços suaves. Os solos nas áreas de várzeas podem ser prevalecer, os diversos tipos de plantação. Contudo, em decorrência da base geológica, a água acumulada no açude, apresenta alta taxa de salinidade, que torna-a imprópria ao consumo humano.

**Figura 8:** Mapa da configuração da drenagem associada a hierarquia fluvial, como tributário do rio Taperoá e a localização do “Açude do Estado” Ministro José Américo.



Em decorrência da variabilidade climática e posição do relevo, no Planalto da Borborema, a variação do volume do reservatório apresenta uma alteração na recarga hídrica. Porquanto os efeitos pluviométricos influenciam no nível fluviométricos, em que período de estiagem, reflete no baixo volume, como em chuvas extremas, podendo acarretar em enchentes. Em períodos associados de La-Niña, a recarga hídrica aumenta o volume, entorno de 95%, no ano de 2010, proporcionando, alagamentos e enchentes-relâmpago na extensão do açude (Figura 9).

**Figura 9:** Panorama do reservatório “Açude do Estado” Ministro José Américo, em períodos associados de La-Niña, onde a recarga hídrica aumentou o volume, entorno de 95%, no ano de 2010



**Fonte:** Ana Paula de Araújo Alves, 2010

O município é abastecido pelo Açude Epitácio Pessoa, ou de Boqueirão, que no período de estiagem Os grandes centros urbanos foram prejudicados, bem como sua população. No ano de 2015 a 2017 houve reduções acentuadas na outorga de uso da água, lançadas por resoluções de ações conjuntas entre ANA e AESA, que constituíam categorias para o uso dos recursos hídricos. Assim, foi registrado uma redução da captação média da vazão de 881 l/s, para outubro de 2015 e de 650 l/s a partir de 1º de novembro do mesmo ano (ANA/AESA, 2015). Segundo Costa (2018) e Rodrigues et al, (2019), evidenciou-se neste período, a mais elevada categorias de secas extremas e excepcionais, ao aproximar-se a 18 meses seguidos de estiagem, classificada como excepcional, entre 2015 e 2016.

A AESA, registra em forma de gráficos, ou o acompanhamento em função da escala temporal, a variação do volume dos reservatório do Estado da Paraíba. Para corroborar a validação dos resultados obtidos, no Açude em estudo, os dados pluviométricos foram



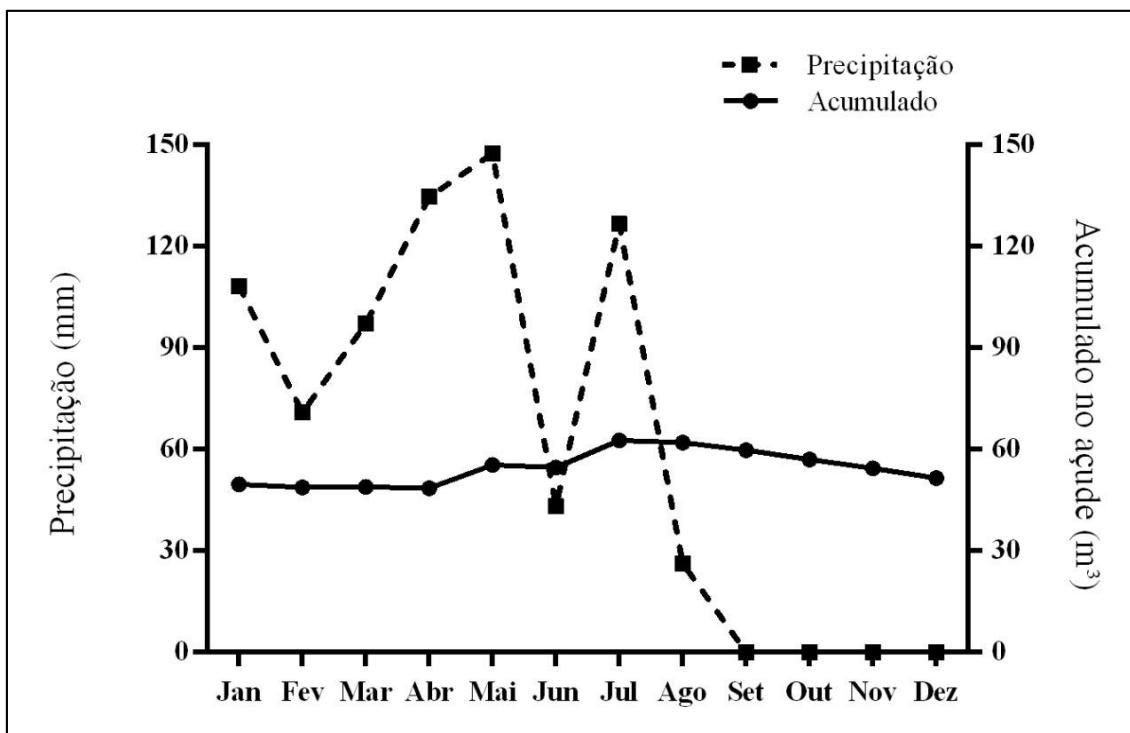
comparados, com os da AESA. Na (Figura 9) evidencia-se os principais períodos de estiagem, em comum o volume fluviométrico, entre os anos de 2010 a 2019.

