Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) APLICADO AO ESTUDO DAS PRECIPITAÇÕES NO MUNICÍPIO DE CARIDADE, CEARÁ, BRASIL

SILVA, Francillene Fernandes - franfernandes_geo@hotmail.com
Universidade Estadual do Ceará / UECE

SANTOS, Francílio de Amorim dos - francilio.amorim@ifpi.edu.br
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí / IFPI

SANTOS, Juliana Moreira dos - ju_moreira232@hotmail.com
Universidade Estadual do Ceará / UECE

Submetido em: 02/06/2020
Aceito para publicação em: 24/07/2020
Publicado em: 17/08/2020
DOI: http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v27i0.74274

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo principal a análise de dados pluviométricos para o município de Caridade, CE, Brasil. Os dados utilizados no estudo foram disponibilizados pelo Portal HidroWeb (ANA), de forma que as informações existentes determinaram a escolha da série histórica trabalhada, 31 anos (1988 a 2018). A correção e preenchimento dos dados se deram por meio da utilização de dados da estação de Pentecoste (série completa) e aplicação da Regressão Linear Simples para inferir as variáveis de chuva faltosas na área de estudo. Em seguida foram aplicados métodos estatísticos sob os valores de precipitação anual da série histórica, para obtenção da distribuição temporal e volumes de chuva no município de Caridade. Dos resultados obtidos, destaca-se o Índice de Anomalia de Chuva (IAC), o qual possibilitou a identificação de anos com tendências a secos ou chuvosos, quando comparados à média histórica analisada. Observou-se ainda a influência do El Niño Oscilação Sul (ENOS) na pluviometria anual e a variação dos níveis dos principais reservatórios hídricos da área a partir da dinâmica das chuvas, para o recorte temporal de 2010 a 2018.

PALAVRAS-CHAVE: Pluviometria, Geoestatística, Índice de Anomalia de Chuva, ENOS.

INDEX OF RAIN ANOMALY (IAC) APPLIED TO THE STUDY OF PRECIPITATIONS IN THE CITY OF CARIDADE, CEARÁ, BRAZIL

ABSTRACT: This study analized of pluviometric data for the municipality of Caridade, CE, Brazil. The data used in the study were made available by the HidroWeb Portal (ANA), so that the existing information determined the choice of the examined historical series, 31 years (1988 to 2018). The correction and filling in of the data occurred through the use of data from the Pentecoste station (complete series) and application of Simple Linear Regression to infer the missing variables in the study area. Then, statistical methods were applied under the annual precipitation values of the historical series, to obtain the temporal distribution and rainfall volumes in the municipality of Caridade. From the results obtained, the Rain Anomaly Index (IAC) stands out, which made it possible to identify years with tendencies to dry or rainy, when compared to the historical average analyzed. It was also observed the influence of the El Niño Southern Oscillation (ENSO) on annual rainfall and the in variation of the levels of the main water reservoirs in the area from the rain, dynamics, for the time frame from 2010 to 2018

KEYWORDS: Pluviometry, Geostatistics, Rain Anomaly Index, ENSO.

ÍNDICE DE ANOMALÍA DE LLUVIA (IAC) APLICADO AL ESTUDIO DE PRECIPITACIONES EN EL MUNICIPIO DE CARIDADE, CEARÁ, BRASIL

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

RESUMEN: El presente trabajo tuvo como objetivo principal el análisis de datos pluviométricos para el municipio de Caridade, Ceará, Brasil. Los datos utilizados en el estudio fueron proporcionados por la ANA (Portal HidroWeb), de modo que la información existente determinó la elección de las series históricas trabajadas, um total de 31 años (1988 a 2018). La corrección y la cumplimentación de los datos fue mediante el uso de datos de la estación de Pentecostes (grupo completo) y la aplicación de la regresión lineal simple para inferir las variables de lluvia faltante en el área de estudio. Luego, se aplicaron métodos estadísticos acerca de los valores de precipitación anual de las series históricas, para obtener la distribución temporal y los volúmenes de lluvia en el municipio de Caridade. De los resultados obtenidos, se destaca el Índice de Anomalía de Lluvia (IAC), que permitió la identificación de años con tendencia a la sequía o la lluvia, en comparación con el promedio histórico analizado. También se observó la influencia de El Niño oscilación Sul (ENOS) en la precipitación anual y la variación de los niveles de los principales reservorios de agua en el área a partir de la dinámica de las lluvias, para el período de 2010 a 2018.

PALABRAS CLAVE: Pluviometría, Geoestadística, Índice de Anomalía de Lluvia, ENOS

1.INTRODUÇÃO

A caracterização do clima de determinada região perpassa pela observação individual e conjunta de variáveis como a localização, altitude, umidade do ar, pressão atmosférica e até mesmo fatores relacionados às atividades humanas (*e.g.* urbanização, desmatamento, agropecuária ou ainda a queima de combustíveis fósseis). Para Mendonça (2007), embora essa não seja a única forma de classificação do clima, a verificação da precipitação dos totais mensais e anuais possibilita certa individualização dos diversos tipos climáticos.

Brandão (1995), ao afirmar que o clima exerce grande influência nos processos naturais e na vida humana, aponta o quão é necessário abordar o referido assunto, visto que a análise do comportamento das chuvas é fundamental para a compreensão climática, assim como para questões socioambientais. Tornando-se uma temática cada vez mais presente nos debates acadêmicos e de interesse político, dado que para a realização de muitas atividades socioeconômicas, o regime de chuvas é um fator condicionante.

Referindo-se à região do Nordeste Brasileiro (NEB), que apresenta maior parte de sua área inserida no Semiárido Brasileiro (SAB), a peculiaridade das chuvas é condicionada por fatores como os padrões de circulação atmosférica em escala global. De forma que os principais sistemas atmosféricos atuantes na região Nordeste, de acordo com a FUNCEME (2014), são: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as Frentes Frias, os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), as Linhas de Instabilidade, os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), as ondas de Leste, e as oscilações de 30 e 60 dias.

Desses, destaca-se a ZCIT como a principal causa para as chuvas na área, sendo descrita como uma faixa de nuvens que circunda a Terra na altura do Equador e varia de acordo com a intensidade da Temperatura Superficial do Mar (TSM) (ARAÚJO FILHO, 2013).

