



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

RAFAELLE CORREIA SAMPAIO

**ESTUDO DAS PRECIPITAÇÕES MÉDIAS NA BACIA METROPOLITANA DO
ESTADO DO CEARÁ**

FORTALEZA

2020

RAFAELLE CORREIA SAMPAIO

ESTUDO DAS PRECIPITAÇÕES MÉDIAS NA BACIA METROPOLITANA DO
ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Nogueira de Souza

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S192e Sampaio, Rafaelle Correia.
Estudo das precipitações médias na Bacia Metropolitana do
estado do Ceará / Rafaelle Correia Sampaio. - 2020.
52 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2020.
Orientação: Prof. Dr. Danilo Nogueira de Souza.

1. Precipitação. 2. Bacia Metropolitana. 3. El Niño e La Niña. 4.
Dipolo do Atlântico. I. Título.

CDD 624

RAFAELLE CORREIA SAMPAIO

ESTUDO DAS PRECIPITAÇÕES MÉDIAS NA BACIA METROPOLITANA DO
ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Danilo Nogueira de Souza
Unichristus

Prof. Dr. José Itamar Frata Júnior
Unichristus

Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala Neto
Unichristus

AGRADECIMENTOS

Ao meu poderoso Deus, pela sua misericórdia e infinito amor.

Aos meus pais, pelo amor que a mim sempre dedicaram.

A toda minha família, pelo apoio e carinho constante.

Ao meu namorado Jackson, pelo seu amor e companheirismo.

Aos meus amigos, em especial Amanda, Karine e Lucas.

Aos meus professores, por contribuírem com minha formação acadêmica.

Ao meu orientador em especial, pela sua grande contribuição para o desenvolvimento desta pesquisa.

RESUMO

O Nordeste brasileiro é marcado pela irregularidade das chuvas, o que acaba promovendo os longos períodos de secas nessa região. Diversos fatores promovem as chuvas ou estiagens no Nordeste, como é o caso dos fenômenos de ZCIT, *El Niño* e *La Niña*, Dipolo do Atlântico, entre outros. Para este estudo, tem-se como objetivo principal analisar a influência dos eventos de *El Niño*, *La Niña* e Dipolo do Atlântico no comportamento das precipitações médias na Bacia Metropolitana do Ceará, durante os anos de 1990 a 2019. Quanto a metodologia para este estudo, optou-se por desenvolver uma pesquisa quali-quantitativa. Coletou-se os dados para a construção do referencial teórico da pesquisa, e posteriormente os dados quantitativos do histórico de precipitação pluviométrica na Bacia metropolitana do Ceará, durante os últimos 30 anos. Os valores coletados foram dispostos em tabelas e gráficos, possibilitando a análise da relação entre as precipitações e os fenômenos de Dipolo do Atlântico, *El Niño* e *La Niña*. Após a análise dos resultados, conclui-se que a presente pesquisa permitiu desenvolver uma classificação dos anos, de 1990 a 2019, como períodos chuvosos ou secos. Entre os dados analisados, 18 anos receberam a classificação de períodos secos ou muito secos, com chuvas de no máximo 864,1mm e mínimo de 353mm. Para os demais anos analisados na pesquisa, ou seja, os 12 anos caracterizados como chuvosos ou tendem a chuvosos, os dados mostraram que o maior índice pluviométrico ocorreu em 2009, com o registro de 1415,5mm de precipitação e o menor índice ocorreu em 2017, com o registro de 912,3mm de precipitação. Acredita-se, que os fatores atmosféricos e climáticos estudados nessa pesquisa, são elementos significativos para a ocorrência dos eventos de precipitações e dos períodos de estiagem na região da Bacia Metropolitana do Ceará.

Palavras-chave: Precipitação. Bacia Metropolitana. *El Niño* e *La Niña*. Dipolo do Atlântico.

ABSTRACT

The Brazilian Northeast is marked by the irregularity of the rains, which ends up promoting the long periods of droughts in this region. Several factors promote rain or droughts in the Northeast, as is the case of the ZCIT, El Niño and La Niña, Dipolo do Atlântico, among others. For this study, the main objective is to analyze the influence of the events of El Niño, La Niña and Dipolo do Atlântico on the behavior of average rainfall in the Metropolitan Basin of Ceará, during the years 1990 to 2019. Regarding the methodology for this study, it was decided to develop a qualitative and quantitative research. Data were collected for the construction of the theoretical framework of the research, and subsequently the quantitative data of the historical rainfall in the metropolitan Basin of Ceará, during the last 30 years. The collected values were displayed in tables and graphs, making it possible to analyze the relationship between precipitation and the phenomena of Atlantic dipole, El Niño and La Niña. After analyzing the results, it is concluded that the present research allowed to develop a classification of the years, from 1990 to 2019, as rainy or dry periods. Among the analyzed data, 18 years were classified as dry or very dry periods, with rains of maximum 864.1mm and minimum of 353mm. For the other years analyzed in the survey, that is, the 12 years characterized as rainy or tend to rainy, the data showed that the highest rainfall occurred in 2009, with a record of 1415.5mm of precipitation and the lowest index occurred in 2017, with a record of 912.3mm of precipitation. It is believed that the atmospheric and climatic factors studied in this research are significant elements for the occurrence of precipitation events and periods of drought in the region of the Metropolitan Basin of Ceará.

Palavras-chave: Precipitation. Metropolitan Basin. *El Niño* and *La Niña*. Dipole of the Atlantic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação orográfica	14
Figura 2 - Precipitação frontal	15
Figura 3 - Precipitações convectivas	16
Figura 4 - Mapa de classificação climática de Köppen-Geiger para o Brasil.....	18
Figura 5 - Delimitação do Semiárido	19
Figura 6 - Mapa dos climas do Ceará.	20
Figura 7 - Mapa das Bacias Hidrográficas do Ceará.....	25
Figura 8 - Localização das Bacias Metropolitanas	26
Figura 9 - Localização da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT	30
Figura 10 - Condições de <i>El Niño</i>	31
Figura 11 - Condições de <i>La Niña</i>	31
Figura 12 - Etapas da pesquisa.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo de precipitações na Bacia Metropolitana	35
Tabela 2 - Precipitação em anos de <i>El Niño</i> - Fraco	36
Tabela 3 - Precipitação em anos de <i>El Niño</i> - Moderado	37
Tabela 4 - Precipitação em anos de <i>El Niño</i> - Forte	38
Tabela 5 - Precipitação em anos de <i>La Niña</i> - Fraco	39
Tabela 6 - Precipitação em anos de <i>La Niña</i> - Moderado	40
Tabela 7 - Precipitação em anos de neutralidade	41
Tabela 8 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Positivo	42
Tabela 9 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Negativo.....	43
Tabela 10 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Neutro	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Resumo de precipitações na Bacia Metropolitana.....	36
Gráfico 2 - Precipitações em anos de <i>El Niño</i> - Fraco.....	37
Gráfico 3 - Precipitações em anos de <i>El Niño</i> - Moderado.....	38
Gráfico 4 - Precipitações em anos de <i>El Niño</i> - Forte	39
Gráfico 5 - Precipitações em anos de <i>La Niña</i> - Fraco.....	40
Gráfico 6 - Precipitações em anos de <i>La Niña</i> - Moderado.....	41
Gráfico 7 - Precipitações em anos de neutralidade.....	42
Gráfico 8 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Positivo.....	43
Gráfico 9 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Negativo	44
Gráfico 10 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Neutro	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Conceito de precipitação	13
2.2.1 <i>Precipitação pluviométrica</i>	14
2.2 Clima semiárido	17
2.3 Regime de chuvas no Nordeste Brasileiro	21
2.3.1 <i>Pluviosidade do Ceará</i>	22
2.4 Bacias Hidrográficas	23
2.4.1 <i>Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão</i>	23
2.4.2 <i>Bacia Metropolitana do Ceará</i>	25
2.5 Principais sistemas atmosféricos atuantes no Ceará	27
2.6 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	28
2.7 <i>El Niño e La Niña</i>	30
2.8 Dipolo do Atlântico	32
3 METODOLOGIA	33
3.1 Etapas da pesquisa	34
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	35
4.1 Precipitações na Bacia Metropolitana de 1990 a 2019	35
4.2 Ocorrência dos fenômenos de <i>El Niño e La Niña</i>	36
4.3 Ocorrência do Dipolo do Atlântico	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

As precipitações podem ser consideradas como elementos vitais no ciclo da água, pois conceitualmente falando são responsáveis por estabelecer todas as formas de umidade transferida da atmosfera para superfície terrestre. Na hidrologia o conceito de precipitação é colocado como todas as formas da água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre, tais como: neblina, chuva, saraiva, orvalho, geada, granizo e neves. (BERTONI; TUCCI,1993).

Segundo Reis et al. (2012) a neblina, a chuva, a saraiva e o orvalho são formas de precipitações que ocorrem com a água no estado líquido, enquanto, a geada, o granizo e a neve precipitam no estado sólido. Os processos de formação dos diferentes tipos de precipitação possuem uma relação direta com o fator climático da temperatura e também com a altitude onde acontece o processo de formação das nuvens.

Menezes e Fernandes (2016) afirmam que a chuva é um importante fenômeno climático, que pode ser apontado como o principal tipo de precipitação, pois é a forma mais representativa dentre todas, sendo utilizada no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

Amorim et al. (2008) estabelece que o regime de precipitações pluviométricas pode ser definido como um componente de grande importância para a definição climática de uma região. Pode-se ainda dizer que o regime de chuvas possui um papel essencial para o desenvolvimento das atividades socioeconômicas, tendo em vista principalmente sua ocorrência de maneira excessiva ou com deficiência.

As precipitações pluviométricas, quando acontecem de maneira excessiva, afetam negativamente desde as áreas urbanas, até as regiões rurais mais afastadas. Nas áreas urbanas, pode provocar deslizamentos de encostas e enchentes, com grandes prejuízos sociais e econômicos. Em áreas rurais, pode promover a destruição de lavouras, provocando prejuízos para a agropecuária. (AMORIM et al., 2008).

Por outro lado, sabe-se que um período de estiagem muito longo pode afetar diretamente a qualidade de vida do ser humano, como ainda provoca inúmeros prejuízos ao funcionamento dos setores que compõem a economia de um país, como agricultura, pecuária, indústrias, entre outros. (SAMPAIO et al., 2011).

Assim, compreende-se que conhecer os limites entre as ações humanas e o equilíbrio dos sistemas naturais, pode colaborar na diminuição dos fatores limitantes

de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Pode ainda ajudar a minimizar a vulnerabilidade humana perante os eventos externos de chuvas, sejam de cheias ou de secas. (MARENGO, 2002).

Cunha e Guerra (1999) colocam que para realizar a estimativa da disponibilidade hídrica de determinada região, faz-se necessário um estudo dos dados das séries históricas de precipitação pluviométrica. A partir desses dados, utiliza-se um tratamento estatístico-matemático, possibilitando assim a verificação da existência de um possível padrão de comportamento dos eventos de chuva. Essas ações possuem o objetivo principal de amenizar os danos causados pelo acontecimento de eventos extremos. Além disso, visam à manutenção da oferta de água para os diversos tipos de usos.

Para Sampaio et al. (2011), regiões de clima temperado exibem uma boa definição da estação chuvosa e de estiagem de um ano para o outro, o que não gera grandes problemas para a gestão dos recursos hídricos. Por outro lado, em regiões de clima muito instável, onde não há uma previsão muito confiável para o regime pluviométrico de um ano para o outro, a gestão encontra mais dificuldades para ser aplicada.

Neste contexto, Lima et al. (2016) afirma que a Bacia Hidrográfica é uma unidade espacial de caracterização, para planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos dos municípios que a compõem, embasado pela Lei Federal n. 9.433 de 08 de janeiro de 1997, pode promover uma melhoria na utilização dos recursos, buscando soluções viáveis para os problemas de gestão hídrica.

Oliveira (2018) define que as chuvas no Ceará, estão diretamente relacionadas aos sistemas atmosféricos que influenciam o tempo e o clima dessa região, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), Linhas de Instabilidade (LI) e Ondas de Leste (OL).

Conforme Alves et al. (2015) além dos sistemas atmosféricos, outros fenômenos podem influenciar o regime de chuvas no Ceará, são os casos *El Niño* (aquecimento das águas do oceano), *La Niña* (resfriamento das águas do oceano) e o Dipolo do Atlântico.

Buscando-se refletir sobre as precipitações médias de uma das principais Bacias Hidrográficas do Ceará, a Bacia Metropolitana, considerou-se como hipótese a existência de uma variabilidade pluviométrica nessa região. A partir dessa

afirmativa, surgiu a problematização da pesquisa: O impacto promovido pelos eventos de *El Niño* e *La Niña*, associados ao Dipolo do Atlântico são fatores relevantes para ocorrência das anomalias de precipitações médias na Bacia Metropolitana do Estado do Ceará?

Na busca por respostas para a problemática levantada definiu-se como objetivo principal: Analisar a influência dos eventos de *El Niño*, *La Niña* e Dipolo do Atlântico no comportamento das precipitações médias na Bacia Metropolitana do Estado do Ceará durante os anos de 1990 a 2019.

Foram definidos ainda, os objetivos específicos para o desenvolvimento do presente estudo: Realizar o levantamento conceitual de precipitação, clima, bacia hidrográfica e fenômenos atmosféricos; coletar os dados de precipitação média na Bacia Hidrográfica Metropolitana dos anos de 1990 a 2019, nos meses de janeiro a junho; investigar os dados dos fenômenos de *El Niño*, *La Niña* e Dipolo do Atlântico durante o período estabelecido para este estudo.

O presente trabalho de pesquisa foi desenvolvido em cinco capítulos: Introdução, Referencial Teórico, Metodologia, Análise dos Resultados e Considerações Finais. No primeiro capítulo foi apresentado a introdução deste estudo, no segundo foi desenvolvido o referencial teórico, no terceiro foi mostrado a metodologia estabelecida para a pesquisa, no quarto foram levantados os dados e análise deste estudo, e no quinto capítulo foram estabelecidas as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta etapa de estudo, buscou-se construir um levantamento bem estruturado em diversas publicações acadêmicas, como ainda em *sites* e documentos oficiais, relacionados diretamente a temática de investigação da presente pesquisa.