**Figura 10:** Variação do volume dos reservatório “Açude do Estado” Ministro José Américo, entre os anos de 2010 a 2019



O ano de 2011 foi marcado pela ocorrência do mecanismo climático ENOS La-Niña. Esse mecanismo, embora com intensidade moderada (INPE/CPTEC, 2016) acarreta o aumento significativo da pluviometria para a região Semiárida do Nordeste. Conseqüentemente, essas fortes chuvas contribuem diretamente com a recarga hídrica dos reservatórios. Os meses de janeiro a maio, a precipitação ocorrida no município de Soledade atingiu 115 mm no mês de janeiro, com um decréscimo no mês de fevereiro, acumulando, apenas, 63 mm. Todavia, março e abril, os dados de precipitação evidenciam um acréscimo significativo, no qual o mês de maio foi o que ocorreu uma intensidade pluviométrica maior (Figura 10).

**Figura 11:** Correlação do índice pluviométrico com o volume de armazenamento no açude público Ministro José Américo em Soledade – PB.



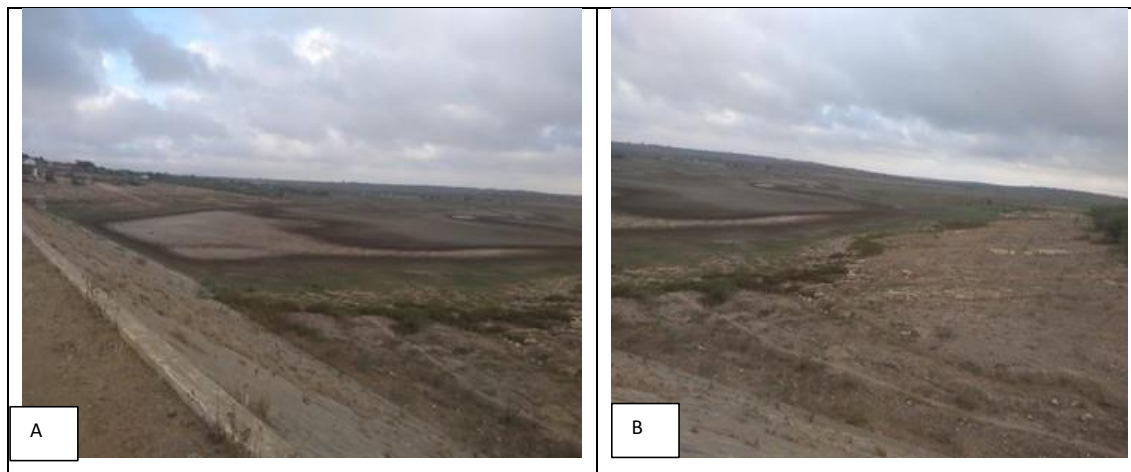
Associado ao volume de chuvas, encontra-se, também, a capacidade de escoamento do terreno, que influencia diretamente a recarga hídrica do reservatório. Santos et al. (2016) apontam, que o escoamento superficial é característico do Semiárido brasileiro, no qual os solos rasos e embasamento cristalino próximo a superfície, agem diretamente para a captura da água pela área rede de drenagem que abastece os corpos d'água.

