



DINÂMICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO LITORAL, CEARÁ, BRASIL

Dynamics of Rainfall and Water Storage in Reservoirs in the Litoral Hydrographic
Basin, Ceará, Brazil

José Nelson do Nascimento Neto

Doutorando em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia UFU/MG

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1595-5216>

josenelsonnascimento@gmail.com

Cleisson Severino Silva

Bacharelado em Geografia, Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA, Sobral/CE

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-8041-2698>

cleissonseverinosilva@gmail.com

Pedro Fernandes do Nascimento

Bacharelado em Geografia, Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA, Sobral/CE

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-5300-966X>

pedrofernandes93net@gmail.com

Artigo recebido em 01/06/2022 e aceito em 30/10/2022

RESUMO

Esse trabalho objetiva conhecer a distribuição das precipitações pluviométricas para classificar os períodos de chuva e associa-los ao processo de recarga dos reservatórios ao longo da bacia hidrográfica do litoral. O procedimento metodológico consiste na aplicação estatística dos quantis para determinar limiares de Q0,15, Q0,35, Q0,50, Q0,65 e Q0,85 baseando-se em Pinkayan (1966) e Xavier (2007), para classificar os períodos muito secos, secos, normal, chuvoso e muito chuvoso. A série histórica considerou os registros de (1992 a 2022) perfazendo 30 anos de dados pluviométricos consultado na FUNCEME. Os dados dos reservatórios foram consultados na COGERH. Os resultados apontam que o posto pluviométrico de Irauçuba, obteve o menos acumulado da bacia classificando com 131,1 mm no ano de 1993 e classificando-se como muito seco, no ano de 2009 com 1062,7 mm classificando-se como muito chuvoso. Respetivamente o posto de Trairi registrou cerca de 2182,8 mm em 2009 classificado como muito chuvoso, seguido por Itarema com 2529 mm em 2009 classificando-se como muito chuvoso, seguido por Uruburetama com 1837,7 mm em 2009 registram os maiores acumulados. Os reservatórios indicam que o período de baixa recarga e seca estão associados aos períodos muito seco dos postos pluviométricos. É possível concluir que os dados podem subsidiar o processo de gestão territorial aos gestores públicos locais sobre possíveis tomadas de decisões estratégicas na bacia.

DOI: 10.5281/zenodo.12738492

Palavras-chave: Reservatórios; Irauçuba; Quantis.

ABSTRACT

This work aims to know the distribution of rainfall in order to classify the periods of rainfall and associate them with the recharge process of the reservoirs along the coastal watershed. The methodological procedure consists of the statistical application of quantiles to determine thresholds of Q0.15, Q0.35, Q0.50, Q0.65 and Q0.85 based on Pinkayan (1966) and Xavier (2007), to classify the periods very dry, dry, normal, rainy and very rainy. The historical series considered the records from (1992 to 2022) totalling 30 years of rainfall data consulted at FUNCEME. The reservoir data were consulted at COGERH. The results show that the Irauçuba rainfall station obtained the least accumulated rainfall in the basin, with 131.1 mm in 1993 and classified as very dry, and 1062.7 mm in 2009, classified as very rainy. Respectively, the Trairi station recorded about 2182.8 mm in 2009 classified as very rainy, followed by Itarema with 2529 mm in 2009 classified as very rainy, followed by Uruburetama with 1837.7 mm in 2009 recorded the highest accumulations. The reservoirs indicate that the period of low recharge and drought are associated with the very dry periods of the rainfall stations. It is possible to conclude that the data can subsidise the territorial management process of local public managers on strategic decision-making in the basin.

Keywords: Reservoir; Irauçuba; Quantis.

1. INTRODUÇÃO

A distribuição espacial e temporal das chuvas interessa a toda a sociedade. Segundo aponta Shayanmehr, Porhajasova, Babosová et al (2022) nos últimos anos tem-se observado mudanças nos padrões das precipitações devidos as alterações climáticas com graves consequências para as comunidades humanas e a biodiversidade. Deixando os gestores públicos locais e regionais vulneráveis a tomada de decisões sobre o uso dos recursos hídricos.