Ainda pode ser destacada a influência de outros fenômenos globais igualmente relacionados à TSM. Sendo eles: *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), *El Niño* (aquecimento das águas do oceano Pacífico Equatorial); *La Niña* (resfriamento das águas do Oceano Pacífico) e o dipolo do Atlântico (diferença entre a anomalia da TSM na Bacia do Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Sul), de acordo com Ferreira e Mello (2005). Dentre esses, a FUNCEME (2013) salienta o dipolo do Atlântico, o qual pode ser observado em águas oceânicas próximas à costa do Nordeste brasileiro e assim interferir no posicionamento da ZCIT, justificando a ocorrência dos anos secos ou chuvosos na região.

Desse modo, para anos em que se tem o *El Niño*, dependendo da intensidade, segundo Ferreira e Mello (2005), tem-se uma tendência a anos considerados secos ou muito secos, principalmente quando acontece conjuntamente com o dipolo positivo do Atlântico, o que indica uma redução na quantidade de chuvas para a área. Os autores acrescentam ainda que o episódio de *La Niña* associado ao dipolo negativo do Atlântico, influencia na pluviometria acima da média para a região Nordeste, ocasionando anos considerados normais, chuvosos ou muito chuvosos na região.

A compreensão da dinâmica das precipitações e características climáticas locais perpassa ainda por estudos específicos como o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC). Esse índice foi desenvolvido inicialmente por Rooy (1965) e é aplicado para classificar as severidades positivas e negativas nas anomalias das chuvas. Freitas (1998) fez a utilização do método para áreas inseridas no Estado do Ceará, verificando a relação da precipitação atual com valores da média histórica para 3 postos pluviométricos, destacando que o método serve para a análise da distribuição e da intensidade dos eventos de precipitação, principalmente para as ocorrências de secas.

A partir desses apontamentos, conhecer os aspectos do comportamento da pluviometria de determinada área é extremamente necessário, seja para a utilização em estudos climáticos ou como subsídio à gestão e planejamento de espaços. Nesse sentido, o tratamento e entendimento das informações pluviométricas tem se dado de forma prática por meio da ciência Estatística, dos programas de processamento de dados e índices climáticos.

Tendo em vista os sistemas atmosféricos e a importância de compreender a dinâmica climática local, o presente trabalho possui como recorte espacial de análise o município de Caridade, localizado na microrregião de Canindé, no Estado do Ceará. A localidade tem sua produção econômica baseada em diversos setores, incluindo aqueles que necessitam direta ou indiretamente dos recursos hídricos, como as atividades agrícolas e pecuária (IPECE, 2018).

Desta forma, o presente trabalho considera o monitoramento de anos secos e chuvosos, por meio de informações estatísticas, o que segundo Blain e Brunini (2007), torna possível o melhor entendimento da climatologia de uma região. Tendo como principal objetivo a obtenção de informações e a realização de uma análise da variabilidade temporal das precipitações no município de Caridade, acerca de um recorte temporal de 31 anos (intervalo de 1988 a 2018). Pois conforme Mendonça (2007), para que seja possível um melhor entendimento do regime de chuvas, faz-se necessária uma série de dados meteorológicos produzidos por estações pluviométricas e por um período mínimo de trinta anos.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

As aplicações estatísticas em dados pluviométricos foram realizadas para o município de Caridade (figura 1), situando-se às coordenadas de 4º13’35”S e 39º12’1”O, localizado nas cartas topográficas SB.24-V-B-III (Canindé) e SB.24-X-A-I (Baturité). De acordo com o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2018), o município está inserido na região de Canindé, possui uma área territorial de 846,505 km² e sua população está estimada em 22.547 habitantes (IBGE, 2019).

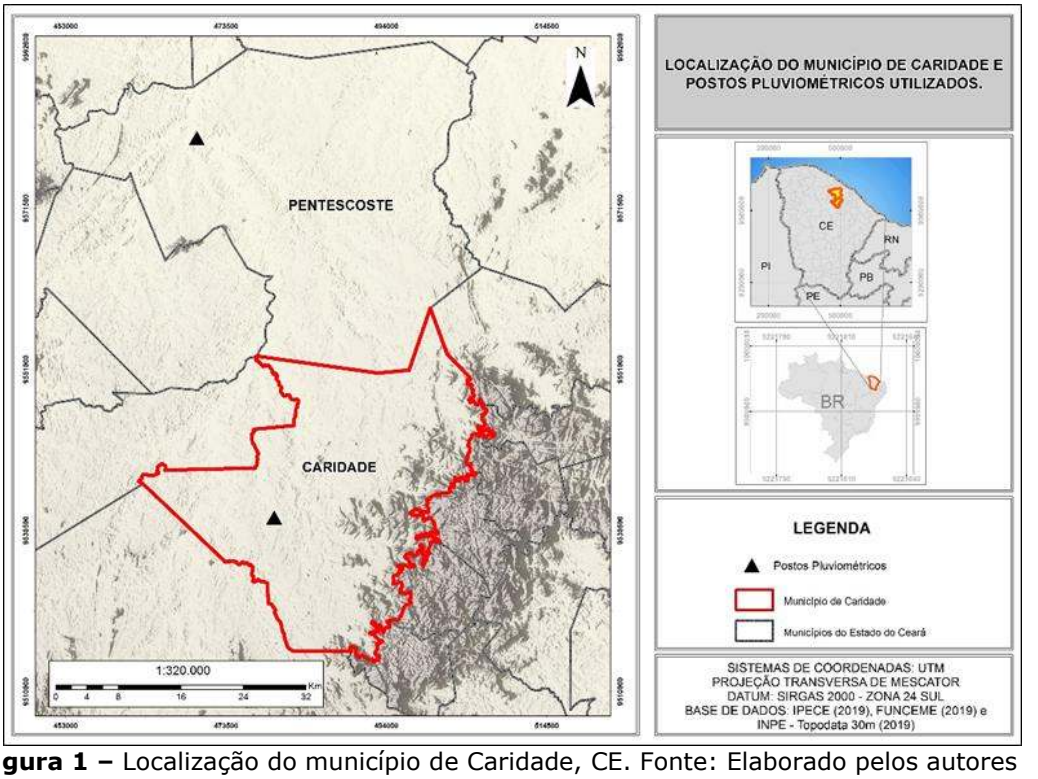

Figura 1 – Localização do município de Caridade, CE. Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Ressalta-se, ainda, que o regime pluviométrico do município tem influência direta sobre as formas de uso da água, de maneira que para viabilizar o abastecimento hídrico para os mais variados fins, inclusive em períodos de estiagem, o município conta com a presença de três reservatórios, em conformidade com a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH, 2019), sendo eles: Desterro (capacidade de 5.010.000 m³), São Domingos (3.035.000 m³) e Trapiá I (capacidade de 2.010.000 m³).