O ano de 2011 foi registrado por chuvas intensas. Portanto, o volume hídrico do açude aumentou, como resultado das chuvas intensas e concentradas ocorridas nos meses de janeiro a maio. O volume total ultrapassou  $16.962.890 \text{ m}^3$  em junho. A partir do mês de dezembro e com o decréscimo dos valores pluviométricos, associados ao consumo humano e a evaporação proveniente das altas temperaturas, o volume diminuiu para  $13.946.630 \text{ m}^3$ . Evidenciando a curva na linha de tendência da (Figura 11).

Para o período entre janeiro do ano de 2012 e dezembro de 2017 houve uma redução no reservatório, que teve sua capacidade comprimida, de 90% para 2,0%, representando uma variação de quase 88% do volume do reservatório (Figura 12 A e B). Esta estiagem foi a maior do século, segundo Buriti; Barbosa (2018), que se ampliou até 2018, período de normais climatológica. Neste período, a cidade de Campina Grande e outras circunvizinhas apresentaram uma insegurança hídrica comprometida, e o município de

Soledade foi abastecido por carros pipa, pela “execução do programa emergencial de distribuição de água potável em cisternas coletivas”, do Ministério da Defesa-Exército Brasileiro.

**Figura 12:** Panorama do reservatório “Açude do Estado” Ministro José Américo, em 2019



**Fonte:** Fonte: Ana Paula de Araújo Alves, 2019

Portanto, a variabilidade climática, exposição direta a radiação solar e a parâmetros como evapotranspiração, proporciona a redução do volume do açude e o processo de salinização, ou o aumento da concentração do sódio nas águas dos reservatórios está relacionado, com a permanência de represamento da água. Assim, para o açude em estudo o processo de translocação por evapotranspiração, aumenta a concentração de sais. Mesmo havendo precipitação, não há diluição dos sais. Porquanto, se há uso desta água para a irrigação, torna-se possível desta, por não apresentar boas qualidades proporcionar o perigo de salinização do solo.

#### 4. CONCLUSÕES

A partir dos dados analisados foi registrado que os totais precipitações pluviométricas dos anos de 1935 à 2018, obteve média de 471,04 mm, com tendência positiva de  $r = 0,8418$ , no qual é decorrente do período dos ENOS La-Niña. Porquanto, entre o período de 83 anos, 25 destes obtiveram medias com (500 mm), considerados anos de normais climatológicas para regiões Semiáridas.

Conforme verificado em período de ENOS La-Niña, na região Semiárida ocorre os valores máximo de precipitação. As chuvas intensa são concentradas no primeiro trimestre do ano, propiciadas pela atividade convectiva intensa, da ZCIT. Contudo, isto favorece, a recarga hídrica aumenta o volume. No período de 2010 o volume aumentou 95%, proporcionando, alagamentos e enchentes-relâmpago na extensão do açude.

À medida que a precipitação diminui, o volume do açude declinou. Mesmo em período de La-Niña, o ano de 2011 registrou chuvas intensas, o volume hídrico do açude aumentou, nos meses de janeiro a maio e em junho ficou com 16.962.890 m<sup>3</sup>. Contudo, o volume total no mês de dezembro, diminuiu para 13.946. 630 m<sup>3</sup>. Evidenciou-se, no períodos entre 2015 e 2016 a mais elevada estiagem ou secas extremas, que proporcionou o declínio do volume do açude.