A precipitação pluviométrica influencia na dinâmica hidrológica, no escoamento fluvial das bacias hidrográficas e na recarga do lençol freático. Em ambientes semiáridos conhecer essas características é fundamental. Marcado pela escassez hídrica e pela seca o nordeste semiárido segundo Rebouças (1997) é influenciado não apenas pela relação ambiental, mas ao conjunto territorial das políticas públicas que permeia o funcionamento da região.

Segundo Honda e Durigan (2017) o funcionamento hidrológico das bacias hidrográficas e suas relações com a cobertura vegetal têm sido objeto de estudo há décadas. No Brasil no domínio do clima semiárido a caatinga tem propiciado a escassez hídrica deste território tornando-se objeto de interesse social. Segundo Coutinho (2006) este é um bioma de savana semiárida do Zonobioma II, com temperaturas mais elevadas e acentuada evapotranspiração potencial, o que agrava ainda mais os efeitos da baixa e irregular pluviosidade.

A investigação da precipitação pluviométrica a partir de dados das estações pluviométricas da FUNCEME no Estado do Ceará, tem contribuído para identificação os padrões estatísticos de frequência e probabilidade, para Silva (2015) a análise estatística de dados geralmente tem por objetivo a tomada de decisões, resolução de problemas ou produção de conhecimentos. De modo a produzir informações técnicas que possam subsidiar o processo de gestão territorial das bacias hidrográficas.

Conforme Souza, Nogueira e Nogueira (2017) a precipitação pluvial tem sido amplamente estudada em várias regiões do globo, devido a sua grande contribuição para entender o ciclo hidrológico e a manutenção do meio ambiente e dos seres vivos. O clima semiárido destacado por Marengo, Alves e Bessa et al (2011) se apresenta em sua característica com precipitação inferior a 600 mm ano.

Para Kelting (2009) o volume das chuvas está diretamente relacionado à sua distribuição espacial, à quantidade de energia que movimenta a atmosfera, que sofre influência da litosfera, hidrosfera e biosfera e, como reflexo, influência na formação das paisagens. No ambiente semiárido as bacias hidrográficas são fundamentais a tomada de decisões regionais sobre gestão territorial das águas, onde a captação, o armazenamento, os tipos de uso e a distribuição são processos essenciais ao atendimento à população.

De acordo com Santos e Aquino (2017) é importante conhecer as variações da precipitação pluviométrica, em especial no Nordeste do Brasil (NEB), região marcada pela irregularidade espaço-temporal das chuvas, estas concentradas em curto período de tempo, período que se periodiza entre fevereiro a maio na quadra chuvosa, com elevados valores de temperaturas e de evapotranspiração.

Para Rocha, Junior e Silveira et al (2021) o Ceará está localizado na porção Nordeste do Brasil (NEB), apresenta clima predominante semiárido e seu regime de precipitação é bastante irregular. As regiões semiáridas apresentam predominantemente características específicas de distribuição espacial de chuvas concentradas na quadra chuvosa de fevereiro a maio seguido por estação seca com a escassez hídrica.

A distribuição espacial das chuvas influencia nas tomadas de decisões públicas e auxiliam o direcionamento e o planejamento territorial das bacias hidrográficas, pois influenciam no abastecimento e na recarga dos reservatórios. Deste modo, o objetivo desta pesquisa é compreender a classificação dos acumulados de chuvas e sua relação no processo de abastecimento dos reservatórios distribuídos ao longo da bacia hidrográfica do litoral.

2. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Litoral (BHL), com área de 8.619 km², localiza-se na porção norte do estado do Ceará, compreende as sub-bacias Aracatiaçu (3.415 km²), Mundaú (2.227 km²), Aracati-Mirim (1.565 km²), Trairi (556 km²) e Zumbi (193 km²), além de uma faixa litorânea de escoamento difuso. Em seus limites a BHL, integra os municípios de Acaraú, Amontada, Irauçuba, Itapipoca, Itarema, Miraíma, Marco, Morrinhos, Santana do Acaraú, Trairi, Tururu, Uruburetama, Sobral (Aracatiaçu), conforme é possível verificar na figura 01 adiante.