2.1 Conceito de precipitação

A precipitação é definida com um componente essencial para perpetuação da água no planeta Terra. Pode-se afirmar ainda que este elemento climático assume importante papel para o mapeamento de diversos setores socioeconômicos como a agricultura e pecuária. É também campo vasto para pesquisas em várias áreas de conhecimento, inclusive em algumas engenharias.

A formação da precipitação ocorre através da convecção térmica, relevo e ação frontal das massas provocando a ascensão das massas de ar úmidas, o que forma a precipitação. Conforme Holtz (1976), esse fenômeno climático é caracterizado como toda forma de água oriunda da atmosfera que atinge a superfície terrestre, tais como: chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada.

Tucci (2004) define as formas de precipitações na natureza como: neblina é um tipo de precipitação muito fina e de baixa intensidade; chuva que é a ocorrência da precipitação na forma líquida; neve é a precipitação em forma de cristais de gelo que durante a queda coalescem formando blocos de dimensões variáveis; granizo é quando as pedras redondas ou de forma irregular atingem um tamanho grande; orvalho é quando acontece a condensação do vapor da água do ar dos objetos que se resfriam durante a noite.

No entanto, para Ayoade (1996) as precipitações são consideradas como:

[...] as várias formas líquidas e congeladas de água, como a chuva, neve, granizo, orvalho, geada e nevoeiro. Contudo, somente a chuva e a neve contribuem significativamente para com os totais de precipitação e, nos tópicos, o termo precipitação pluvial é sinônimo de precipitação, pois neve inexiste [...]. (AYOADE, 1996, p159).

A precipitação é algo muito complexo quando comparada a outros fenômenos naturais, como é o caso da radiação ou a distribuição de calor. Parte dessa complexidade pode ser caracterizada pela dificuldade em se modelar a distribuição da precipitação, levando em considerações os diversos fatores que a influenciam, tais

como: topografia, à distância dos grandes corpos, as massas de ar que predominam, entre outros fatores. (AYOADE, 1996).

No caso específico do Nordeste do Brasil (NEB), o regime de precipitação é apresentado de forma bastante irregular. Esta característica é atribuída aos fatores que envolvem as propriedades fisiográficas da região e a influência de vários sistemas atmosféricos. (ARAÚJO, 2006).

2.2.1 Precipitação pluviométrica

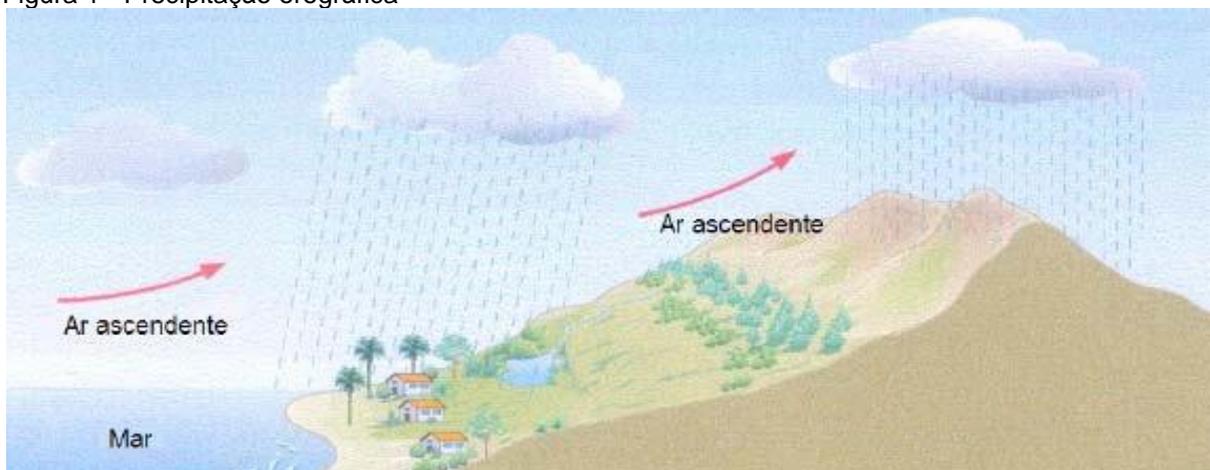
A precipitação pluviométrica tem grande destaque em estudos climáticos, na análise do seu acontecimento de maneira excessiva ou deficiente, devido ao impacto direto que este tipo de precipitação provoca aos setores produtivos da sociedade. (AMORIM et al., 2008).

Dentre as variáveis meteorológicas, pode-se destacar a precipitação pluviométrica como sendo uma das de maior importância para a sociedade, pois atua diretamente sobre vários aspectos ligados as atividades humanas. No entanto, a precipitação é uma das variáveis climatológicas mais difíceis de serem observadas, uma vez que apresenta erros instrumentais, de exposição e de localização.

Existem formas diferentes de precipitação, são classificadas conforme o mecanismo que provoca a ascensão do ar. Assim, os tipos de chuvas existentes são: orográficas, frontais ou ciclônicas, e convectivas.

Na Figura 1 está representado a precipitação do tipo orográfica.

Figura 1 - Precipitação orográfica



Fonte: May & Prado (2004).

Varejão-Silva (2005) estabelece que a precipitação orográfica é resultado de uma massa de ar quente e úmida que se move ao longo de uma região, esta acaba sendo forçada a ascender devido a uma obstrução, como altas cadeias de montanha.

A zona frontal é definida como a região de transição vertical entre massas de ar que apresentam diferentes características termodinâmicas; já as frentes podem ser estabelecidas como a intersecção entre a superfície da zona frontal e a superfície da Terra. As frentes podem ser classificadas como frias ou quentes, conforme o seu movimento e temperatura; em uma frente fria o ar frio avança em direção ao mais quente, já a frente quente ocorre quando uma massa de ar frio recua, permitindo o avanço do ar quente. (MOREIRA, 2002).

No caso da precipitação frontal, acaba sendo estabelecidas pelo confronto entre duas grandes massas de ar, uma quente e outra fria. Quando é a massa fria que avança, o resultado é uma frente fria; caso contrario, for a massa quente, uma frente quente se desenvolve. (VAREJÃO-SILVA, 2005).

A Figura 2 apresenta o esquema da precipitação frontal (frente quente).

Figura 2 - Precipitação frontal



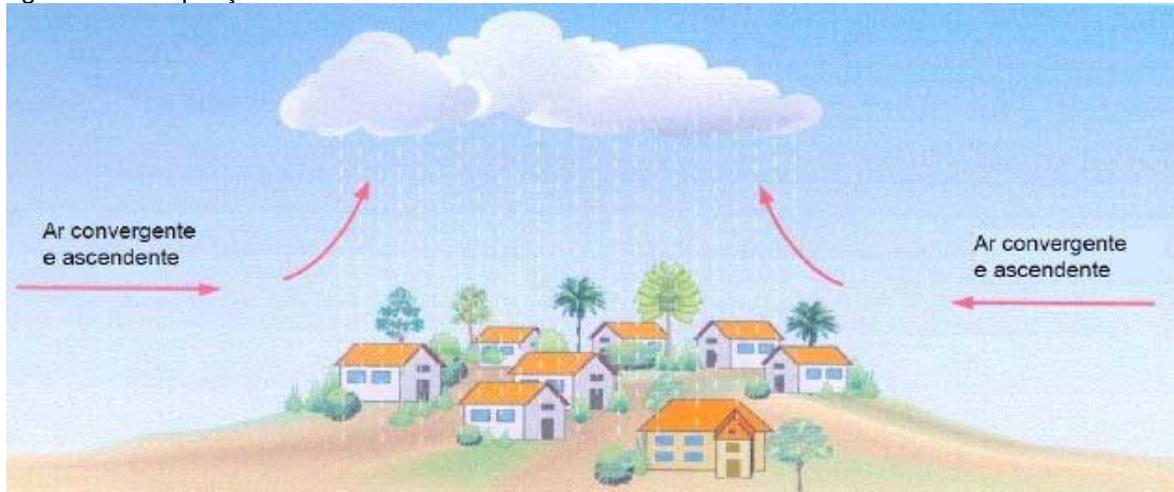
Fonte: May & Prado (2004).

A precipitação convectiva acontece por intermédio de uma massa de ar instável que rapidamente se eleva na atmosfera a partir de uma área que se aquece. (VAREJÃO-SILVA, 2005).

O processo de convecção ocorre devido ao movimento ascendente de ar úmido se estabelece por intermédio das baixas pressões na superfície, promovidas por aquecimento do ar próximo a superfície ou por interações dinâmicas ocasionadas pela troca de calor entre diferentes massas de ar na atmosfera. (AZEVEDO, 2015).

A Figura 3 estabelece o esboço da precipitação convectiva.

Figura 3 - Precipitações convectivas



Fonte: May & Prado (2004).

Tendo em vista as chuvas em relação a sua intensidade, são consideradas fracas as chuvas de até 2,5 mm/h, as garoas precipitam de maneira bastante uniformes; as chuvas moderadas variam entre 2,5 a 7,5 mm/h, já as precipitações pluviométricas para serem consideradas elevadas ou fortes deve ter intensidade superior a 7,5 mm/h. (REICHARDT, 1986).

As precipitações são componentes hidrológicos responsáveis por definir eventos climáticos de uma região, como ainda interferem em questões de planejamento e gestão das mais diversas atividades inseridas na sociedade. Neste contexto pode ser colocado que:

As chuvas, de modo particular, representam um influente fator no planejamento de várias atividades humanas e, ocorrendo em quantidade adequada e num período ótimo, beneficiam enormemente o cultivo, crescimento, amadurecimento das plantas e o rendimento das atividades associadas à agricultura, à pesca, à pecuária e, também, ao abastecimento de água para consumo. (MOURA et al., 2015, p.4).

Neste sentido, apresenta-se de extrema importância o estudo e compreensão desse elemento essencial ao ambiente climático, como ainda o seu papel de destaque na contribuição significativa para o domínio científico, comercial e educacional, tais como: Meteorologia, Agronomia, Biologia, Ciências Ambientais, Ensino de Ciências, Construção Civil e etc. (PEREA MARTINS, 2003).

2.2 Clima semiárido

Alves (2016) apresenta o clima como dos muitos sistemas que compõem a natureza, que pode sofrer grandes mudanças estruturais por intervenções humanas, porém estas modificações são difíceis de identificar, pois os limites atmosféricos do clima não são rígidos e bem definidos.

Ainda sobre o clima, Strhaler e Strahler (1989) coloca que:

O clima tem sido sempre em geografia física a pedra de toque que constitui a base para uma racionalização física definida do globo. Em um sentido mais amplo, clima é uma condição característica da atmosfera próxima à superfície terrestre em um lugar, ou sobre uma região determinada. (STRHALER; STRAHLER, 1989, p.147).

Os sistemas de classificações climáticas (SCC) são essencialmente relevantes para compreensão e análise das definições climáticas existentes nas mais variadas regiões, assim é muito importante levar em consideração a diversidade dos elementos climáticos. Rolim et al. (2007) coloca que um dos principais SCC, é o de Köppen, baseado na análise da temperatura média do ar e na precipitação pluvial.

Neste contexto, o clima recebe uma classificação conforme o método de Köppen, apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 - Tipos climáticos de Köppen-Geige

Tipos climáticos de Köppen-Geiger	
Af	Equatorial úmido
Am	Tropical de monção (chuvas no verão)
Aw	Tropical de savana com estação seca de inverno
BWh	Árido desértico seco e quente
BSh	Semiárido seco e quente
Cfa	Temperado úmido com verão quente
Cfb	Temperado úmido com verão temperado
Cwa	Temperado úmido com inverno seco e verão quente
Cwb	Temperado úmido com inverno seco e verão morno

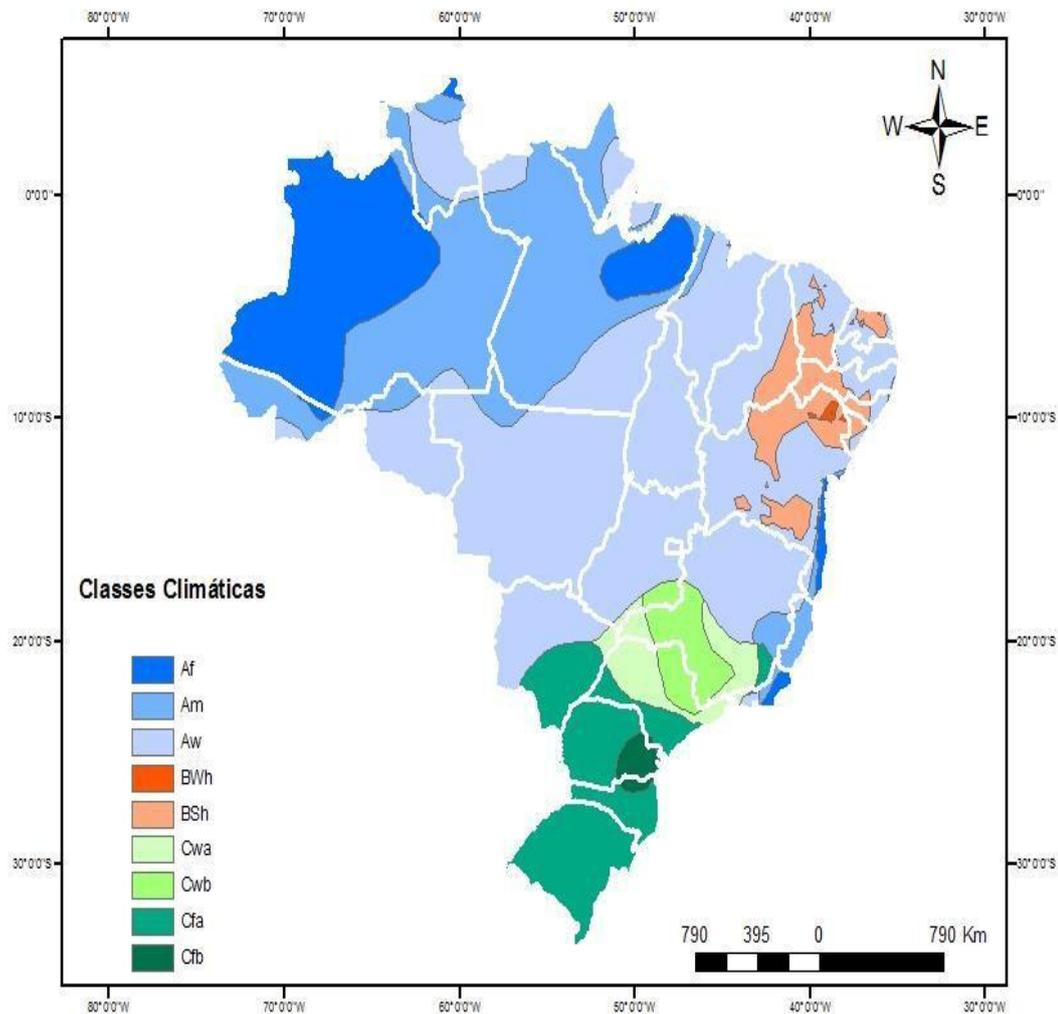
Fonte: Sampaio et al. (2011). Adaptado.