Entretanto, a variabilidade climática associada a evaporação, proporciona a redução do volume do açude e conseqüentemente a concentração de sais. Esta concentração sais nas águas dos reservatórios torna-o impróprio para o consumo humano. Por conseguinte, o uso desta água no município é para irrigação. Portanto, por não oferecer boa qualidade, poderá desencadear no solo, o processo de salinização.

## **5. AGRADECIMENTOS**

A toda equipe do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Campina Grande, pelos serviços de excelência prestados e a AESA, na pessoa da Meteorologista Carmem Becker, pelos dados pluviométricos cedidos.



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. Megageomorfologia do território brasileiro. v. 2, n. 6, p. 71-106, 2010.

ALVES, A. P. D. A. et al. Análise de agrupamento em sucessão ecológica na Caatinga sobre áreas de mineração. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, p. 29., 2018.

ARAÚJO SEGUNDO NETO, F. V. de et al. Diferentes formas de abastecimento de água na região semiárida da bacia do rio Paraíba. 2016.

BARBOSA, V. V. et al. INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA PRODUÇÃO DE LEITE NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE DO BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, 2018.

BELTRAO, B. A. et al. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado de Paraíba, p. 19, setembro 2005.

BRASIL, G., 20 ago. 2019. Disponível em: <[https://www.greenpeace.org/brasil/blog/amazonia-sob-ataque-queimadas-tem-aumento-de-145-em-2019/?gclid=EAIaIQobChMI8pLN1uqc5QIVTwmRCh3yBQGREAAAYASAAEgKey\\_D\\_BwE](https://www.greenpeace.org/brasil/blog/amazonia-sob-ataque-queimadas-tem-aumento-de-145-em-2019/?gclid=EAIaIQobChMI8pLN1uqc5QIVTwmRCh3yBQGREAAAYASAAEgKey_D_BwE)>. Acesso em: 01 set. 2019.

BRASIL: IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/>>. Acesso em: 26 set. 2019.

CAMPOS, J.N.B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos avançados**, v. 28, n. 82, p. 65-88, 2014.

CARVALHO, A.P. Vulnerabilidade global: uma análise na bacia do açude Soledade-PB. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 10, n. 1, 2013.

CLEMENTE, C. M. S. et al. Análise espacial da precipitação pluviométrica na microbacia do Rio Carnaíba de dentro e seu entorno no semiárido baiano entre 2009 a 2014. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 49, p. 353-367, 2017.

COSTA, F. F.; PAZ, A. R.; PICCILLI, D. G. A. Modified NRCS-CN-TUH methods for distributed rainfall-runoff modeling. **RBRH**, v. 24, 2019.

FRANCISCO, P. R. M et al. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1006-1016, 2015.

GOMES FILHO, M. F. **Um estudo sobre a influência do albedo diferencial e da orografia na circulação atmosférica: uma aplicação para o Nordeste brasileiro**. Instituto de Pesquisa Espaciais, INPE-1640-TDL/015, Dissertação (Mestrado em Meteorologia), 1979.

LIMA, F. N.; SILVA, J. B; DUARTE, S. M. A. Caracterização ambiental da sub-bacia do rio Taperoá-Paraíba Environmental characterization of sub-basin of the river Taperoá-Paraíba. **AMBIÊNCIA**, v. 13, n. 2, p. 284-300, 2017.

MACIEL, C.; PONTES, E. T. **Seca e convivência com o semiárido**: Adaptação ao meio e patrimonialização da Caatinga no Nordeste brasileiro. 1. ed. Rio de Janeiro: Consequencia Editora, 192 p. 2015.

MACHADO, A. M. B. **Variabilidade climática regional da circulação oceânica no oceano Atlântico Equatorial Ocidental** (Dissertação de Mestrado) Mestrado em Oceanografia. UFMA. 72 p, 2019.

MARENGO, José A.; CUNHA, Ana P.; ALVES, Lincoln M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanálise**, v. 3, p. 49-54, 2016.