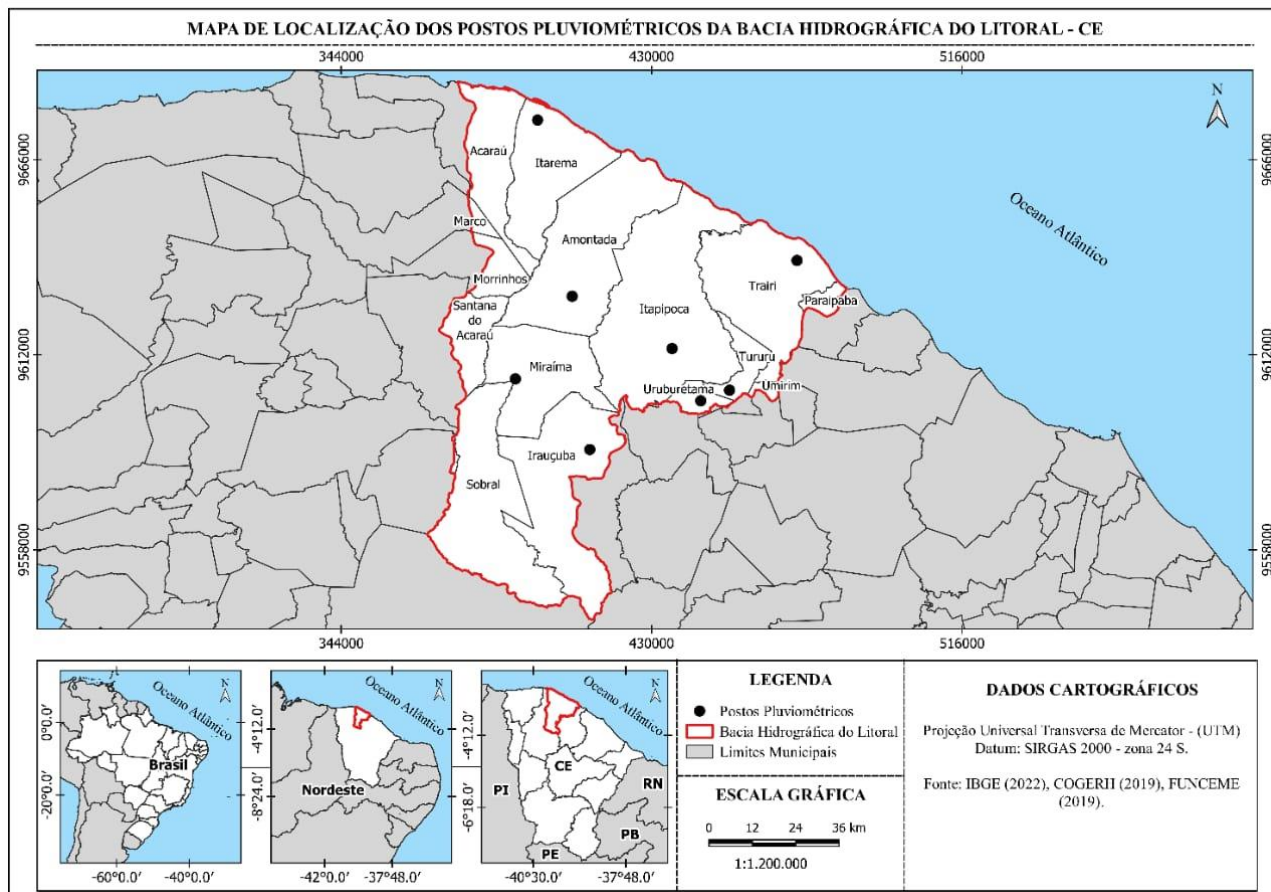


Figura 1 - Mapa de localização da Bacia hidrográfica do litoral-CE.