2.2 COLETA DE DADOS

A coleta dos dados referentes às chuvas foi realizada através do portal HidroWeb (v3.1.0), disponível no site da Agência Nacional das Águas (ANA). Foram utilizadas informações de duas estações pluviométricas, de forma que a escolha se deu pela oferta de dados nas áreas inseridas nos municípios de Caridade e Pentecoste (figura 1). Salienta-se que as variáveis de Pentecoste

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

foram utilizadas para a correção de falhas presentes no posto de Caridade, através da metodologia de regressão linear (explicado no subtópico 2.3 "Pré-Tratamento dos Dados Pluviométricos").

Já a respeito dos dados do ENOS, esses foram adquiridos a partir da verificação histórica dos episódios quentes e frios, presente no *Climate Prediction Center* (CPC/NOAA), assim como pela verificação das informações no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As fases foram classificadas considerando o Índice Oceânico de Niño (ION), que aponta para *El Niño* e *La Niña*, respectivamente, valor de ≥ 0,5 e ≤ -0,5; além da intensidade, podendo ser fraco (0,5 a 0,9), moderado (1,0 a 1,4) e forte (≥ 1,5), analisados para o período de janeiro a maio, considerado a quadra chuvosa no município em estudo.

Por sua vez, para a análise da TSM do Atlântico realizou-se o acesso aos dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2000a), tendo como recorte temporal os meses de janeiro a maio, período chuvoso no recorte espacial estudado. No tocante à classificação da TSM, considerou-se a média entre os meses citados dentro do seguinte critério: para dipolo positivo valores > 0,2, dipolo negativo < 0,2 e para dipolo neutro valores entre $+/-$ 0,2, conforme propõe Alves *et al*. (2012).

Houve ainda o levantamento dos valores dos níveis de dois principais açudes presentes no município pesquisado (Desterro e São Domingos) por meio do banco de dados da FUNCEME e Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), através do Portal Hidrológico do Estado do Ceará.

2.3 PRÉ-TRATAMENTO DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

De posse dos dados pluviométricos, e antes de iniciar a etapa de aplicação estatística, foi necessário que ocorresse o preenchimento das falhas, pois houve ausência de algumas informações mensais referentes aos anos de 1989 e 2010 na estação do município de Caridade. A ANA (2012) justifica a existência de períodos sem informações ou com falhas, devido a problemas com os aparelhos de registro e/ou com o operador do posto.

Assim, realizou-se o preenchimento das variáveis faltosas, relacionadas às chuvas, a partir do posto de Pentecoste, já que de acordo com a ANA (2012), a análise de consistência dos dados pluviométricos perpassa pela observação de regiões homogêneas quanto à pluviosidade, sendo os dois municípios limítrofes e semelhantes em relação ao critério climático. O quadro 1 descreve as características das estações trabalhadas.

Quadro 01 - Características dos postos pluviométricos.

Código	Estação	Município	Latitude	Longitude	Altitude
00439006	Caridade	Caridade	-04 14 00	-39 11 00	150 m
00339004	Pentecostes	Pentecoste	-03 49 00	-39 16 00	50 m

Fonte: ANA (2009).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

O método utilizado para a correção e preenchimento das falhas foi o de regressão linear simples, sugerido por Bertoni e Tucci (2007). Essa metodologia é realizada a partir da correlação das precipitações do posto com falhas e de um posto vizinho sem falhas, visando deduzir os valores faltosos, representada pela Equação 1:

$$Y = (A * X) + B \qquad [Eq. 1]$$

Onde:

X = é a variável independente (postos com dados completos);

Y = é a variável dependente (posto com falhas);

A e B = são os coeficientes de regressão.

Nesse sentido, a correlação encontrada entre os dois postos utilizados no estudo, apresentaram um valor considerado forte (R^2 = 0,7291), fato que permitiu o preenchimento das falhas por meio do método supracitado.

2.4 UTILIZAÇÃO DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA E IAC

A aplicação estatística sob os dados baseou-se em parâmetros como: medidas de tendência central (média, máximo e mínimo), medidas de dispersão (variância, desvio padrão, coeficiente de variação) e elaboração do IAC, extraídos dos totais pluviométricos da série histórica (1988-2018). De forma que tais elementos foram obtidos a partir do processamento dos dados no *Excel* 2016, através de fórmulas e testes da estatística básica, além do uso do programa *BioEstat*, versão 5.3.

Mediante a aplicação da estatística descritiva, identificaram-se as principais medidas relacionadas aos dados, assim como suas representações gráficas. À proporção que foi possível a elaboração de histograma, com os intervalos e frequência das precipitações; gráfico dos totais pluviométricos anuais; gráfico da precipitação média anual e gráfico de variação de precipitação anual em relação à média, a partir de valores de máximo, mínimo e desvio padrão.

Na etapa de análise do grau de severidade e duração dos períodos secos e úmidos utilizou-se o cálculo do IAC, adaptado para o Nordeste por Freitas (1998). Obteve-se o IAC do município de Caridade por meio das Equações 2 e 3:

$$IAC = 3\left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})}\right], \text{para anomalias positivas} \qquad \text{Eq [2]}$$

$$IAC = -3\left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})}\right], \text{para anomalias negativas} \qquad \text{Eq [3]}$$

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Onde:

N = precipitação anual atual (mm);

$\bar{N}$ = precipitação média anual da série histórica (mm);

$\bar{M}$ = média das 10 maiores precipitações anuais da série histórica (mm);

$\bar{X}$ = média das 10 menores precipitações anuais da série histórica (mm).

O valor da média histórica foi utilizado como base de comparação para o enquadramento das anomalias em negativas e positivas. Enquanto que para a determinação dos anos secos e úmidos utilizou-se a metodologia de Freitas (1998) adaptada por Araújo *et al.* (2009), como se pode observar no quadro 2 (alteração de tabela para quadro feita pelos autores).

Quadro 02 -Classificação de anos secos e úmidos para o município de Caridade – CE.