Sampaio et al. (2011) coloca que:

O Brasil possui uma grande diversidade climática atribuída dentre vários fatores a sua fisionomia geográfica, a extensão territorial, o relevo e a dinâmica das massas de ar. Este último fator é de suma importância porque atua diretamente tanto na temperatura quanto na pluviosidade, provocando as diferenciações climáticas regionais. (SAMPAIO et al., 2011, p. 8858).

A Figura 4 mostra a classificação climática de conforme o método de Köppen-Geiger para o Brasil.

Figura 4 - Mapa de classificação climática de Köppen-Geiger para o Brasil.



Fonte: Sampaio et al. (2011).

Para Cirilo et al. (2007), dentre os vários tipos de clima estabelecidos no Brasil, o clima semiárido é estabelecido em áreas onde ocorrem precipitações médias entre 250 e 700 mm anuais, apresentando uma pastagem seca no período de estiagem e com uma vegetação arbustiva.

Assim, define-se que o Nordeste brasileiro no ponto de vista climático é uma região semiárida, pois apresenta substanciais variações temporal e espacial das

precipitações pluviométricas, como ainda das elevadas temperaturas ao longo do ano.(AZEVEDO et al., 1998).

Conforme a Resolução Nº 115, de 23 de novembro de 2017, da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE fica estabelecido uma a nova delimitação do semiárido brasileiro, que agora é composta por 1.262 municípios, dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais. (SUDENE, 2017).

Na Figura 5 está representada a mais recente delimitação do semiárido brasileiro.

Figura 5 - Delimitação do Semiárido



Fonte: SUDENE (2017).

A região do semiárido do Brasil apresenta uma maior vulnerabilidade climática, caracterizado por uma má distribuição das chuvas. Neste contexto, existem

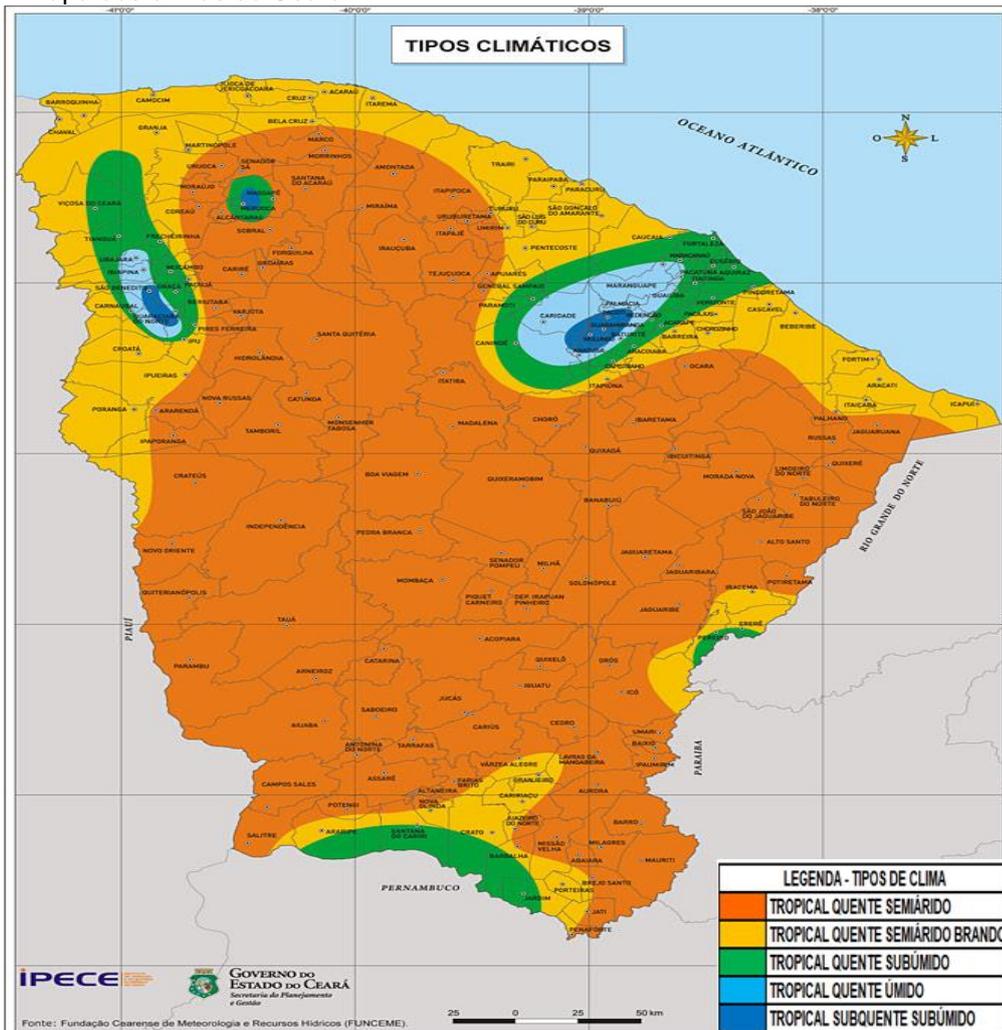
vários estudos aprofundados que analisam a variação do clima no Nordeste ao longo de alguns períodos. (MARENGO, 2002).

Neste contexto, Oliveira (2018) estabelece que:

[...] a irregularidade das chuvas na região semiárida não é uma raridade: há anos com chuvas torrenciais capazes de deixar marcas na geomorfologia da região, e outros com estiagens consecutivas. O fato é que diversos fatores interferem nessa dinâmica climática, dentre eles: ZCIT, VCAN, SCM, LI e OL, além dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, e as frentes frias do Sul. (OLIVEIRA, 2018, p.116).

No caso específico do estado do Ceará tem-se que a climatologia é definida por elevadas temperaturas, baixos índices de nebulosidade, elevadas taxas de evaporação, forte insolação e pela marcante irregularidade das chuvas no tempo e no espaço. Neste contexto, compreende-se que o estado apresenta um clima específico e predominante como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Mapa dos climas do Ceará.



Fonte: IPECE (2019). Adaptado.

Pela leitura do mapa, observa-se que o clima predominante no Ceará é o semiárido, assim, o estado é marcado por longos períodos de secas, em decorrência das altas temperaturas e aos níveis de evaporação elevados, característicos deste tipo de clima.

2.3 Regime de chuvas no Nordeste Brasileiro

O sertão nordestino é marcado por grandes variações de chuva, tanto temporal como espacialmente e caracterizado por elevadas temperaturas registradas durante todo o ano, onde as amplitudes térmicas máximas são em torno de 6°C. (AZEVEDO et al., 1998).

O regime de chuvas da região Nordeste é marcado por:

[...] precipitações médias anuais muito irregulares em uma grande variabilidade espacial, ou seja, o clima é marcado pelo regime e quantidade de precipitação pluviométrica, oscilando entre as características de escassez, irregularidades e concentrações em um pequeno período de tempo. Em certas épocas anuais, verificam-se comumente duas estações bem marcadas, uma curta (estação chuvosa), apresentando precipitações de 3 a 4 meses; e uma longa (estação seca), onde predomina a estiagem, com forte atuação da evapotranspiração. (OLIVEIRA, 2018, p.88).

A distribuição mensal da precipitação para o Nordeste do Brasil, apresenta uma predominância do período chuvoso no verão, entre os meses de dezembro e abril, em quase toda área semiárida. Para Molion e Bernardo (2002) os principais mecanismos que estabelecem as chuvas na região nordestina do Brasil são os Sistemas Frontais, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as perturbações ondulatórias no campo dos ventos alísios. Uvo (1989) coloca que no norte do Nordeste brasileiro a (ZCIT) é o fator mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas.

Diferentes escalas de espaço e tempo são processadas por meio da dinâmica da atmosfera, em função da ocorrência de fenômenos que operam em escala global, como é o caso das grandes células de circulação meridional, *El Niño/La Niña* e Oscilação Sul (ENOS), Dipolo do Atlântico; acontecem ainda devido aos fenômenos característicos da região, como no caso das massas de ar e dos sistemas atmosféricos secundários. (FRANÇA et al., 2000).

Os eventos extremos de precipitação pluviométrica do sertão nordestino estão diretamente ligados aos diversos fatores climáticos característicos da região. Assim, o estudo específico do comportamento desses eventos é extremamente

necessário e muito importante para a prevenção dos impactos negativos associados a este fenômeno.

Malvezzi (2007) coloca que o semiárido nordestino apresenta um grande déficit hídrico, mas não pela falta de chuva ou de água, na verdade a grande questão que envolve este problema ambiental está diretamente relacionada a evaporação, que é de 3.000 mm/ano, três vezes maior do que a precipitação. Assim, compreende-se a extrema necessidade de trabalhar com o armazenamento planejado da água das chuvas, para minimizar o *déficit* hídrico no sertão nordestino do Brasil.

2.3.1 Pluviosidade do Ceará

As estações climáticas do Ceará são definidas em dois períodos: período chuvoso (de janeiro a junho) e período seco (de julho a dezembro), que se concentram durante o primeiro e o segundo semestre do ano, respectivamente. (REIS, 2018).

As chuvas no Ceará são promovidas por alguns fatores atmosféricos, entre estes, a ZCIT é considerada por vários teóricos como o principal. Melo (1997) afirma que a ZCIT é extremamente importante na definição da qualidade do período chuvoso para o norte do Nordeste brasileiro, principalmente para o estado do Ceará. Neste contexto, Reis (2018) afirma que:

A zona de convergência intertropical (ZCIT) se apresenta como principal sistema causador de chuvas da estação chuvosa cearense, além da proximidade das frentes frias, os vórtices ciclônicos e a formação de Complexos Convectivos de Mesoescala. Condições termodinâmicas dos Oceanos Pacífico e Atlântico (El-Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico) também influenciam o regime de chuvas do Estado. (REIS, 2018, p.35).

A pluviosidade do estado é marcada por uma elevada irregularidade das chuvas, caracterizada pela dinâmica climática que ocorre em todo o Nordeste do Brasil. Assim, o ritmo da precipitação acontece predominantemente entre os meses de janeiro a junho.

Rodriguez e Silva (2002) coloca acerca da delimitação climática do Ceará, que as paisagens subúmidas ficam na parte litorânea, já as paisagens mais secas ou áridas estão localizadas ao oeste e ao sudeste do estado, e que o clima subúmido com a vegetação mais densa e maior pluviosidade é característica nas adjacências das chapadas e serras do estado.

2.4 Bacias Hidrográficas

Conforme Tucci (1997), denomina-se Bacia Hidrográfica a área de entrada da água proveniente das precipitações e de saída que escoam para um único ponto chamado de exutório. A confluência de água a um único leito acontece quando cursos de água de extensões variadas compõem uma rede de drenagem.

Diversas definições de Bacia Hidrográfica foram formuladas ao longo do tempo por diversos autores, destaca-se o conceito estabelecido por Christofolletti:

Bacia Hidrográfica é uma área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto, de tal forma que os elementos presentes, como as matérias e energias, representem funções próprias e independentes, estruturadas e relacionadas entre si. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.102).

Cunha (2001) define como uma compartimentação geográfica natural estabelecida por um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, limitada perifericamente pelo chamado divisor topográfico, que determina que a água das chuvas ou infiltra no solo para a formação de nascentes e de lençol freático, ou escoam superficialmente formando riachos e rios.

Lima (2012) coloca que o comportamento hidrológico de uma Bacia Hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, etc.) e do tipo da cobertura vegetal existente. Tem-se ainda que a definição das características físicas e bióticas de uma bacia são extremamente significativos para os processos do ciclo hidrológico, pois acabam por influenciar a infiltração por exemplo, como também a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, os escoamentos superficiais e subsuperficiais.

Neste sentido, Tonello (2005) ressalta a importância do comportamento hidrológico de uma Bacia Hidrográfica, levantando os pontos de como este é afetado por ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, o homem acaba interferindo nos processos do ciclo hidrológico.

2.4.1 Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão

As Bacias Hidrográficas são adotadas como áreas preferenciais para o planejamento dos recursos hídricos. Em aproximadamente 1980, devido a modernização das formas de gestão da água, com a incorporação do conceito de sustentabilidade, a gestão e planejamento ambiental da água passaram a ser

colocados como ponto importante nas políticas públicas de desenvolvimento de vários países. (MAGALHÃES JR., 2007).

Neste contexto, Ghezzi (2003) coloca que:

As Bacias Hidrográficas constituem-se em instrumentos de grande interesse científico, em virtude da riqueza de informações que delas podem ser extraídas. Através de estudos em seu interior, podem ser observados diversos aspectos indicadores, como sua forma, grau de conservação e possibilidades de sua exploração pelo homem, tornando-a um excelente objeto para desenvolver projetos relacionados ao planejamento ambiental, (GHEZZI, 2003, p. 5).

Santos (2004) coloca que não existe uma área no nosso planeta que não esteja ligado ou interaja a uma Bacia Hidrográfica, assim, quando o problema principal e efetivo da sociedade é água, a solução deve estar diretamente ligada ao seu manejo e manutenção.

Conforme Lima et al. (2016), a concepção da Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão é a Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, definida pelo autor como:

Uma ferramenta importante na concepção da bacia como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos é a Lei Federal nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, os fundamentos propostos nesta legislação permitem compreender qual deve ser a base para a elaboração do sistema de gestão, os mesmos são apresentados a seguir: (I) a água é um bem de domínio público; (II) a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; (III) em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; (IV) a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; (V) a Bacia Hidrográfica e a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; (VI) a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. (LIMA et al., 2016, p. 3).

Neste sentido, compreende-se que a adoção da Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento é extremamente relevante para o avanço na gestão dos recursos hídricos, pois promove a praticidade ao confrontar as disponibilidades e as demandas, essencialmente já definidas por meio do planejamento e gestão.