Fonte: Autores, 2022.

3. MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa desenvolveu-se seguindo: I) a problematização da área de estudo; II) a classificação das chuvas e III) o histórico recente de armazenamento de águas das chuvas nos reservatórios ao longo da bacia.

3.1. Acesso e sistematização do banco de dados

A descrição dos dados amostrais, seguiu ao procedimento de consulta ao banco de dados dos postos pluviométricos na web no site da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos –

DOI: 10.5281/zenodo.12738492

FUNCEME disponível em http://www.funceme.br/?page_id=2694., órgão público vinculado ao Governo do Estado do Ceará, a partir do recorte da bacia do litoral. Foram selecionados cerca de oito postos pluviométricos ativos, para a análise da série temporal determinada de (1992 a 2022) equivalente ao período de 30 anos.

Sobre a série temporal organizou-se os dados amostrais. A organização do banco de dados, seguiu com a sistematização dos dados da precipitação, entre o acumulado total, mínima, média, desvio padrão e o coeficiente de variação. Os gráficos gerados foram utilizados como referência o acumulado total da precipitação pluviométrica da bacia, uma vez que a mesma permite conhecer a distribuição espacial da precipitação. O software utilizado no processamento dos dados foi o Excel da Microsoft, versão livre do Windows 10.

3.2. Análise Estatística do Banco de Dados

Para se conhecer os valores, relativos ao conjunto de dados amostrais, estabeleceu-se a classificação da série temporal em análise, que consiste na organização dos dados de (1992 a 2022). Estabeleceu-se o valor de médias, desvio padrão, coeficiente de variância e máxima seguindo como referências as formulas a seguir:

Para estabelecer a média aritmética, utilizou-se a fórmula abaixo:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Onde: X (equivale à média), M (valor total) X n (número total de dados amostrais da série);

Desvio Padrão:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Coeficiente de variação em:

$$CV = \frac{100 \cdot S}{\bar{X}}$$

Onde: S (equivale ao desvio padrão) e X (média aritmética)

Esse processo de sistematização de dados pode ser verificado na Tabela 01: Postos pluviométricos da Bacia Hidrográfica do Litoral-Ceará-Brasil. O mesmo, busca identificar a correlação e a dispersão entre a média acumulada, a máxima e o coeficiente de variação.

3.3. Técnica dos Quantis para Classificação de Chuvas

A utilização da técnica dos quantis, considerou o modelo de referência Pinkayan (1966) e Xavier (2007), para classificar os períodos muito secos, secos, normal, chuvoso e muito chuvoso. E estabeleceu-se os valores dos quantis Q0,15, Q0,35, Q0,50, Q0,65 e Q0,85, para determinar os limiares relativos à classificação das chuvas, ver Tabela 01 adiante.

Tabela 01: Classificação do acumulado a partir da ordem quantílica.

Categorias	Probabilidades
Muito Seco (MS)	$X \leq Q 0,15$
Seco (S)	$Q 0,15 < X \leq Q 0,35$
Normal (N)	$Q 0,35 < X \leq Q 0,65$
Chuvoso (C)	$Q 0,65 < X \leq Q 0,85$
Muito Chuvoso (MC)	$X > Q0,85$

Fonte: Adaptado de Xavier *et al.* 1999.

3.4. Acesso ao banco de dados dos Reservatórios

A gestão das águas no Estado do Ceará é de responsabilidade da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos – COGERH, órgão subordinado a Secretária de Recursos Hídricos – SRH do Estado. O acesso aos dados dos reservatórios foi consultado na plataforma na web, através do link <http://funceme.br/hidro-ce-app/reservatorios/volume>. Os dados consultados subsidiam a construção dos gráficos 09 ao 17, ambos possuem informações sobre o nível dos reservatórios e auxiliam ao entendimento da leitura da série histórica recente dos açudes.