FAIXA DO IAC	CLASSE DE INTENSIDADE
Acima de 4	Extremamente Chuvoso (EC)
2 a 4	Muito Chuvoso (MC)
0 a 2	Chuvoso (C)
0 a -2	Seco (S)
-2 a -4	Muito seco (MS)
Abaixo de -4	Extremamente Seco (ES)

Fonte: Freitas (1998), adaptado por Araújo *et al.* (2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 VARIABILIDADE ANUAL DA PRECIPITAÇÃO

Para o entendimento geral das características climáticas da área, destaca-se, inicialmente, que o município de Caridade está sujeito ao clima tropical Subúmido e Tropical quente úmido (IPECE, 2018).

Nesse contexto, ao analisar os principais sistemas atmosféricos atuantes em conjunto com os resultados estatísticos obtidos, verificou-se a variabilidade anual, a partir do acumulado dos meses, para a série histórica de 31 anos (1988 a 2018). Assim, foi possível o levantamento de aspectos pertinentes à dinâmica de chuvas na área, como a irregularidade pluviométrica ou ainda indícios de eventuais períodos cíclicos de seca.

Verifica-se que a figura 2 apresenta os dados sobre os totais pluviométricos anuais para o período de 1988 a 2018. Sendo possível inferir que a média pluviométrica observada ficou em torno de 640 mm, valor que se enquadra na classificação de Souza (2000) para o SAB, no qual a pluviometria exibe números muito variados, com totais pluviométricos que oscilam em média de 400 a 800 mm.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

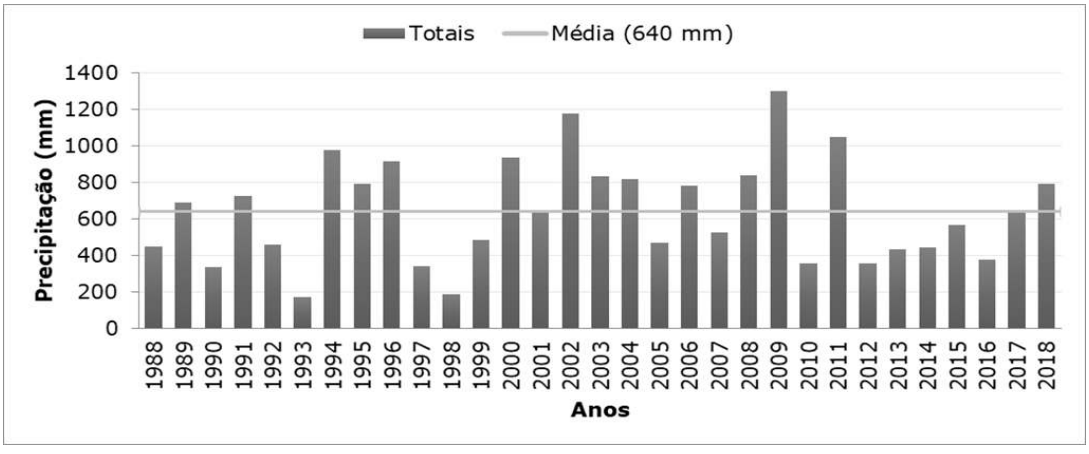

Figura 2-Totais pluviométricos anuais para o período de 1988 a 2018. Fonte: ANA (2019).

Observou-se que durante os 31 anos analisados o maior índice de precipitação ocorreu em 2009, com um total de 1.301 mm registrados em uma variação positiva de 661 em relação à média histórica (640 mm). Por outro lado, o menor índice foi observado em 1993, quando foi registrada a precipitação de 171 mm anual, com desvio negativo em relação à média de -469 mm, estabelecendo uma amplitude de 1.130 em relação à precipitação de 2009.

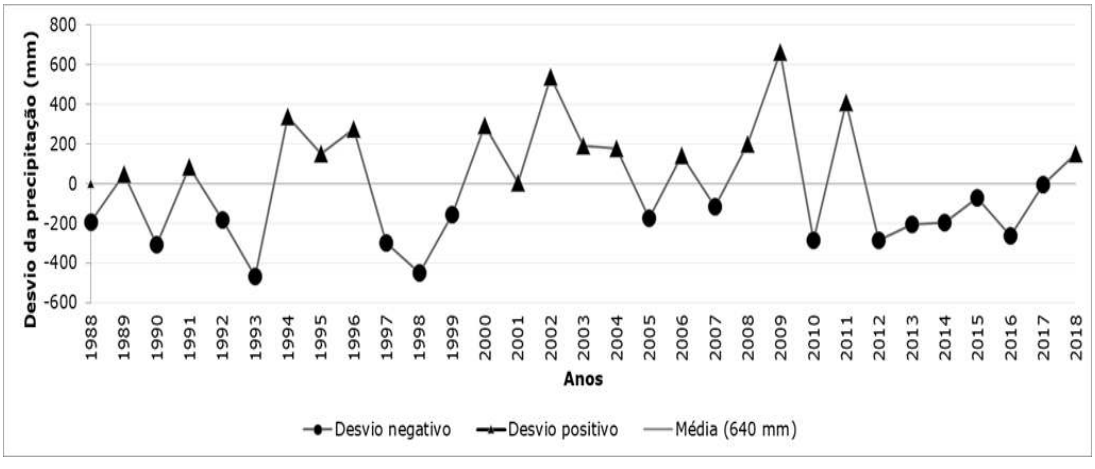

Figura 3 - Variação da precipitação anual em relação à média. Fonte: ANA (2019).

Já a figura 3, aponta os desvios em relação à média, com 15 desvios positivos e 16 negativos para o período analisado. As causas dessas flutuações interanuais de precipitações, para o NEB de uma forma geral, podem ser justificadas e influenciadas por diversos fatores que condicionam sua dinâmica, principalmente aos relacionados aos sistemas atmosféricos.

Outro dado extraído a partir dos métodos estatísticos diz respeito ao volume de chuva, representada pela frequência de como os valores pluviométricos se distribuíram ao longo da série analisada. A figura 4, indica que para o período analisado os totais de precipitação de 623 mm a 849 mm foram mais frequentes, ocorrendo em 10 anos. Enquanto o acumulado o de chuvas entre 397 mm a 623 mm aparece em um período de 8 anos. Durante 7 anos as precipitações ficaram entre 171 mm e 397 mm, enquanto os totais

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

pluviométricos mais elevados foram observados no período de 4 (849 mm a 1.075 mm) e 2 anos (1.075 mm a 1.301 mm).