Portanto, o processo de planejamento e gerenciamento de Bacias Hidrográficas possibilita uma possível solução de problemas relacionados à água, priorizando o controle de inundações, como ainda o cuidado e manutenção do controle de abastecimento doméstico e industrial. (CUNHA; GUERRA, 1999).

2.4.2 Bacia Metropolitana do Ceará

O estado do Ceará está dividido em 12 Bacias Hidrográficas conforme a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH), que são: Acaraú, Alto Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Banabuiú, Coreaú, Curu, Litoral, Médio Jaguaribe, Metropolitana, Salgado, Serra da Ibiapaba e Sertões de Crateús.

Na Figura 7 está representado o mapa das Bacias Hidrográficas do Ceará.

Figura 7 - Mapa das Bacias Hidrográficas do Ceará.



Fonte: Reis (2018).

Considerada uma das principais Bacias Hidrográficas do Ceará, a Bacia Metropolitana define-se por uma representativa heterogeneidade na distribuição espaço-temporal da precipitação e no escoamento de suas águas, isto ocorre devido a diferentes características dos municípios que a compõem.

Benevides (2011) estabelece que a Bacia Hidrográfica Metropolitana está localizada na porção nordeste do Ceará, limitada ao norte pelo Oceano Atlântico, ao sul pela Bacia Hidrográfica do Banabuiú, ao leste pela Bacia Hidrográfica do Jaguaribe e à oeste pela Bacia Hidrográfica do Curu.

A Figura 8 apresenta o mapa da localização das sub bacias Metropolitanas:

Figura 8 - Localização das Bacias Metropolitanas



Fonte: COGERH (2019).

As sub bacias que compõem a bacia metropolitana abrangem os territórios ou parte dos territórios dos municípios de Acarape, Aquiraz, Aracoiaba, Barreira, Baturité, Beberibe, Capistrano, Cascavel, Caucaia, Choro, Chorozinho, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Horizonte, Itapiúna, Itaitinga, Maracanaú, Ocara, Pacajus, Pacatuba, Pindoretama, Redenção e parte dos municípios de Aracati (8,97%), Aratuba (83,40%), Canindé (20,10%), Fortim (65,61%), Guaramiranga (82,24%), Ibaretama (87,07%), Maranguape (94,03%), Morada Nova (22,72%), Mulungu

(65,04%), Pacoti (95,05%), Palhano (40,47%), Palmácia (94,66%), Paracuru (17,80%), Pentecoste (29,03%), Quixadá (21,82%), Russas (14,02%) e São Gonçalo do Amarante (64,46%). (CEARÁ, 2009).

A região hidrográfica Metropolitana pode ser definida como uma das principais bacias do estado do Ceará, pois possui uma grande relevância para o abastecimento da numerosa população que reside nessa região do estado, assim os volumes que são escoados e armazenados em reservatórios se estabelecem como o principal manancial hídrico de abastecimento para a população e para as demais atividades econômicas e industriais.

2.5 Principais sistemas atmosféricos atuantes no Ceará

O Brasil possui dimensões continentais, estendendo-se por diferentes latitudes. Somado a isso, o relevo diversificado da América do Sul (AS), como por exemplo, a presença da Cordilheira dos Andes, contribui para uma climatologia heterogênea, na qual atuam diversos sistemas atmosféricos (REBOITA et al., 2010).

No estado do Ceará os principais sistemas atmosféricos que influenciam o tempo e o clima dessa região nordestina são estabelecidos por Oliveira (2018) no Quadro 2.

Quadro 2 - Principais fenômenos atmosféricos que influenciam a dinâmica climática do Ceará

FENÔMENOS ATMOSFÉRICOS	CARACTERÍSTICAS	ATUAÇÃO
Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)	É um dos mais importantes sistemas meteorológicos que atuam nos trópicos. É uma banda de baixa pressão e convergência dos alísios em baixos níveis que circunda a faixa equatorial do globo terrestre. Considerado o principal sistema gerador de precipitação no Nordeste brasileiro.	Determina a quadra chuvosa de fevereiro a maio e os totais anuais.
Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN)	Sistemas de baixa pressão fechados que se formam na alta troposfera são também chamados de baixas desprendidas e de baixas frias, pois apresentam centro mais frio que a sua periferia.	Atuação em dezembro, janeiro e fevereiro
Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM)	São aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo e pressão. Estes provocam chuvas fortes e de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento. São formados dentro do raio de influência da ZCIT.	Atuação nos meses de fevereiro a maio.

Fonte: Oliveira (2018). Adaptado.

Continua.

Continuação.

Quadro 2 - Principais fenômenos atmosféricos que influenciam a dinâmica climática do Ceará

Linhas de Instabilidade (LI)	São bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cumulus, organizadas em forma de linha. São formadas dentro do raio de influência da ZCIT.	Atuação nos meses de fevereiro a maio.
Ondas de Leste (OL)	São ondas que se formam no campo de pressão atmosférica e estão intimamente associadas ao campo de atuação dos ventos alísios, adquirindo uma maior intensidade na baixa troposfera	Geralmente, atingem o Estado do Ceará nos meses de junho a agosto.

Fonte: Oliveira (2018). Adaptado.

De acordo com os dados apresentados no Quadro 2, observa-se que as divisões das chuvas no estado ocorrem por características distintas em cada determinado período do ano; dezembro e janeiro são provocadas por VCAN, de fevereiro a maio devido a ZCIT e sistemas secundários, como Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) e Linhas de Instabilidade (LI), de junho e julho são resultantes das Ondas de Leste, cuja entrada predominante ocorre na parte litorânea leste do Estado do Ceará.

Além destes sistemas atmosféricos, outras condições oceânicas podem influenciar o regime de chuvas no Nordeste, em específico o estado do Ceará. A dinâmica da movimentação das baixas e altas pressões no sistema Oceano-Atmosfera, como são os casos *El Niño* (aquecimento das águas do oceano), *La Niña* (resfriamento das águas do oceano) e o Dipolo do Atlântico.

No entanto, de todos os fenômenos relacionados aos eventos de precipitações no estado do Ceará, a ZCIT é o mais atuante e relevante para o desenvolvimento da pluviometria da região.

2.6 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

O regime de precipitação da faixa norte do nordeste brasileiro está intensamente ligado à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a faixa de nuvens que se encontra próxima a região equatorial, e sua migração sazonal sobre a região do Atlântico Tropical.

A ZCIT promove o aparecimento esporádico de uma banda dupla sobre a região do oceano Atlântico, que ocorre principalmente durante os meses de fevereiro,

março e abril, e está relacionada há anos de precipitação mais intensa sobre o Nordeste. (UVO, 1989).

Conforme Lima e Pinto (2012), a ZCIT é formada pela confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte e Sul, esse evento ocasiona movimentos ascendentes do ar com alto teor de vapor d'água, subindo na atmosfera ele é resfriado e condensado dando origem ao aparecimento de nuvens numa faixa que é conhecida por ter a mais alta taxa de precipitação do globo terrestre.

Para Molion e Bernardo (2002) são nos meses do período chuvoso do Nordeste brasileiro que a ZCIT atua nessa região de maneira mais intensa; este fator atmosférico se torna ainda mais predominante nos anos em que sistemas frontais alcançam latitudes equatoriais sobre o Atlântico, agindo sobre os Hemisférios Sul e Norte.

Conforme Melo (1997), os estados mais afetados pela ZCIT são: norte e centro do Maranhão e Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e os sertões da Paraíba e Pernambuco. No caso específico do Ceará a ZCIT se apresenta como o sistema mais importante para o regime de chuvas do estado, além da proximidade das frentes frias, os vórtices ciclônicos e a formação de Complexos Convectivos de Mesoescala.

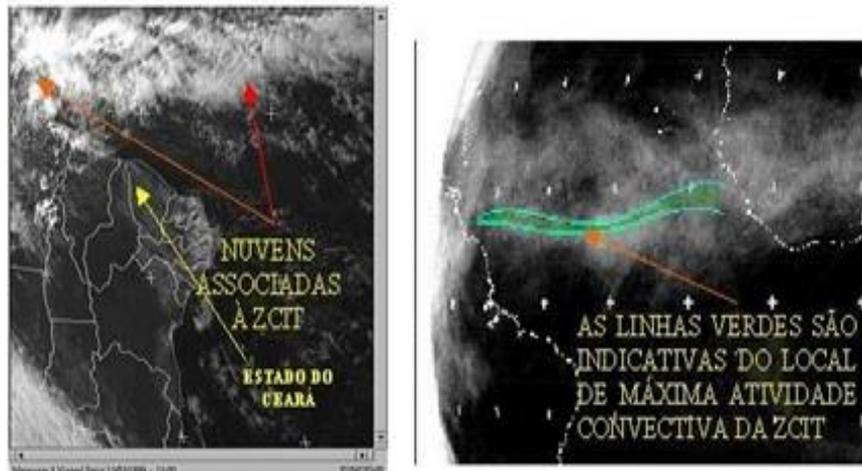
Cabe ressaltar a importância das condições termodinâmicas dos Oceanos Pacífico e Atlântico (El-Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico) que também influenciam o regime de chuvas do Estado. No caso do Dipolo do Atlântico ocorre um gradiente inter-hemisférico anômalo nas TSM's interferindo no deslocamento da ZCIT, pois a mesma mantém-se sempre posicionada sobre a bacia oceânica que esteja submetida o maior aquecimento de suas águas. (MELO et al., 2009).

Para a Fundação Cearense de Meteorologia de Recursos Hídricos (FUNCEME) a ZCIT pode ser definida como:

O sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro para posições mais ao sul e aproximadamente 4°S, em março-abril. A ZCIT é uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul. De maneira simplista, pode-se dizer, que a convergência dos ventos faz com que o ar, quente e úmido ascenda, carregando umidade do oceano para os altos níveis da atmosfera ocorrendo a formação das nuvens. A ZCIT é mais significativa sobre os Oceanos e por isso, a Temperatura da Superfície do Mar-TSM é um dos fatores determinantes na sua posição e intensidade. (FUNCEME, 2014).

Na Figura 9 está estabelecido a imagem via satélite da ZCIT no Ceará.

Figura 9 - Localização da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT



Fonte: Manual de operações da sala de situação do Ceará. (COGERH, 2016)

Neste contexto, para a melhor compreensão da variabilidade pluvial das precipitações no Nordeste do Brasil entende-se que a influência da ZCIT, como ainda os fenômenos atmosféricos e oceânicos são fatores extremamente relevantes e fundamentais a serem analisados. (LUCENA et al., 2011).

2.7 *El Niño e La Niña*

A variabilidade das chuvas na região nordeste do Brasil está diretamente ligada a temperatura da superfície do mar (TSM) ocorridas no Oceano Pacífico Equatorial. Dentre outros fatores, os períodos de estiagem estão ligados ao fenômeno *El Niño*, situação que desfavorece a ocorrência de chuvas. Por outro lado, anos em que ocorre o fenômeno *La Niña* acontece um favorecimento da ocorrência de períodos chuvosos (FERREIRA; MELLO, 2005).

Castro (2013) coloca que a ocorrência da variabilidade pluviométrica do Nordeste brasileiro deve-se:

[...] a ocorrência do *El Niño*, associado ao Dipolo do Atlântico positivo, contribui para que ocorra precipitação pluviométrica abaixo da média no norte do Nordeste brasileiro, abrangendo a área do presente estudo. O fenômeno *La Niña* associado ao Dipolo negativo do Atlântico, ao contrário do *El Niño*, é responsável pelo aumento das chuvas, proporcionando anos chuvosos na região Nordeste. (CASTRO, 2013, p.66).

O aumento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial Leste, sinaliza o acontecimento do fenômeno atmosférico-oceânico *El Niño*, a ocorrência do fenômeno provoca impactos de níveis globais como

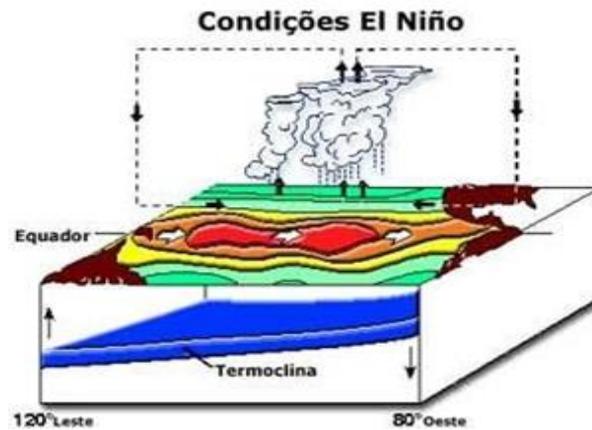
alterações no regime de chuvas em regiões tropicais de médias latitudes, mudanças no clima e variações na direção dos ventos alísios que varia ao longo do ano.

Levando em considerações características mais globais, outros indicadores podem promover ou indicar o acontecimento dos eventos de *El Niño* e *La Niña*, como é o caso do Índice de Oscilação Sul (IOS). Alves (2015) afirma que:

Além de índices baseados nos valores da TSM no Oceano Pacífico equatorial, o fenômeno ENOS pode ser também quantificado pelo Índice de Oscilação Sul (IOS), sendo esse representado pela diferença de Pressão ao Nível do Mar (PNM) entre o oceano Pacífico Central (Taiti) e o oceano Pacífico do Oeste (Darwin/Austrália). Valores negativos e positivos da IOS são indicadores da ocorrência do *El Niño* e *La Niña* respectivamente. (ALVES et al., 2015, p.34)

O caso do fenômeno de *El Niño* está identificado na Figura 10.

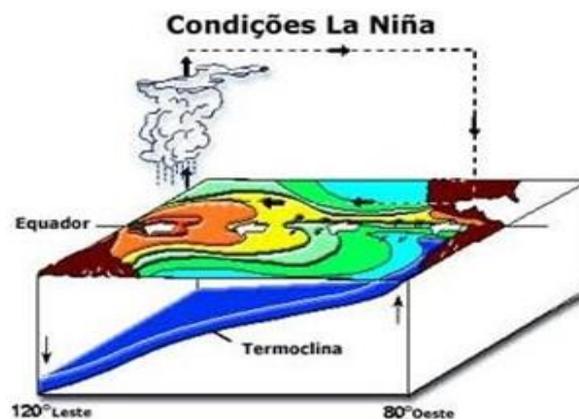
Figura 10 - Condições de *El Niño*



Fonte: Alves et al. (2015).