3.5. Elaboração cartográfica

A produção cartográfica do mapa de localização, foi realizada a partir do acesso as fontes dos arquivos shapefiles do (IBGE, 2022), da (COGERH, 2019) e (FUNCEME, 2019). Foi adotado o Datum: SIRGAS 2000 UTM Zona 24 S. O Software utilizado foi Qgis.3.16, versão gratuita. O procedimento técnico utilizado consistente no recorte poligonal da área da bacia hidrográficas, delimitação dos municípios e postos pluviométricos que fazem parte da bacia. A escala utilizada corresponde a 1:1. 250.000.

Para produção cartográfica do mapa temático de média e soma, foi realizada a partir do acesso as fontes dos arquivos shapefiles do (IBGE, 2022), da (COGERH, 2019) e (FUNCEME, 2019). Foi adotado o Datum: SIRGAS 2000 UTM Zona 24 S. A elaboração foi realizada no software Qgis.3.16, versão gratuita. Procedimento técnico utilizado consistente no recorte poligonal da área da bacia do hidrográfica, e geração das linhas de isoietas a partir da função interpolação com o método IDW. Utilizado os dados de precipitação de oito postos pluviométricos da bacia hidrográfica do litoral. A escala utilizada corresponde a 1:1. 500.000.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados são discutidos a partir da caracterização climatológica do Estado do Ceará, vinculando os dados sobre a classificação das chuvas nos gráficos 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 e 08 seguida pelos gráficos 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17 sobre o histórico recente de armazenamento de água dos reservatórios monitorados pela COGERH situado ao longo da bacia.

4.1. Clima da bacia do litoral

De acordo com Medeiros e Holanda (2019) a classificação climática de Köppen se baseia na distribuição de precipitação e temperatura, anual e mensal. Esses elementos são indispensáveis para a divisão dos tipos climáticos. Setzer (1966) simplificou a classificação criando uma chave classificatória. Para Souza et al (2013) as três letras, indicam grupo, tipo e subtipo. No Estado do Ceará predominam: As – com estação seca de verão e o BSh – quentes de baixa latitude e altitude.

Medeiros e Holanda (2019) classificam o clima do Ceará como "A" corresponde ao clima Tropical: Temperatura média do mês mais frio maior que 18°C, estação invernal ausente, precipitação anual superior a evapotranspiração anual. O (s) corresponde a chuvas de verão – outono, já o (B) corresponde ao tipo climático árido caracterizado, climas secos (Precipitação anual menor que 500 mm) evapotranspiração anual superior a precipitação anual.

Segundo Articulação do Semiárido Brasileiro ASA (2023), o clima semiárido que se vincula ao Estado do Ceará é considerado o mais chuvoso do mundo por variar entre 200 a 800 mm/anos, a sua precipitação pluviométrica é concentrada entre os meses de fevereiro a maio e distribuída de forma irregular em toda região, o índice de evaporação equivale a 3000 mm por ano e isso provoca redução nos níveis dos recursos hídricos.

Para Caracristi (2000) no Estado do Ceará temos como um dos principais sistemas atmosféricos a ZCIT (Zona de Convergência Intertropical), o mais importante pois é responsável por determinar o quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste, sazonalmente ela altera sua posição para o norte em aproximadamente 12 graus em agosto e setembro para 4 graus ao sul nos meses de março e abril.

Segundo a FUNCEME (2014) 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. Ela é mais significativa sobre o oceano e por isso a temperatura da superfície do mar determina sua posição e intensidade.

Outro sistema atmosférico atuante no Estado são as frentes frias, para FUNCEME (2014) caracteriza se como bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa).

Os complexos convectivos de Mesoescala é um outro sistema atmosférico ativo no território cearense precisamente na bacia do Litoral, assim como definem Ferreira e Mello (2005) os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, e provocam chuvas fortes e de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento.

O volume de chuvas no Estado do Ceará, e conseqüentemente em parte da região semiárida nordestina do Brasil, é reduzido quando da ocorrência do ENOS (El Niño Oscilação Sul), fenômeno de macro escala que se origina na região equatorial oriental do Oceano Pacífico e afeta o clima de todo o planeta Ferreira e Mello (2005).