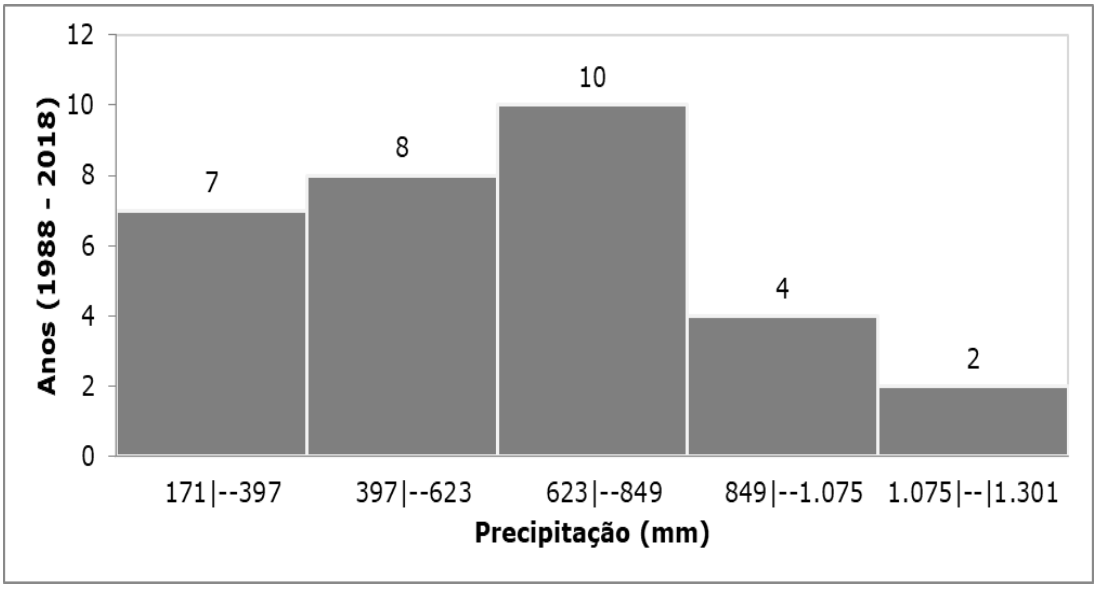

Figura 4 - Histograma com os intervalos e frequência das precipitações anuais. Fonte: ANA (2019).

Por sua vez, a figura 5 apresenta a distribuição mensal das chuvas. Nessa pode-se inferir que as precipitações ocorreram de forma significativa entre os meses de janeiro a maio, sendo os meses março e abril os que mais se destacam em relação a quantidade de precipitação. A concentração de chuvas no primeiro semestre do ano pode ser explicada principalmente pela atuação da ZCIT, o sistema meteorológico mais importante na determinação da estação chuvosa na área.

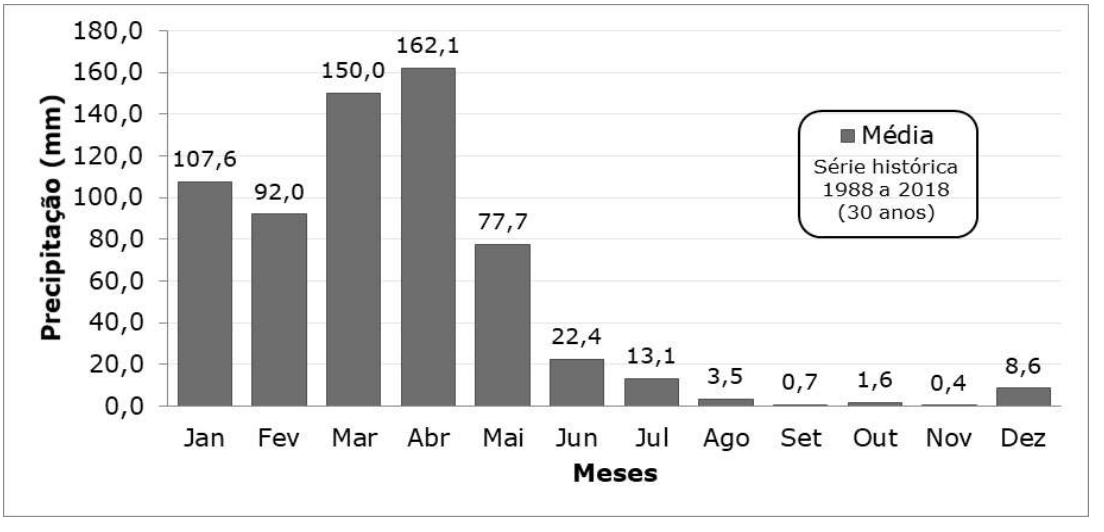

Figura 5 - Variação da precipitação média mensal. Fonte: ANA (2019).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

3.2 IAC, EPISÓDIOS DO ENOS E DIPOLO DO ATLÂNTICO.

Aplicando a metodologia de Freitas (1998) e a readaptação de classificação realizada por Araújo *et. al.* (2009), foi possível construir o IAC para o município de Caridade e dispor os totais pluviométricos anuais, o valor e as classes de intensidade do IAC, observando o comportamento atual em relação à média histórica. Esses dados foram, também, comparados à ocorrência dos fenômenos oceânicos ENOS e ao dipolo do Atlântico (quadro 03).

As causas para a ocorrência de tais fenômenos oceânicos são naturais e cíclicos. Entretanto, Marengo *et al*. (2011) menciona que não há um período estritamente regular, reaparecendo em média, em intervalos de 2 a 7 anos; contudo, os episódios de *La Niña* têm ocorrido em menor frequência, quando comparados ao *El Niño,* durante as últimas décadas, o que pode justificar os anos seguidos de seca no NEB, assim como no município de Caridade.

A partir do entendimento desses eventos, verificou-se uma alta variabilidade do IAC para Caridade. Ao observar o quadro 3, verifica-se que para os 31 anos analisados, 16 aparecem com índice negativo, os quais variam de -4.76 a -0.07, sendo o ano 1993 e 1998 os que apresentaram os menores valores, -4,76 e -4.58, respectivamente.