Já as condições de ocorrência do evento *La Niña*, fenômeno oposto ao *El Niño* está representado na Figura 11.

Figura 11 - Condições de *La Niña*



Fonte: Alves et al. (2015).

Os impactos de *La Niña* possuem uma certa tendência de atuarem de maneira oposta ao comportamento do *EL Niño*, como já colocado anteriormente, este evento oceânico-atmosférico conhecido como *La Niña* apresenta como principal característica um anômalo processo de resfriamento da (TSM) nas águas do Oceano Pacífico Tropical.

2.8 Dipolo do Atlântico

Conforme Aragão (1998), o Dipolo do Atlântico pode ser definido como um fenômeno do oceano/atmosférico, caracterizado como uma modificação da anomalia da temperatura superficial da água do mar no Oceano Atlântico Tropical. Assim as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias, o que acaba por permitir os movimentos descendentes transportarem o ar frio e seco dos altos níveis da atmosfera sobre a região setentrional, central e sertão do Nordeste brasileiro.

O padrão do Dipolo do Atlântico apresenta duas fases, a primeira que é responsável por inibir a formação de nuvens e reduzindo os eventos de precipitações (Fase Positiva do Dipolo), e fase de quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes, pode-se ocorrer um aumento nos movimentos ascendentes sobre estas regiões, permitindo a formação das nuvens e aumentando o regime de chuvas da região (Fase Negativa do Dipolo). (ARAGÃO, 1998).

Neste contexto, o Dipolo do Atlântico pode ser definido como um fenômeno de efeito significativo para o regime de precipitação, como também é essencial para a variação climática de uma determinada região.

3 METODOLOGIA

Compreende-se que os estudos das precipitações são de grande relevância para os mais diversos campos que constroem uma sociedade, pois para a realização das mais variadas atividades, a água é estabelecida como o insumo essencial e indispensável.

Neste contexto, desenvolveu-se uma pesquisa do tipo quali-quantitativa, por meio de um estudo sobre as precipitações ocorridas na Bacia Hidrográfica Metropolitana do estado do Ceará. Localizada na porção nordeste do Estado, a Bacia Metropolitana é limitada ao sul pela Bacia do rio Banabuiú, ao leste pela Bacia do rio Jaguaribe, ao oeste pela Bacia do rio Curu, e ao norte pelo Oceano Atlântico. (CEARÁ, 2009).

Este trabalho foi iniciado por meio do levantamento bibliográfico de todo material teórico fundamental para o embasamento deste estudo, foram realizadas diversas leituras e análises de inúmeras publicações relacionadas a temática em questão. Os principais autores consultados foram: Uvo (1989), Ayoade (1996), Tucci (2004), Varejão-Silva (2005), Benevides (2011), Castro (2013), Oliveira (2018), Reis (2018), entre outros.

Na segunda etapa, desenvolve-se uma pesquisa documental, por meio da consulta e coleta dos dados que compõem este estudo, estas informações foram obtidas junto aos *sítes* da FUNCEME e CPTEC. Coletou-se inicialmente as quantidades de precipitações ocorridas no período de 1990 a 2019, entre os meses de janeiro a junho, na Bacia Hidrográfica Metropolitana do Ceará; posteriormente foram coletados os dados referentes as quantidades de precipitações em relação aos anos de ocorrência dos eventos de *El Niño* e *La Niña*, e por fim, foram levantados os dados do comportamento do Dipolo do Atlântico durante os anos de 1990 a 2019.

As informações obtidas pela etapa da pesquisa documental, foram dispostas em tabelas e gráficos no *software Excel*, elaborados pela própria autora desta pesquisa; permitindo a construção da análise detalhada dos dados obtidos junto a FUNCEME e CPTEC.

Na etapa de análise dos dados, foram verificados as informações referentes aos anos de ocorrência dos eventos de *El Niño* e *La Niña*, considerando as intensidades (Forte, Moderada e Fraca). Posteriormente, foi verificado o

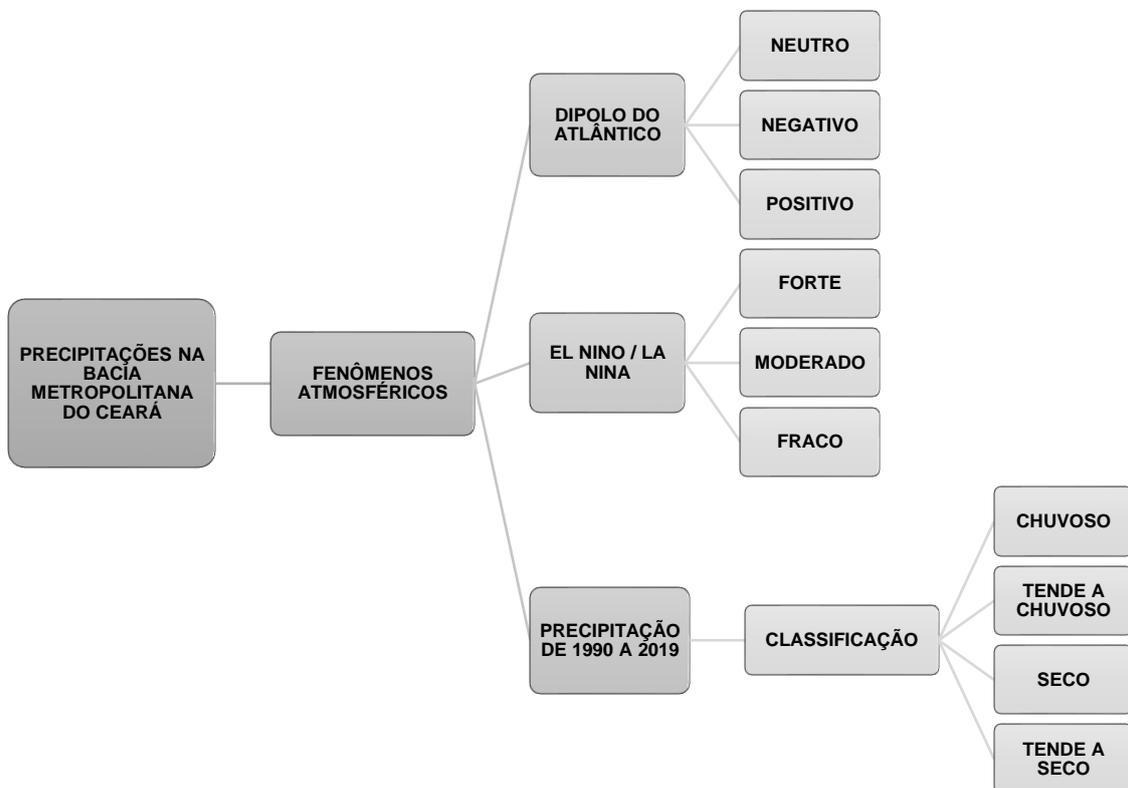
comportamento do fenômeno Dipolo do Atlântico, durante o período estabelecido para este estudo, analisando-se as suas fases positivas, negativa, e de neutralidade.

Para o fechamento do trabalho, foram desenvolvidas as considerações finais acerca da pesquisa proposta por este estudo.

3.1 Etapas da pesquisa

A Figura 12 apresenta o resumo do desenvolvimento das etapas da pesquisa.

Figura 12 - Etapas da pesquisa



Fonte: A autora. (2020).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os dados de precipitações e ocorrência dos fenômenos de El Niño, La Niña e Dipolo do Atlântico na região da Bacia Metropolitana do Ceará, durante os meses de janeiro a junho, dos anos de 1990 a 2019.

4.1 Precipitações na Bacia Metropolitana de 1990 a 2019

Na tabela 1 estão dispostos os dados das chuvas ocorridas durante a quadra chuvosa da região da Bacia Metropolitana do Ceará nos últimos 30 anos. Para o período analisado observou-se que o ano de 2009 foi o mais chuvoso, com a quantidade de 1415,5mm de precipitação. Já o ano como o menor índice de pluviosidade foi 1993, com apenas 353mm de precipitação na região.

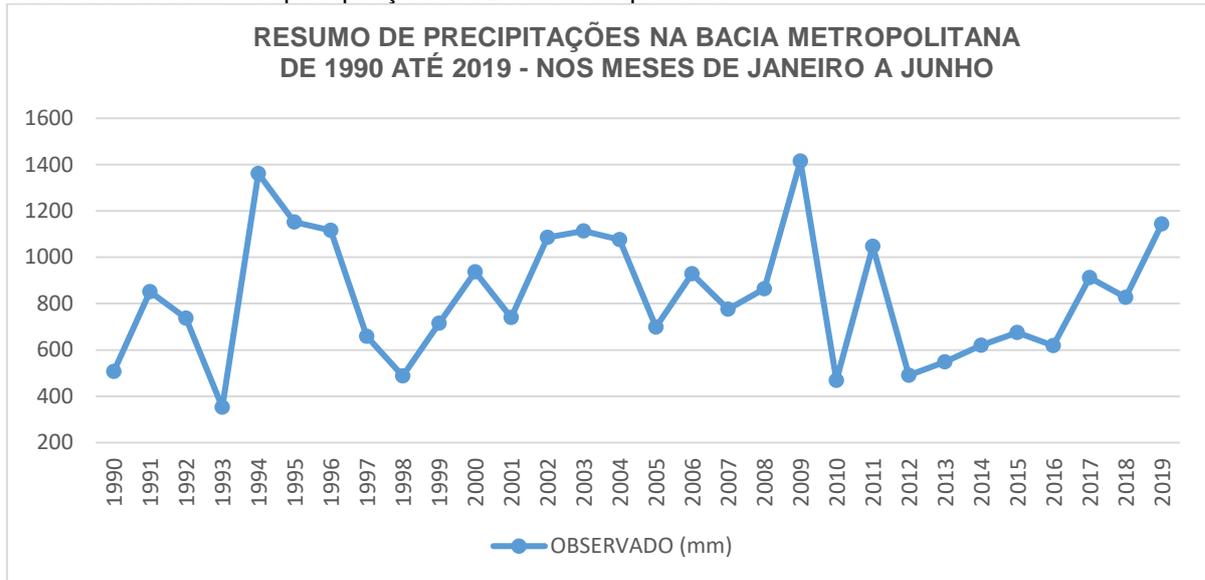
Tabela 1 - Resumo de precipitações na Bacia Metropolitana

RESUMO DE PRECIPITAÇÕES NA BACIA METROPOLITANA DE 1990 ATÉ 2019 - NOS MESES DE JANEIRO A JUNHO					
ANO	OBSERVADO (mm)	ANO	OBSERVADO (mm)	ANO	OBSERVADO (mm)
1990	507,2	2000	937,5	2010	469,2
1991	851,2	2001	739,7	2011	1.047,2
1992	736,7	2002	1086	2012	490,7
1993	353	2003	1.113,7	2013	548,5
1994	1.362	2004	1.076,3	2014	619,6
1995	1.151,5	2005	698,5	2015	675,6
1996	1.116,9	2006	929,3	2016	619,2
1997	658,4	2007	775,4	2017	912,3
1998	487,6	2008	864,1	2018	826,7
1999	715,8	2009	1.415,5	2019	1.143,6

Fonte: FUNCEME. (2020).

O gráfico 1 mostra a curva de tendência das chuvas ocorridas na Bacia Metropolitana do Ceará no período de 1990 a 2019. Observou-se que a curva não segue uma sequência padrão entre os anos analisados, ou seja, os anos chuvosos e secos estão dispostos de maneira bem variada entre todo o período analisado na pesquisa.

Gráfico 1 - Resumo de precipitações na Bacia Metropolitana



Fonte: A autora. (2020).

Observando-se que a tabela e gráfico com os dados de precipitações coletados junto a FUNCEME, constatou-se que a maior quantidade de chuvas na Bacia Metropolitana aconteceu no ano de 2009, com 1415,5 mm de água. O gráfico mostra também, que existe uma tendência de aumento na precipitação, a partir do ano de 2012.

4.2 Ocorrência dos fenômenos de *El Niño* e *La Niña*

As tabelas e gráficos apresentam os dados de precipitações ocorridas nos meses de janeiro a junho, em anos de ocorrência dos fenômenos de *El Niño* e *La Niña*, em seus respectivos níveis de intensidade (Fraco, Moderado e Forte).

Nos anos de 1990 a 2019, o evento de *El Niño* de intensidade fraca ocorreu somente em 1993, com a quantidade de 353mm de precipitação, sendo marcado como o ano mais seco entre todo o período analisado. A tabela 2 mostra os dados das precipitações ocorridas em 1993, durante os meses de janeiro a junho.

Tabela 2 - Precipitação em anos de *El Niño* - Fraco

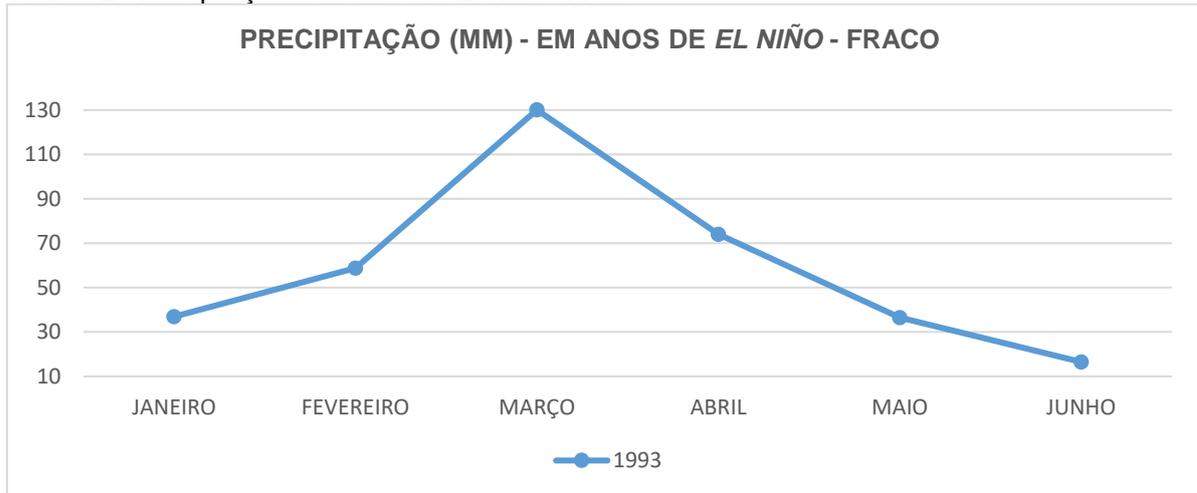
PRECIPITAÇÃO (mm) - EM ANOS DE EL NIÑO - FRACO	
MÊS/ANO	1993
JANEIRO	37
FEVEREIRO	58,8
MARÇO	130,1
ABRIL	74,1
MAIO	36,5

JUNHO	16,5
--------------	------

Fonte: FUNCEME. (2020).