4.2. Distribuição dos períodos de chuvas na bacia do litoral

O conhecimento das características de frequência relativa à quantidade de vezes o fenômeno ocorreu em uma determinada área é fundamental a tomada de decisões, subsidiadas por meio da média, desvio padrão e o coeficiente de variância das séries históricas analisadas. Na tabela 02 abaixo, é possível compreender a dispersão existente entre os dados, em que as médias pluviométricas acabam por vezes não sendo o melhor fator determinante para a análise e tomada de decisões de ordem técnicas e públicas.

Tabela 02: Postos pluviométricos da Bacia Hidrográfica do Litoral-Ceará-Brasil.

POSTO	MÉDIAS PLUVIOMÉTRICAS	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIÂNCIA	MÁXIMA PLUVIOMETRIA
AMONTADA	704,9	84,8	147,74	706,8
IRAUCUBA	446,4	53,7	154,71	432,5
ITIPIOCA	1149,9	119,0	129,83	646,1
ITAREMA	1232,8	128,8	132,64	697
TRAIRI	1275,5	125,1	124,19	616
URUBURETAMA	1043,6	104,9	128,39	472,4
MIRAÍMA	734,7	84,5	147,37	438,5
TURURU	748,8	80,7	131,39	414,5

Fonte: FUNCEME, 2022. Adaptado pelos autores, 2022.

O processo de distribuição espacial das chuvas ocorre em decorrência da dinâmica atmosférica, a concentração das chuvas na quadra chuvosa que varia entre fevereiro a maio, sendo a

sazonalização do período de estiagem variando entre sete a oito meses para o Estado do Ceará, tornam fundamental as análises das séries históricas para o processo de tomada de decisões estratégicas ao longo da bacia.

Segundo Kelting (2009) na bacia hidrográfica do litoral, a distribuição temporal e espacial das chuvas ratifica o tipo climático de semiaridez, informação que vai contribuir para o conhecimento do ritmo das precipitações, sobretudo de como a sociedade utiliza a potencialidade natural da área. Permitindo aos gestores públicos tomarem decisões importantes em relação a gestão territorial dos recursos hídricos em ambiente semiárido.

Desta forma, ao analisarmos as séries históricas dos oitos postos pluviométricos selecionados ao longo da área poligonal da bacia, podemos evidenciar acumulados que se classificam como muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvosos considerando a base estatística dos quantis para determinar os acumulados de chuva. Essas informações podem contribuir para o planejamento estratégico e tomada de decisões sobre gestão das águas ao longo da bacia hidrográfica.

4.3. Classificação dos períodos de chuvas

Os primeiros trabalhos vinculados a aplicação de técnica estatística dos quartis foram desenvolvidos, de acordo com a metodologia de Pinkayan (1966) e Xavier (2001, 2004, 2007). Xavier *et al.* (2007) define os quantis como medida de separação para distribuições empíricas ou teóricas, apresentando ainda ordens quantílicas de emprego mais corriqueiro.

Posteriormente foram aplicados estudos por Monteiro (2012 e 2021) que determinam a classificação de eventos extremos e seus impactos sobre o semiárido nordestino. A execução destes trabalhos subsidiou a aplicabilidade técnica dos quantis para os estudos ambientais lançando luz a emergentes dos impactos dos eventos extremos sobre os espaços urbanos.

Segundo Luna, Duarte, Silva et al (2023) a técnica dos quantis é fundamental para determinar anos secos e chuvosos, e seus impactos sobre o espaço urbano, ao analisar os impactos dos eventos extremos diários no município de Juazeiro do Norte. Segundo Monteiro, Rocha e Zanella (2012) para o entendimento da utilização da técnica estatística quantil, supõe-se que a chuva em um determinado local, acumulada em certo intervalo possa ser representada em termos por uma variável aleatória contínua.

O acumulado das precipitações pluviométricas ao longo da série histórica pode, serem verificadas no posto Amontada no gráfico 01 adiante.