Isso indica que esses dois anos foram considerados extremamente secos, certamente motivados pelo fenômeno de *El Niño* fraco (1993) e moderado (1998), assim como pela atuação neutra do dipolo do Atlântico, o que permitiu uma maior influência do ENOS na pluviometria anual para a localidade. A mesma configuração ocorreu no ano de 2016, em que se teve a atuação do *El Niño* forte e um dipolo neutro, favorecendo a característica de ano muito seco.

Desse modo, em conformidade ao que expõem Ferreira e Mello (2005), infere-se que quando ocorre um episódio de *El Niño* com intensidade moderada à forte associado ao dipolo positivo, cria-se um ambiente favorável à ocorrência de secas, o que pode ser verificado para os seguintes anos: 1992, 1997, 2005, 2007, 2010.

Os anos de 1990, 2013 e 2017, os quais também apresentaram índices negativos, tiveram ENOS neutros e dipolos positivos do Atlântico, o que contribuiu para uma condição não favorável à descida da ZCIT sob a área analisada, justificando as chuvas abaixo da média. Já para o ano de 2012, mesmo com a ocorrência de um *La Ninã* de intensidade fraca, o dipolo positivo do Atlântico, verificado para o período, exerceu uma maior influência, indicando a classificação do ano como seco. Em 1988, ainda, que tenha tido um dipolo negativo, foi classificado como seco, de forma que o *El Niño* exerceu uma maior influência sob a baixa pluviometria da quadra chuvosa desse ano. A respeito de 2014, categorizado como muito seco, houve um dipolo negativo e ENOS neutro.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Quadro 03 - Total pluviométrico, índice de anomalia (IAC), episódios do ENOS e Dipolo do Atlântico.

Ano	Precipitação anual (mm)	IAC	Classes	*ENOS*	Dipolo
1988	447,6	-1.95	Seco	*El niño* fraco	Negativo
1989	689,9	0.46	Chuvoso	*La niña* moderado	Negativo
1990	333,4	-3.11	Muito Seco	Neutro	Positivo
1991	724,9	0.79	Chuvoso	*El niño* fraco	Negativo
1992	457,2	-1.85	Seco	*El niño* forte	Positivo
1993	171,0	-4.76	Extremamente Seco	*El niño* fraco	Neutro
1994	976,6	3.13	Muito Chuvoso	Neutro	Negativo
1995	790,2	1.40	Chuvoso	*El niño* fraco	Negativo
1996	913,2	2.54	Muito Chuvoso	*La niña* fraco	Negativo
1997	343,0	-3.01	Muito Seco	*El niño* fraco	Positivo
1998	188,8	-4.58	Extremamente Seco	*El niño* moderado	Neutro
1999	485,1	-1.57	Seco	*La niña* moderado	Negativo
2000	933,7	2.73	Muito Chuvoso	*La niña* moderado	Negativo
2001	643,0	0.03	Chuvoso	*La niña* fraco	Neutro
2002	1.178,4	5.00	Extremamente Chuvoso	*El niño* fraco	Positivo
2003	831.7	1.78	Chuvoso	*El niño* fraco	Negativo
2004	816,8	1.64	Chuvoso	Neutro	Positivo
2005	466,8	-1.76	Seco	*El niño* fraco	Positivo
2006	782,2	1.32	Chuvoso	*La niña* fraco	Neutro
2007	525,2	-1.16	Seco	*El niño* fraco	Positivo
2008	837,9	1.84	Chuvoso	*La niña* moderado	Negativo
2009	1.300,8	6.14	Extremamente Chuvoso	*La niña* fraco	Negativo
2010	353,7	-2.90	Muito Seco	*El niño* moderado	Positivo
2011	1.049,0	3.80	Muito Chuvoso	*La niña* fraco	Neutro
2012	353,7	-2.90	Muito Seco	*La niña* fraco	Positivo
2013	434,3	-2.09	Muito Seco	Neutro	Positivo
2014	441,8	-2.01	Muito Seco	Neutro	Negativo
2015	566,0	-0.75	Seco	*El niño* fraco	Negativo
2016	375,4	-2.68	Muito Seco	*El niño* forte	Neutro
2017	633,4	-0.07	Seco	Neutro	Positivo
2018	790,8	1.40	Chuvoso	*La niña* fraco	Negativo

Fonte: Freitas (1998); ANA (2019); FUNCEME (2017, 2018, 2020); NOAA (2019).

Em relação aos índices positivos, verificou-se que ocorreram 14 anos classificados como úmidos. A anomalia variou de +0.03 a +6.14, cujos anos com maior expressividade foram 2002 (+5.00) e 2009 (+6.14), sendo considerados extremamente chuvosos na classificação de Freitas (1998), com a precipitação média apontada em 1.178,4 e 1.300,8 mm, respectivamente.

A respeito dos seguintes anos chuvosos: 1989, 1996, 2000, 2008, 2009 e 2018, houve a atuação de *La niña* em conjunto com o dipolo negativo, o que favoreceu o cenário de chuvas acima da média, seguindo a tendência esperada a partir dessa combinação de fenômenos. Com exceção de 2002 (ano chuvoso com atuação de *El Niño* e dipolo positivo), para os anos de 1991, 1995 e 2003, mesmo com a atuação de *El niño* sobre o Pacífico, a classificação foi de anos

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

chuvosos, explicados possivelmente pela influência do dipolo negativo, que interfere diretamente no posicionamento da ZCIT sobre a área.

Por sua vez, para o ano de 1994 o dipolo negativo, também, exerceu uma maior interferência na quantidade de chuvas em relação ao ENOS que se manteve neutro. Já nos anos de 2006 (ano chuvoso) e 2011 (ano muito chuvoso), verificou-se a maior atuação do *La niña* fraco sobre a TSM próxima da neutralidade (dipolo neutro), justificando a precipitação e um IAC de 1.32 e 3.80, respectivamente.

Em síntese, para os anos chuvosos, em que o IAC se manteve positivo, encontrou-se em seis anos (1989, 1996, 2000, 2008, 2009 e 2018) influências da combinação do fenômeno *La Niña* com o Dipolo negativo, enquanto que para os demais anos chuvosos verificou-se a influência de *La Niña* ou do Dipolo negativo para chuvas acima da média. Já para anos com índices negativos, em que se teve uma configuração de chuvas abaixo da média, destacou-se cinco anos secos (1992, 1997, 2005, 2007, 2010) com a associação do *El Niño* e o Dipolo positivo, acarretando condições menos favoráveis a ocorrência de chuvas. Já para os demais anos com IAC negativos, encontrou-se a influência do fenômeno *El Niño* ou do dipolo positivo.