Observa-se que no ano de ocorrência de *El Niño* de intensidade fraca, a maior quantidade de chuvas aconteceu no mês de março, com um registro de 130,1mm, como mostra a curva de tendência no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Precipitações em anos de *El Niño* - Fraco



Fonte: A autora. (2020).

O evento de *El Niño* de intensidade moderada ocorreram nos anos de 2003, 2007 e 2010, entre este período, a maior quantidade de precipitação foi em 2003, com 1113,7mm. Estes dados estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Precipitação em anos de *El Niño* - Moderado

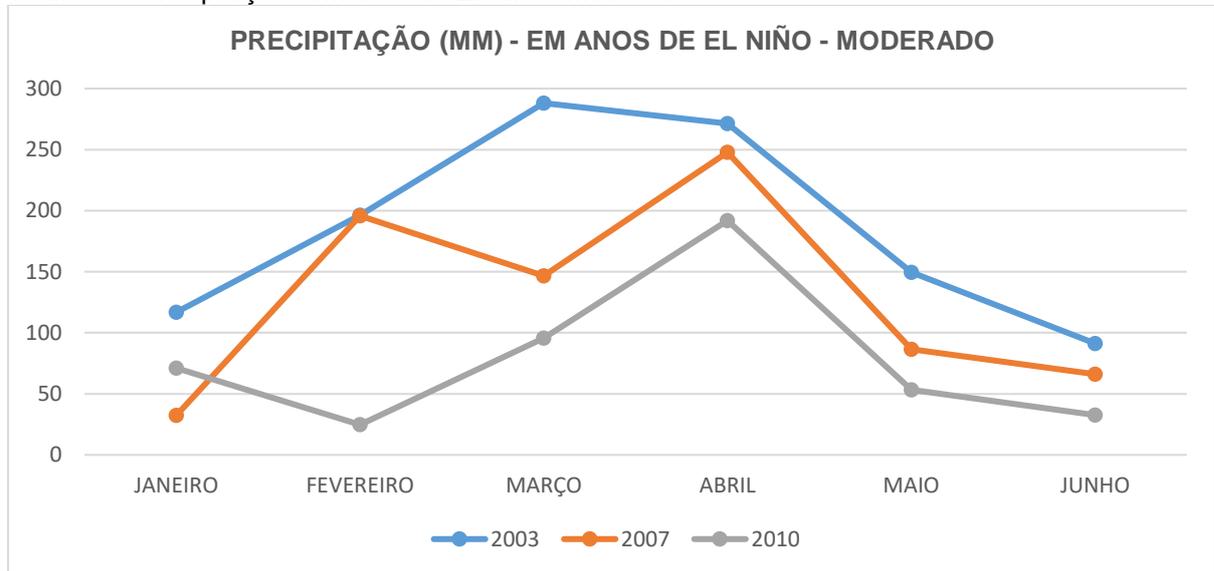
PRECIPITAÇÃO (mm) - EM ANOS DE EL NIÑO - MODERADO			
MÊS/ANO	2003	2007	2010
JANEIRO	116,9	32,4	71,2
FEVEREIRO	196,4	195,9	24,7
MARÇO	288,1	146,6	95,6
ABRIL	271,5	247,8	191,9
MAIO	149,5	86,5	53,2
JUNHO	91,3	66,2	32,6

Fonte: FUNCEME. (2020).

Observa-se que entre todo o período de *El Niño* de intensidade moderada, a maior quantidade de chuvas, ocorreu no mês de abril. Assim, pode-se identificar um padrão de tendência de precipitações, em anos *El Niño* de intensidade moderada.

No Gráfico 3 estas informações podem ser observadas com mais clareza.

Gráfico 3 - Precipitações em anos de *El Niño* - Moderado



Fonte: A autora. (2020).

O evento de *El Niño* de intensidade forte, ocorreram nos anos de 1992, 1998 e 2016. Observou-se que durante estes anos foram registrados baixos índices de precipitações, em 1992 chueu apenas 736,7mm, já no ano de 1998 o registro foi de apenas 487,6mm, e no ano de 2016 a quantidade de precipitação na região foi de 616,9. Estes dados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Precipitação em anos de *El Niño* - Forte

PRECIPITAÇÃO (mm) - EM ANOS DE EL NIÑO - FORTE			
MÊS/ANO	1992	1998	2016
JANEIRO	105,8	155,6	159,1
FEVEREIRO	210,9	53,4	85,7
MARÇO	196,5	162,7	117,8
ABRIL	148,4	77,4	175,3
MAIO	35,5	26,2	53,4
JUNHO	39,6	12,3	27,9

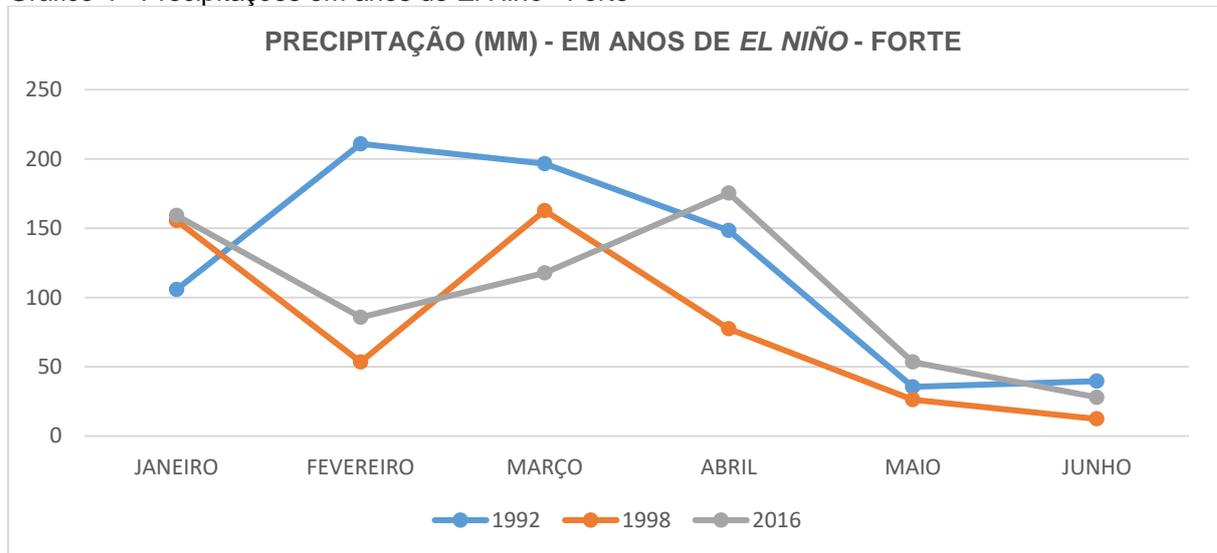
Fonte: FUNCEME. (2020).

Em anos de *El Niño* de intensidade forte, a classificação do mês mais chuvoso variou bastante; no ano de 1992 o mês que mais chuvoso foi fevereiro, já no

ano de 1998 a maior registro de chuvas foi no mês de março, e finalmente no ano de 2016 a maior taxa pluviométrica foi registrada no mês de abril.

No Gráfico 4 estão representados os dados de precipitações para os anos de ocorrência de *El Niño* de intensidade forte.

Gráfico 4 - Precipitações em anos de *El Niño* - Forte



Fonte: A autora. (2020).

Observando os dados coletados do evento de *La Niña* de intensidade fraca, durante os últimos 30 anos, tem-se que o fenômeno ocorreu somente em 1999, com o registro de 715,8mm de precipitação, ou seja com chuvas abaixo da média esperada, caracterizando o ano de 1999 como um ano seco.

Na Tabela 5 estão apresentados os dados de precipitação para este período.

Tabela 5 - Precipitação em anos de *La Niña* - Fraco

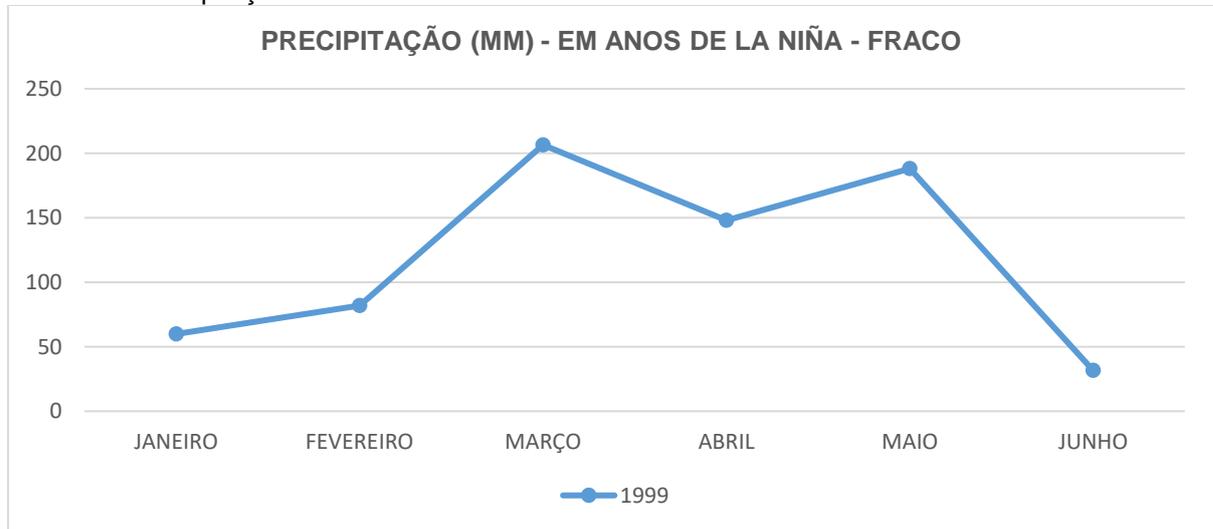
PRECIPITAÇÃO (mm) - EM ANOS DE LA NIÑA - FRACO	
MÊS/ANO	1999
JANEIRO	59,9
FEVEREIRO	81,8
MARÇO	206,5
ABRIL	147,9
MAIO	188,1
JUNHO	31,6

Fonte: FUNCEME. (2020).

Para o período de ocorrência de *La Niña* de intensidade fraca, a maior quantidade de chuvas ocorreu no mês de março, com um registro de 206,5mm, como

mostra a curva de tendência no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Precipitações em anos de *La Niña* - Fraco



Fonte: A autora. (2020).

O evento de *La Niña* de intensidade moderada ocorreu durante 4 anos entre o período analisado nesta pesquisa; foram os anos de 2000, 2008, 2011 e 2018. Entre estes anos, o registro das precipitações foram acima da média prevista, nos anos de 2000 e 2011, e abaixo da média nos anos de 2008 e 2018.

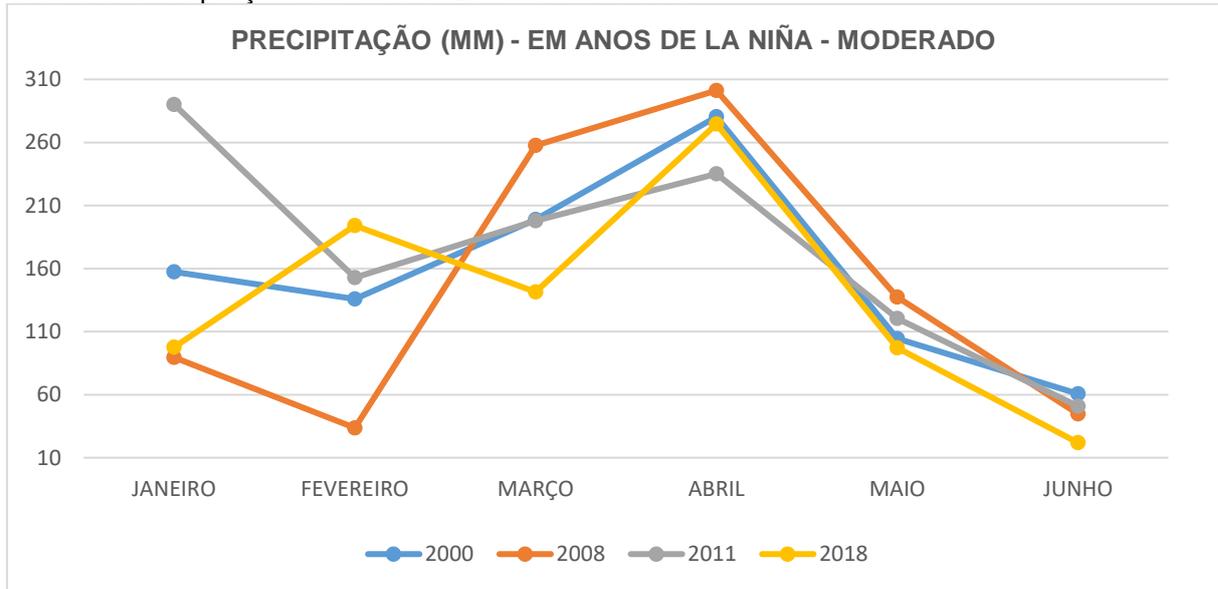
Na Tabela 6 estão dispostos os dados de precipitação para este período.

Tabela 6 - Precipitação em anos de *La Niña* - Moderado

PRECIPITAÇÃO (mm) - EM ANOS DE LA NIÑA - MODERADO				
MÊS/ANO	2000	2008	2011	2018
JANEIRO	157,4	89,5	290,1	97,7
FEVEREIRO	135,9	33,7	152,8	194
MARÇO	198,8	257,7	198	141,4
ABRIL	280,3	301,2	235	274,6
MAIO	104,4	137,3	120,4	97,1
JUNHO	60,7	44,7	50,9	21,9

Fonte: FUNCEME. (2020).