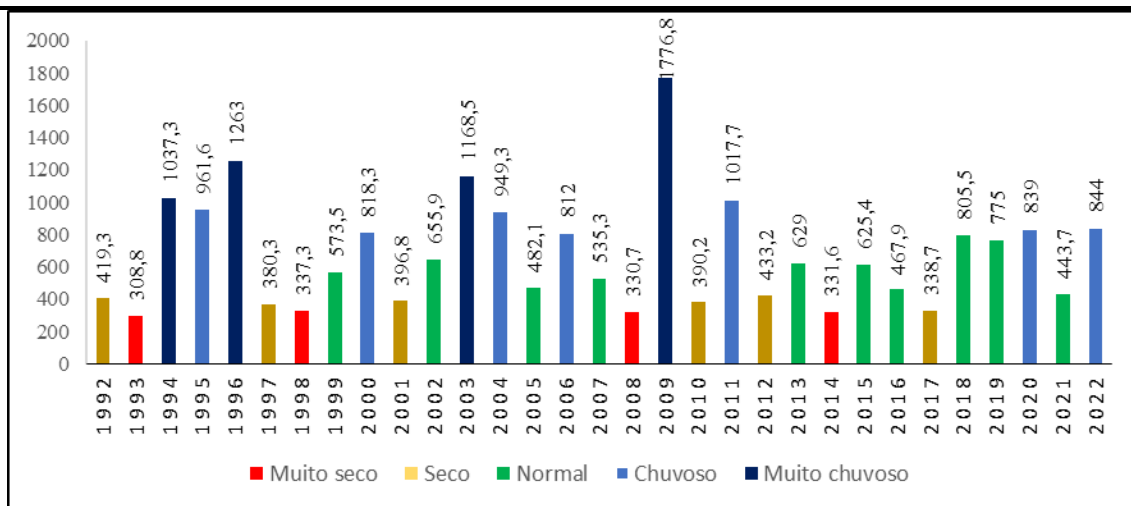


Gráfico 01 - Distribuição dos períodos de chuvas para o posto Amontada.
Fonte: FUNCEME, 2022. Org: Autores, 2022.

Os períodos muito secos ficaram com o menor registro em 1993 com 308,8 mm e o maior com 337,3 mm em 1998. O período muito seco variou com seis registros entre a mínima acumulada em 2017 com 338,7 mm até limiar de 419,3 mm em 1992. A normal ficou com dez registros com a mínima em 443,7 mm em 2021 e a máxima em 805,5 mm, o período chuvoso ficou variando entre 812 mm a mínima e a máxima com 961,6 mm e muito chuvoso alcançou a máxima de 1776,8 mm, tornando a região com períodos bem concentrados. A seguir é apresentado no gráfico 02 a classificação dos acumulados de chuvas para o posto de Uruburetama.