3.3 IAC E NÍVEL DOS RESERVATÓRIOS HÍDRICOS

Considerando o cenário climático e a necessidade de utilização dos recursos hídricos no Nordeste, o armazenamento de água tornou-se uma prática desenvolvida em, praticamente, toda a região. De maneira que o estado do Ceará, ainda, que com muitos desafios, destaca-se através de grandes infraestruturas hídricas. Nesse contexto, o abastecimento e a distribuição das águas, dependem dos níveis dos reservatórios hídricos, que variam de acordo com a atuação da quadra chuvosa no primeiro semestre, além de outros fatores condicionantes como a insolação ou a taxa de evaporação.

Assim, tendo em vista que as chuvas registradas na área estão diretamente ligadas ao abastecimento dos reservatórios hídricos, pautou-se na verificação do total da pluviometria anual como principal elemento que contribui para o nível dos açudes do município. De forma que a análise tratou de características do ano de 2010 até o ano de 2018, fase em que houve uma sequência maior do IAC negativo, dentro do recorte temporal analisado (1988 a 2018), indicando anos secos, como visto anteriormente (quadro 04).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Quadro 04 - IAC e níveis dos açudes de Caridade.

Ano	Pluviometria Anual	Classes	IAC	AÇUDE DESTERRO Média do Volume anual (hm³ e %) (Capacidade: 5,01 hm³)	AÇUDE SÃO DOMINGOS Média do Volume anual (hm³ e %) (Capacidade: 3,035 hm³)
2010	353,7	Muito Seco	-2.90	1,63 - 32,5%	1,60 - 52.7%
2011	1.049,0	Muito Chuvoso	3.80	3,09 - 77.8 %	1,49 - 49.0%
2012	353,7	Muito Seco	-2.90	1,32 - 26.3 %	0,79 - 26.0%
2013	434,3	Muito Seco	-2.09	0,13 - 2.5 %	0,12 - 3.95%
2014	441,8	Muito Seco	-2.01	0,00 - 0 %	0,00 - 0 %
2015	566,0	Seco	-0.75	0,03 - 0.5%	0,00 - 0 %
2016	375,4	Muito Seco	-2.68	0,00 - 0%	0,00 -0 %
2017	633,4	Seco	-0.07	0,00 - 0%	1,07 - 35.2%
2018	790,8	Chuvoso	1.40	0,67 - 13.3%	0,96 - 0,96%

Fonte: ANA (2019), COGERH (2019).

Dessa forma, em 2015, por exemplo, os dois principais açudes de Caridade, Desterro e São Domingos, atingiram o nível zero de água e o local esteve em situação de emergência por seca (TAVARES, 2015). Esse acontecimento coincide com a sequência de anos de seca em Caridade, posto que se tenha identificado que entre os anos 2012 e 2017 o município apresentou baixos índices de chuva, à medida que durante esse mesmo período o Estado do Ceará passou por uma seca severa, o que acarretou em uma crise hídrica e, por consequência, na inclusão de vários municípios do Estado na lista de emergência pela seca.

Tratando-se especificamente de Caridade, o período vigente dessa condição foi de 23/10/2015 a 19/04/2016, conforme o decreto 31.808, de 22/10/2015 (CEARÁ, 2015). A partir da análise dos dados expostos no quadro 4, verificou-se que apesar do ano de 2010 ser considerado muito seco, com pluviometria em torno de 300 mm, os açudes já contavam com uma quantidade de água proveniente de anos anteriores, principalmente de 2009, considerado extremamente chuvoso. Sendo que nessa sequência de análise, o Açude São Domingos apresentou a maior reserva registrada, acima de 50% de sua capacidade total.

O ano de 2011, com quadra chuvosa acima da média, permitiu uma recarga considerável nos açudes, com Desterro chegando a aproximadamente 80% de sua capacidade e São Domingos a 49%. Já na sequência dos anos 2012 a 2017, a quantidade de chuvas e o balanço hídrico não foram favoráveis à recarga dos reservatórios e, dessa forma, os açudes registraram nível zero de armazenamento.

Vale destacar, que a medida utilizada para a quantificação dos níveis dos açudes é hectômetro cúbico (hm³), assim para 1 hm³ tem-se 1.000.000 metros cúbicos (m³) de água. Isso significa dizer, que abaixo dessa marcação o volume

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

não é quantificado, por motivos como o volume morto – ou reserva técnica - registro abaixo do nível de captação.

Em 2018, observou-se uma discreta recuperação no nível dos açudes, já que o ano foi agraciado com uma média anual de 790,80 mm, ainda, assim, a capacidade atingida não alcançou o marco de 15%, tendo em vista o nível zero registrados nos anos anteriores.

Com a crise no abastecimento na região, atividades como a agricultura, a pecuária e uso doméstico, foram diretamente afetadas pela falta de água, gerando preocupações para as comunidades e gestores públicos. Logo, a oscilação dos níveis dos reservatórios evidenciou o quão importante é a política pública voltada para a gestão das águas, inclusive para repensar outras formas de abastecimento para além de grandes açudes, tendo em vista que em eventos de secas plurianuais esses já não cumprem totalmente com a sua função de abastecimento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manuseio de dados numéricos por meios estatísticos se mostrou eficaz, uma vez que, após a análise das informações obtidas, foi possível apontar características relevantes da quadra chuvosa no município de Caridade. Acerca dos resultados obtidos, destacou-se que a média da dinâmica pluviométrica observada para o período no referido município foi de 640 mm, considerando o período de 1988 a 2018. Os valores observados podem servir de apoio a planejamentos socioeconômicos que envolvam as questões hídricas.

Constatou-se que a recarga hídrica local, para o período verificado, ocorre principalmente no primeiro semestre (janeiro a maio). Dessa forma, a informação do período chuvoso deve ser considerada para a execução das devidas ações estratégicas referentes ao abastecimento humano e à agropecuária para os períodos de escassez hídrica, devendo ser executadas de modo a se evitar maiores transtornos à população, principalmente aquelas mais vulneráveis economicamente.