Nos anos de *La Niña* de intensidade moderada, a maior quantidade de chuvas, ocorreu com mais frequência no mês de abril, como mostra a curva de tendência no Gráfico 6. Além disso, observa-se que o aumento na precipitação, até o mês de abril, não segue um padrão.

Gráfico 6 - Precipitações em anos de *La Niña* - Moderado

Fonte: A autora. (2020).

Analisando os dados coletados no *site* da FUNCEME, constatou-se que no período de 1990 a 2019, embora tenha ocorrido anos de *El Niño* e *La Niña*, o evento que apresentou maior frequência para o período analisado neste estudo, foi o caso de neutralidade, ou seja, sem ocorrência de *El Niño* e *La Niña*.

A Tabela 7 mostra os anos com neutralidade durante o período observado.

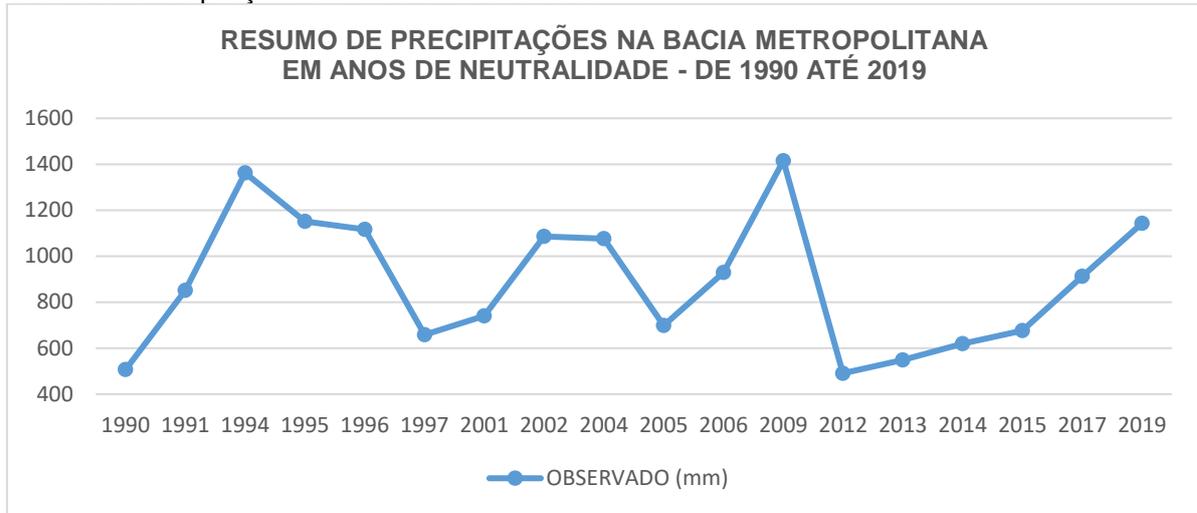
Tabela 7 - Precipitação em anos de neutralidade

RESUMO DE PRECIPITAÇÕES NA BACIA METROPOLITANA			
EM ANOS DE NEUTRALIDADE - DE 1990 ATÉ 2019			
ANO	OBSERVADO (mm)	ANO	OBSERVADO (mm)
1990	507,2	2005	698,5
1991	851,2	2006	929,3
1994	1.362	2009	1.415,50
1995	1.151,50	2012	490,7
1996	1.116,90	2013	548,5
1997	658,4	2014	619,6
2001	739,7	2015	675,6
2002	1.086	2017	912,3
2004	1.076,30	2019	1.143,60

Fonte: FUNCEME. (2020).

No Gráfico 7 está representado a quantidade de chuvas ocorridas em anos de neutralidade dos fenômenos de *El Niño* e *La Niña* na Bacia Metropolitana do Ceará.

Gráfico 7 - Precipitações em anos de neutralidade



Fonte: A autora. (2020).

4.3 Ocorrência do Dipolo do Atlântico

As tabelas e gráficos apresentam os dados de precipitações ocorridas durante a quadra chuvosa do Ceará, relacionadas a ocorrência do fenômeno Dipolo do Atlântico em suas respectivas classificações (positivo, negativo e neutro). Mostram ainda, a classificação dos anos, em períodos chuvosos ou secos.

Na Tabela 8 estão representados os dados referentes aos anos de ocorrência do fenômeno Dipolo Positivo.

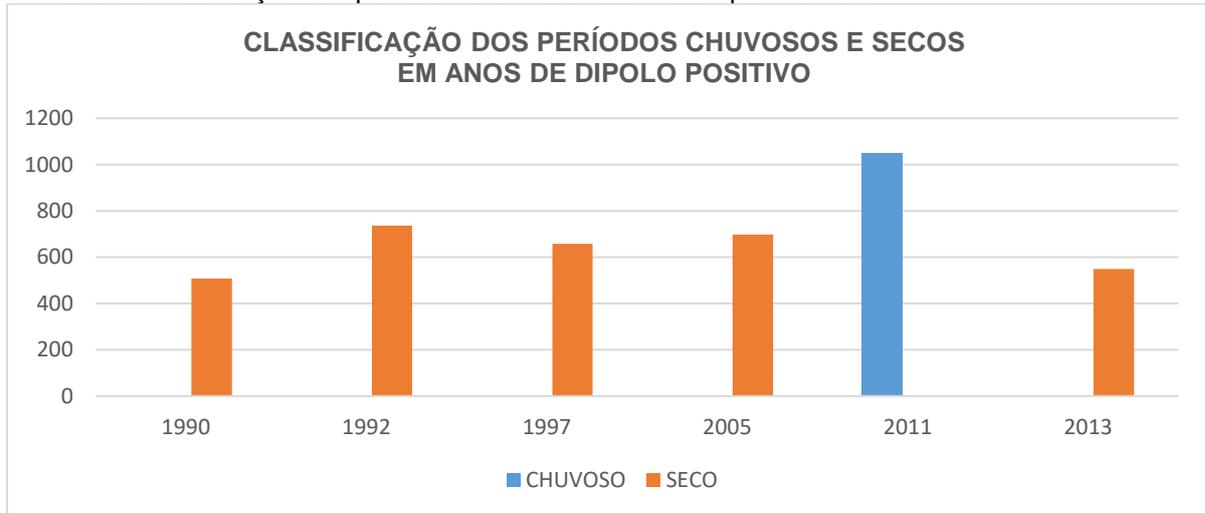
Tabela 8 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Positivo

CLASSIFICAÇÃO DOS PERÍODOS CHUVOSOS E SECOS - EM ANOS DE DIPOLO POSITIVO						
ANO	MÉDIA (mm)	TOTAL DE PRECIPITAÇÃO (mm)	EL NIÑO	LA NIÑA	DIPOLO	CLASSIFICAÇÃO
1990	901,9	507,2	NEUTRO		POSITIVO	SECO
1992	901,9	736,7	FORTE		POSITIVO	SECO
1997	901,9	658,4	NEUTRO		POSITIVO	SECO
2005	901,9	698,5	NEUTRO		POSITIVO	SECO
2011	901,9	1.047,2		MODERADO	POSITIVO	CHUVOSO
2013	901,9	548,5	NEUTRO		POSITIVO	SECO

Fonte: FUNCEME / CPTEC. (2020).

Observa-se que nos anos de Dipolo Positivo, a maior quantidade de chuvas ocorreu no ano de 2011, classificando-o como um ano chuvoso. No entanto, como era de se esperar, os demais anos observados em função da ocorrência desse fenômeno, são caracterizados como secos, como mostra o Gráfico 8.

Gráfico 8 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Positivo



Fonte: A autora. (2020).

Os dados referentes aos anos de ocorrência do Dipolo negativo são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Negativo

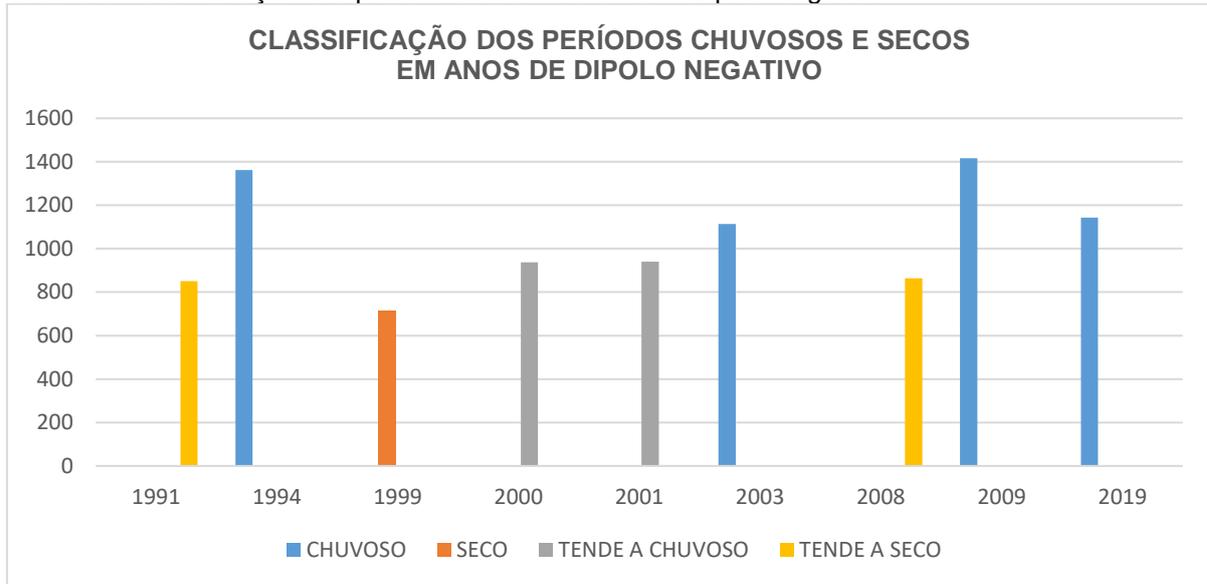
CLASSIFICAÇÃO DOS PERÍODOS CHUVOSOS E SECOS - EM ANOS DE DIPOLO NEGATIVO						
ANO	MÉDIA (mm)	TOTAL DE PRECIPITAÇÃO (mm)	EL NIÑO	LA NIÑA	DIPOLO	CLASSIFICAÇÃO
1991	901,9	851	NEUTRO		NEGATIVO	TENDE A SECO
1994	901,9	1.362	NEUTRO		NEGATIVO	CHUVOSO
1999	901,9	716		FRACA	NEGATIVO	SECO
2000	901,9	938		MODERADO	NEGATIVO	TENDE A CHUVOSO
2001	901,9	940	NEUTRO		NEGATIVO	TENDE A CHUVOSO
2003	901,9	1.114	MODERADO		NEGATIVO	CHUVOSO
2008	901,9	864		MODERADO	NEGATIVO	TENDENTE A SECO
2009	901,9	1.415,5	NEUTRO		NEGATIVO	CHUVOSO
2019	901,9	1.144	NEUTRO		NEGATIVO	CHUVOSO

Fonte: FUNCEME / CPTEC. (2020).

Os anos que ocorreram Dipolo Negativo, as chuvas foram bastante significativas na bacia Metropolitana do Ceará. Somente no ano de 2009, o ano mais chuvoso entre o período observado, a quantidade de precipitação na região foi 1.415,5mm.

Já a menor quantidade de chuva registrada neste período, foi o ano de 1999, com o registro de 716mm de precipitação na região. No Gráfico 9 estão representados o detalhamento desses dados.

Gráfico 9 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Negativo



Fonte: A autora. (2020).

Os dados referentes aos anos de ocorrência do fenômeno Dipolo Neutro, mostram que entre os anos de ocorrência deste evento, observou-se que o ano de 1995 foi o mais chuvoso, com 1151,5mm de precipitação na região. Como mostra a Tabela 10.

Tabela 10 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Neutro

CLASSIFICAÇÃO DOS PERÍODOS CHUVOSOS E SECOS - EM ANOS DE DIPOLO NEUTRO						
ANO	MÉDIA (mm)	TOTAL DE PRECIPITAÇÃO (mm)	EL NIÑO	LA NIÑA	DIPOLO	CLASSIFICAÇÃO
1993	901,9	353	FRACO		NEUTRO	SECO
1995	901,9	1.151,5	NEUTRO		NEUTRO	CHUVOSO
1996	901,9	1.116,9	NEUTRO		NEUTRO	CHUVOSO
1998	901,9	487,6	FORTE		NEUTRO	SECO
2002	901,9	1.086	NEUTRO		NEUTRO	CHUVOSO
2004	901,9	1.076,3	NEUTRO		NEUTRO	CHUVOSO
2006	901,9	929,3	NEUTRO		NEUTRO	TENDE A CHUVOSO
2007	901,9	775,4	MODERADO		NEUTRO	SECO
2010	901,9	469,2	MODERADO		NEUTRO	SECO
2012	901,9	490,7	NEUTRO		NEUTRO	SECO
2014	901,9	619,6	NEUTRO		NEUTRO	SECO
2015	901,9	675,6	NEUTRO		NEUTRO	SECO
2016	901,9	619,2	FORTE		NEUTRO	SECO
2017	901,9	912,3	NEUTRO		NEUTRO	TENDE A CHUVOSO
2018	901,9	826,7		MODERADO	NEUTRO	TENDE A SECO

Fonte: FUNCEME / CPTEC. (2020).