MARQUES, A. L.; SILVA, J. B; MOURA, D. C. Caracterização morfoestrutural e morfoescultural do Cariri Paraibano. **ACTA Geográfica**, v.11, p.231-242, 2017.

MARTINS, E. S. P. R.; VASCONCELOS- JÚNIOR, S. C. O clima da Região Nordeste entre 2009 e 2017: Monitoramento e previsão. **Parcer. Estratég.**, v. 22, p. 63-80, 2017.

MATIAS, J.L.T. Avaliação das secas nas bacias do Rio Taperoá e Alto Paraíba. 2018.

MENEZES, C.T. B.; CENI, G.; MARTINS, M. C.; VIRTUOSO, J. C. Percepção de impactos socioambientais e a gestão costeira: estudo de caso em uma comunidade de pescadores no litoral Sul de Santa Catarina, Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 457-481, 2019.

MOLION, L.C.B; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 1, p. 1-10, 2002.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. D. O. Dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro, p. 1334 - 1342.

NÓBREGA, R.S.; FARIAS, R.F.L.; DOS SANTOS, C.A. Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos. **Revista brasileira de meteorologia**, v.30, p. 171 -180, 2015.

NETO, A. D. P. C.; MORAES, J. M. D. Estudo da degradação da ambiental da Bacia hidrográfica do açude Soledade no Estado da Paraíba. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba - PR, p. 107, de Abril a Maio 2011.

PEREIRA, M. C.; FARIAS, S. R; LIMA, A. A. C. Monitoramento dos teores de sais no açude Soledade. ANAIS CONIDIS.v.1, 2012.

RANGEL, Jose Messias; MARQUESAN, Fábio Freitas Schilling. A Nova Relação do Sertanejo Nordestino Brasileiro com a Face Visível da Seca. **Desenvolvimento em Questão**, v. 16, n. 42, p. 269-300, 2018.

RODRIGUES, E. M. et al. Variabilidade climática no Semiárido brasileiro e as políticas públicas de convivência com a estiagem. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 1, p. 22-33, 2019.

SANTOS, E. A Seca no Nordeste no ano de 2012: Relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o Semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-Ce. **Revista Geonorte**, v.1, p.819 -830, 2012.

SANTOS, J. C. et al. Séries climáticas em grade de precipitação e temperatura do ar em região de relevo complexo. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, 2018.

SANTOS, S. R. Q.; CUNHA, A. P. M.; RIBEIRO-NETO, Germano Gondim. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2019.

SANTOS, S. R.Q.; CUNHA, A.P.M.; RIBEIRO-NETO, Germano Gondim. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 25, 2019.

SEABRA, V.S. et al. Mapeamento do uso e cobertura do solo da bacia do rio Taperoá: região semiárida do estado da Paraíba. **Caminhos de Geografia**, v. 15, n. 50, 2014.

SENA, J. P.O; LUCENA, D. B.; RIBEIRO, G. N. Eventos extremos de precipitação no Sertão paraibano: Variação espaço-temporal. **Revista Verde DE Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.12, p.748-755, 2017.

SILVA, C. M.; DONATO, M. Estabilização granulométrica do solo de Soledade com resíduo de beneficiamento de ágata. **Revista CIATEC–UPF**, v. 11, n, 1, p. 78-84, 2019.

SILVA, S. et al. Variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia hidrográfica do rio Mundaú (PE/AL). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, 2018.

SOUZA, E. B. et al. Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017.

SOUZA, N.C.R de. Av aliação de metodologia para classificação de alterações hidrológicas à jusante de barramentos em rios de semiárido.

STEINKE, E.T; DA SILVA, Rafael Furtado. PRINCIPAIS ABORDAGENS DAS PESQUISAS SOBRE O ENSINO DE TEMAS EM CLIMATOLOGIA NA GEOGRAFIA ESCOLAR. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, 2019.

TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I.; SILVA, A. B. Secas, desertificação e políticas públicas no Semiárido Nordestino Brasileiro. **Revista OKARA: Geografia em debate**. v.7. p. 147-164. 2013.