Através análise do IAC, principal levantamento desse trabalho, foi extraída a informação da variabilidade pluviométrica em relação à média da série histórica tratada. O método revelou uma tendência à ocorrência de anos secos em relação à normalidade, já que os valores relativos às anomalias, em sua maioria apresentaram-se negativos, de tal forma que esse índice pode ser considerado um indicador climático.

A dinâmica observada indicou que o comportamento da quadra chuvosa, com a incidência de anos chuvosos ou secos, ocorre influenciado e em conformidade, geralmente, a partir da combinação dos fenômenos atmosféricos como o ENOS e o dipolo do Atlântico.

A comparação do total pluviométrico anual e do IAC aos níveis dos reservatórios permitiu compreender um pouco mais da dinâmica da recarga hídrica dos reservatórios. Sendo possível atestar que um ano chuvoso não necessariamente será o suficiente para o abastecimento de determinado açude. Assim, a disponibilidade hídrica do local abordado, depende, dentre outros fatores da pluviometria anual, do abastecimento dos reservatórios e de uma boa

gestão de distribuição e uso das águas, seja para o abastecimento humano ou, ainda, para o desempenho de atividades como a agricultura/ pecuária.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Orientações para consistência de dados pluviométricos / Agência Nacional de Águas; Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. -- Brasília: ANA, SGH, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Hidro Web Sistema de Informações Hidrológicas. Séries históricas: ano de 1988 a 2018. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 10 dez. 2019.

ALVES, J.M.B.; SOUZA, E.B.; COSTA, A.A.; MARTINS, E.S.P.R.; SILVA, E.M. Sobre o sinal de um downscaling dinâmico às oscilações intrassazonais de precipitação no setor norte do Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, n. 2, 2012. p. 219-228.

ALVES, José Maria Brabo *et al*. Sobre o sinal de um downscaling dinâmico às oscilações intrassazonais de precipitação no setor norte do Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, n. 2, p. 219-228, 2012.

ARAÚJO FILHO, J.A. Manejo pastoril sustentável da caatinga. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200 p.

ARAÚJO, L.E.; NETO, J.M.M.; SOUSA, F.A.S. Classificação Da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v.4, n 3, 2009. p. 93-110.

BERTONI J.C.; TUCCI, C.E. M. Precipitação. In: Tucci, C.E.M. Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2007. p.177-241.

BLAIN, G.C.; BRUNINI, O. Análise comparativa dos índices de seca de Palmer, Palmer adaptado e índice padronizado de precipitação no Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Meteorologia, v.22, p.105-111, 2007.

BRANDÃO. R.L. Diagnóstico Geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: CPRM, 1995.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Resolução n.º 115/2017 – SUDENE, de 22 de novembro de 2017. Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107 de 27 de julho de 2017. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://sudene.gov.br/images/arquivos/conselhodeliberativo/resolucoes/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiarido.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2019.

CEARÁ. Decreto n. 31.808, de 22 de outubro de 2015. Decreta Situação de Emergência por Seca em 150 municípios. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/18l4pRBqaIP5JHJqghuvoUNyYPPbDouDP/view>. Acesso em: 27 jan. 2020.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (COGERH). Atlas dos Recursos Hídricos do Ceará 2019. Açudes Construídos. Disponível em: <http://atlas.cogerh.com.br/>. Acesso em: 03 mar. 2020

FERREIRA, A.G., MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. Revista Brasileira de Climatologia, v.1, p.15-28, 2005.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte a Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. Revista Tecnologia, Fortaleza, p. 84-95, 1998.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. Prognóstico Climático para o Ceará Trimestre Fevereiro, Março e Abril de 2017. Fortaleza: Funceme 2017. 2 p.

_____. Prognóstico Climático para o Ceará Trimestre Fevereiro, Março e Abril de 2018. Fortaleza: Funceme 2018. 2 p.

_____. O Dipolo de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Tropical. Disponível em: <http://www.funceme.br/produtos/manual/oceanografia/Campos_TSM/dipolo.htm>. Acesso em: 06 fev. 2020.

_____. Perguntas Mais Frequentes, 2013. Área de Meteorologia. Disponível em: <http://www.funceme.br/?p=843>. Acesso em: 20 mar. 2020.

_____. Sistemas atmosféricos atuantes sobre o Nordeste. Fortaleza. Fevereiro 2014. Disponível em:<http://www.funceme.br/?p=967>. Acesso: 10 jan. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Perfil Básico Municipal Caridade 2017. Instituto de Pesquisa e estratégia Econômica do Ceará: Fortaleza, 2018. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/perfil-municipal/>. Acesso em: 15 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/caridade/panorama>. Acesso em: 15 dez. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Monitoramento do el niño durante ndj-2019/2020. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 15 mar. 2020.

MARENGO, José A. *et al*. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro In: Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. 1 ed. Campina Grande. Instituto Nacional do Semiárido, v.1, p. 383-416, 2011.

MENDONÇA, F. Climatologia: concepções científicas e escalas de abordagem. São Paulo: Oficina de Textos 2007.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Climate Prediction Center. Historical El Nino / La Nina episodes (1950-2016). Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.sh tml>. Acesso em: 06 fev. 2020.

ROOY, M. P. V. A rainfall anomaly index independent of time and space. Notos 14, 43-48. 1965.

SOUZA, M.J.N.; OLIVEIRA, J.G.B.; LINS, R.C.; JATOBÁ, L. Condições Geoambientais do Semiárido Brasileiro. Ciência e Trópicos, Recife, v.20, n.1, p.173-198, jul. 1996.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L.C.; SOUZA, M.J.N.; MORAES, J.O. (Organizadores). Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Editora: FUNECE: Fortaleza, 2000. p.106-180.

SOUZA, M.J.N. Limitações Geoambientais ao Desenvolvimento Sustentável no Semi-Árido Brasileiro. In: LUZÓN, J.L.; STADEL, C.; BORGES, C. (Org.). Transformaciones Regionales y Urbanas en Europa y América Latina. Barcelona: Publicaciones Universitat de Barcelona, 2003. p.143-156.

TAVARES, R. Cotidiano. Fortaleza, 29 de outubro de 2015. Disponível em: <https://tribunadoceara.com.br/noticias/cotidiano-2/em-4o-ano-de-seca-ceara-tem-12-acudes-com-capacidade-zerada-e-36-com-menos-de-1/>. Acesso em: 12 dez. 2019