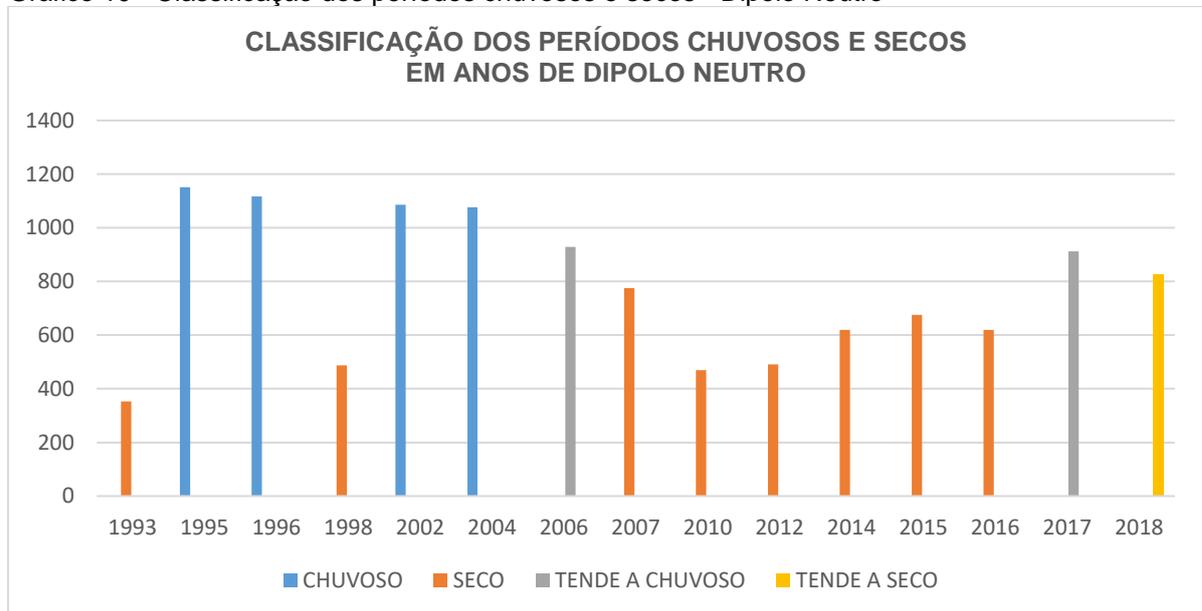
Observa-se que no período de ocorrência do Dipolo Neutro, a caracterização dos anos em chuvosos ou secos ocorreu de maneira bem variada,

entretanto, a predominância foi a classificação de anos secos.

As secas durante este período foram bem significativas, em 1993 o ano mais seco, registrou uma quantidade mínima de 353mm de precipitação, assim como outros anos também apresentaram quantidades bem baixas, como é o caso dos anos de 1998, 2010 e 2012, com chuvas abaixo de 500mm.

No geral, pode-se afirmar que as secas durante estes anos foram bem expressivas, definindo assim um possível padrão de ocorrência desse evento em anos de Dipolo Neutro. No Gráfico 10 estas informações podem ser observadas com mais clareza.

Gráfico 10 - Classificação dos períodos chuvosos e secos - Dipolo Neutro



Fonte: A autora. (2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para analisar os períodos secos e chuvosos na região da Bacia Metropolitana do Ceará, foram coletados os dados da série histórica dos últimos 30 anos (1990 - 2019), considerando os eventos atmosféricos e oceânicos correlacionados a quantidade de chuvas ocorridas durante este período.

Inicialmente, constatou-se que o ano de 2009 foi o período que apresentou os maiores índices de pluviosidade na região deste estudo. Marcado por neutralidade para os eventos de El Niño e La Niña, e ocorrendo o fenômeno de Dipolo do Atlântico negativo, este ano foi caracterizado por chuvoso, com um registro de 1415,5mm de precipitação na Bacia Metropolitana do Ceará.

Analisando a ocorrência de estiagens dos últimos 30 anos na Bacia Metropolitana, verificou-se que o menor registro de precipitação na região, ocorreu no ano de 1993, com um índice pluviométrico de apenas 353mm. Este período, foi caracterizado pela ocorrência dos fenômenos de El Niño de intensidade fraca e Dipolo do Atlântico neutro.

De maneira geral, a pesquisa possibilitou a verificação da relação dos eventos de *El Niño*, *La Niña* e Dipolo do Atlântico com a quantidade de chuvas ocorridas durante os anos de 1990 a 2019. Neste contexto, o estudo mostrou que os eventos permitem traçar um padrão de tendência para os anos observados, caracterizando-os em períodos chuvosos ou secos.

Assim, observou-se detalhadamente, que em anos de ocorrência de *El Niño* de intensidade fraca, a maior quantidade de chuvas aconteceu no mês de março. Para o evento de *El Niño* de intensidade moderada, as maiores quantidades de chuvas ocorreram no mês de abril. Já, os anos de *El Niño* de intensidade forte, o registro do mês mais chuvoso variou bastante, no ano de 1992 o mês que mais precipitou foi fevereiro, em 1998 a maior quantidade de precipitação foi em março, e finalmente no ano de 2016, a maior taxa pluviométrica foi registrada no mês de abril.

Analisando os anos de ocorrência de *La Niña* de intensidade fraca, observou-se que o mês mais chuvoso foi março; para os anos de *La Niña* de intensidade moderada o período que apresentou o maior registro de precipitações foi o mês de abril; e para os anos de ocorrência de *La Niña* de intensidade forte, não foram registrados dados históricos, durante os anos de 1990 a 2019.

Constatou-se ainda, que durante a análise dos dados da pesquisa, o

registro de anos de neutralidade dos eventos de *El Niño* e *La Niña* entre o período 1990 a 2019, foram mais frequentes dos que os anos em que ocorreram os eventos em suas respectivas intensidades. Observou-se também, que os anos com maiores índices de pluviosidade na região, foram exatamente os anos de neutralidade dos eventos de *El Niño* e *La Niña*.

No caso da análise do fenômeno do Dipolo do Atlântico, identificou-se que em anos de ocorrência de Dipolo Positivo, existe uma baixa pluviosidade, caracterizando os anos em períodos secos. Já, para os anos em que ocorreram Dipolo Negativo, as chuvas foram bastante significativas, possibilitando classificar os anos, em períodos chuvosos. E finalmente, os anos de Dipolo Neutro foram marcados por uma variabilidade entre anos secos e chuvosos, entretanto, a predominância foi para anos caracterizados como chuvosos.

Assim, conclui-se que os dados analisados nesta pesquisa, representam resultados significativos para o desenvolvimento do produto estratégico da gestão e planejamento dos recursos hídricos da região da Bacia Metropolitana. Possibilitando aos setores públicos e privados, uma análise documental de dados da série histórica dos últimos 30 anos, com informações que podem contribuir para a tomada de decisões e implementação de políticas públicas, para o controle dos danos promovidos pela variabilidade pluviométrica característica da região.

Finalmente, espera-se dar continuidade em pesquisas futuras, no aprofundamento da temática deste estudo, relacionando o entendimento inicial desenvolvido neste trabalho, a investigações mais específicas e detalhadas, acerca do controle do registro de pluviosidade como método colaborativo para a gestão e planejamento dos recursos hídricos de uma região.

REFERÊNCIAS

- ALVES, K. M. A. S. **Variabilidade pluvial no semiárido brasileiro: impactos e vulnerabilidades na paisagem da Bacia Hidrográfica do rio Moxotó.** 2016.
- ALVES, R. C. M.; SOUZA, L. P.; MOLLMANN, R. A.; RODRIGUES, B. D. **Descrição e caracterização dos fenômenos atmosféricos mais frequentes no território brasileiro.** Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. 2015.
- AMORIM, R. C. F.; RIBEIRO, A.; LEITE, C. C.; LEAL, B. G.; SILVA, J. B. G. **Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas.** Acta Scientiarum. Technology, v.30, n.1, p.87-91, 2008.
- ARAGÃO, J.O. R. O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. Bull Inst. Fr. Études Andines, v.27, n.3, p. 839-844, 1998.
- ARAÚJO, L. E. **Análise estatística de chuvas intensas na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande. 2006.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** Rio de Janeiro: Bertrand, 1996.
- AZEVEDO, C. D. S. **Análise da estimativa de precipitação PR-TRMM durante a estação chuvosa para os estados de Alagoas e Sergipe.** Dissertação (mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Atmosféricas. Maceió, 2015.
- AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B. da & RODRIGUES, M. F. G. **Previsão Estatística das Chuvas de Outono no Estado do Ceará.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 13, n. 1, 19-30, 1998.
- BENEVIDES, A. **Comitê das Bacias Hidrográficas da região Metropolitana de Fortaleza (CBH – RMF): Trajetória e desafios para gestão hídrica participativa.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Ceará. 2011.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. **Precipitação.** In: Tucci, C. E. M. **Hidrologia ciência e aplicação.** Porto Alegre: ABRH, 1993. p.177-242.
- BRASIL. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Monitoramento Global da Anomalia de TSM.** Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentoglobal/pt>. Acesso em: 12 abr. 2020.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). **Delimitação do Semiárido.** Disponível em: <http://sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 02 set. 2019.

CASTRO, G. L. **Mapeamento e análise dos sistemas ambientais na sub-Bacia Hidrográfica do rio Aracoíaba**: subsídios ao planejamento territorial. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Ceará. 2013.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. **Caderno regional das bacias Metropolitanas**. Fortaleza: INESP, 2009. 136p. Disponível em:
<https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2018/07/Bacia-Metropolitana.pdf>.
 Acesso em: 05 set. 2019.

CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Manual de operações da sala de situação do Ceará**. Disponível em:
http://progestao.ana.gov.br/portal/progestao/progestao-1/acompanhamento-programa/aplicacao-dos-recursos/acompanhamento-das-metas-de-cooperacao-federativa/manuais-de-salas-de-situacao/manual-de-operacao-da-sala-de-situacao_cogerh_ce.pdf. Acesso em: 01 set. 2019.

CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Bacias Hidrográficas**. Disponível em: <http://atlas.cogerh.com.br/>. Acesso em: 10 set. 2019.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). **Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre o Nordeste**. Fortaleza, 2014. Disponível em:
<http://www.funceme.br/?s=ZCIT+%C3%A9+mais+significativa+sobre+os+Oceanos+>.
 Acesso em: 18 set. 2019.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). **Portal Hidrológico do Ceará**. Disponível em:
http://www.funceme.br/?page_id=2383. Acesso em: 10 abr. 2020.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. EDVSP-São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CIRILO, J. A.; FERREIRA, J. P. L.; CAMPELLO NETTO, M. S. C. **Aspectos gerais das regiões semi-áridas, áridas e processos de desertificação**. In: _____. et al. (Org) O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas. Recife: EDUFPE, 2007, p. 19-31.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (org.). **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

CUNHA, S. B. **Geomorfologia Fluvial**. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 211-252.

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, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FRANÇA, J. R. A.; LI, L. Z.; SILVA, F. N. R.; JUNIOR, A. R. T. **Sensibilidade do Modelo de Circulação Geral do LMD às variações na Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Tropical**. Revista Brasileira de Meteorologia, 2000.

GHEZZI, A. O. **Avaliação e Mapeamento da Fragilidade Ambiental da Bacia do rio Xaxim, Baía de Antonina – PR, com o auxílio de geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola. Universidade Federal do Paraná, 2003.

HOLTZ, A. C. T. **Precipitação**. In: PINTO, Nelson L. de Sousa et al. Hidrologia Básica. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. Cap. 2. p. 27-35.

LUCENA, D. B.; GOMES FILHO, M. F.; SERVAIN, J. **Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, n. 2, p. 297-312, 2011.

LIMA, E. S.; PINTO, J. E. S. S. **Climatologia: aportes teóricos, metodológicos e técnicos**. Revista Geonorte, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.729 – 739, 2012.

LIMA, G. A.; GENEROSO, C. M.; SANTOS, C. M.; SILVA, L. A.; SOUSA, R. G. **Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: Estudo de caso Ribeirão Isidoro**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB – 21 a 24/11/2016.

MAGALHÃES JR., A. P. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

MALVEZZI, R. **Semi-árido - uma visão holística**. – Brasília: Confea, 2007. 140p. – (Pensar Brasil).

MARENCO, J. **Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro**. Revista Brasileira de Meteorologia, n. 16, p. 1-18, 2002.

MELO, A. B. C. de. **Previsibilidade da precipitação na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil, durante a estação chuvosa, em função do comportamento diário das chuvas na pré-estação**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA). Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Campina Grande-PB. 1997. 100 p.

MELO, A. B. C. de.; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. **Zona de Convergência Intertropical do Atlântico**. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. (Org.). Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MAY, S.; PRADO, R.T.A., **Estudo de Viabilidade de Aproveitamento de Água de Chuva para o consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo. São Paulo, 2004.

MENEZES, F.P., FERNANDES, L.L. **Análise de tendência e variabilidade da precipitação no estado do Pará**. Enciclopédia Biosfera, v.13, n.24, p.1580-1591, 2016.

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.

MOREIRA, J.L.B. **Estudo da Distribuição Espacial das Chuvas em Belo Horizonte e em seu entorno**. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) – Universidade Federal de Minas Gerais, IGC, Belo Horizonte. 2002.

MOURA, I. J. M.; SANTOS, D. F. S.; PINHEIRO, F, G, M.; OLIVEIRA, C. J. **Caracterização dos períodos seco e chuvoso da cidade de Fortaleza (CE)**. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37 Ed. Especial SIC, p. 03–07. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM*. 2015.

OLIVEIRA, L. S. **Sistema Semiárido: Modelo Estratégico de convivência com a diversidade ambiental na sub-bacia do rio Castro, Ceará – Brasil**. Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2018.

PEREA MARTINS, JOÃO E. M. **Gotas em detalhes: Coletor desenvolvido na Unesp registra volume de chuvas, data e horário em que ocorreram**. *Pesquisa Online FAPESP*, SP, ed. 92, 2003.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. **Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

REICHARDT, K. **A Água em Sistemas Agrícolas**. São Paulo: Manole. 1986. 188 p.

REIS, G. A. **Análise espacial da vulnerabilidade à seca utilizando metodologia iSECA: Caso de estudo em São Paulo e Ceará**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará. 2018.

REIS, R.J.; GUIMARÃES, D.P.; LANDAU, E.C. **Chuvas em Minas Gerais**. Belo Horizonte: Editora PUC MINAS, 2012.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A. 2002. **Classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica**. *Mercator - Revista de Geografia da UFC* 1, 96 – 112.

ROLIM, G. de S.; Camargo, M. B. P. de; Lania, D. G.; Moraes, J. F. L. de. **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo**. Bragantia, v.66, p.711-720, 2007.

SAMPAIO, M. S.; ALVES, M. C.; CARVALHO, L. G.; SANCHES, L. **Uso de Sistema de Informação Geográfica para comparar a classificação climática de Köppen-Geiger e de Thornthwaite**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SUDENE, 2017. Disponível em:<<http://sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: agosto de 2019

STRAHLER, A; STRAHLER A. **Geografia Física**. Editora Omega S.A. Barcelona. Espanha. 1989.

TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. 2005. 69p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

_____. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004. 943 p.

UVO, C. B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua Relação com a Precipitação na Região Norte do Nordeste Brasileiro**. 1989. 99 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1989.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão digital. Recife. PE. Brasil. 2005.

VILLELA, S. M. & MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.