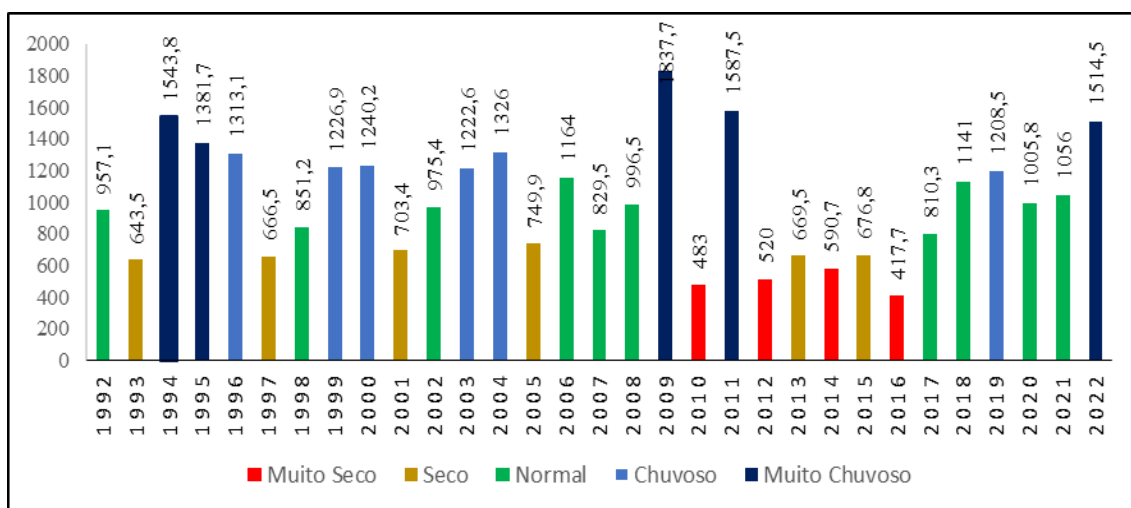


Gráfico 02 - Distribuição dos períodos de chuvas para o posto Uruburetama.
Fonte: FUNCEME, 2022. Org: Autores, 2022.

Os registros para o posto Uruburetama, ficaram para o quadro muito seco com o mínimo de 417 mm em 2016 e o máximo em 590,7 mm em 2014 estes ficaram restritos ao início da última década. O período seco ficou com seis registros, distribuídos entre o mínimo de 643,5 mm em 1993 e o máximo de 749,9 mm em 2005. O período de normal com nove registros com o mínimo de

810,3 mm em 2017 e o máximo de 1164 mm em 2006. Em relação ao período de chuvoso esse ficou com seis registros com a mínima de 1208,5 mm em 2019 e máximo de 1313,1 mm em 1996. Em relação ao período muito chuvoso sua variação ficou com mínimo acumulado em 1381,7 mm em 1995 e com máxima de 1837,7 mm.

A seguir no gráfico 03 é observado a existência da distribuição dos acumulados de chuvas para o posto do município de Tururu.

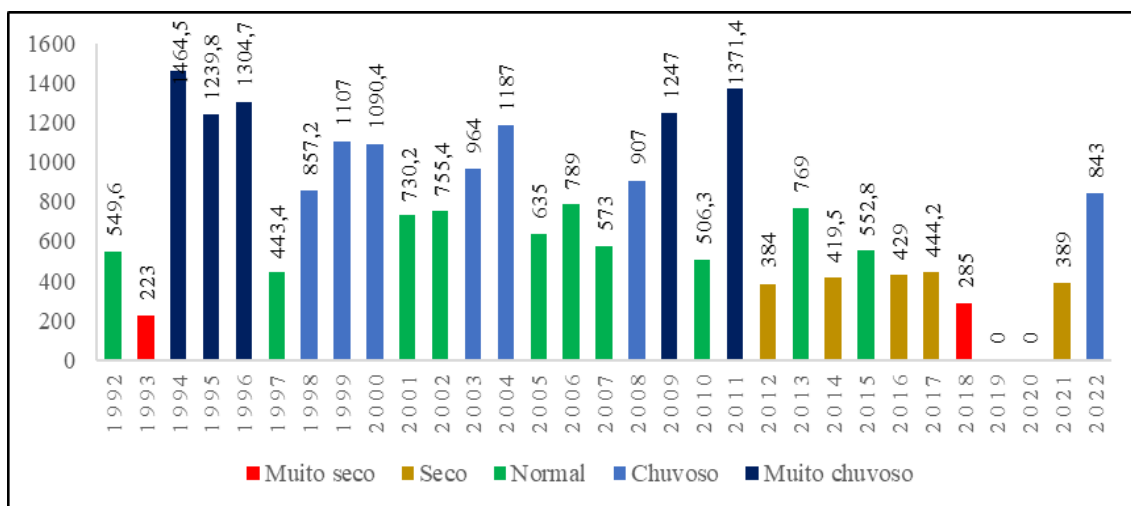


Gráfico 03 - Distribuição dos períodos de chuvas para o posto Tururu.

Fonte: FUNCEME, 2022. Org: Autores, 2022.

Os registros ficam com muito seco com mínima de 0 mm em 2019 e 2020, provavelmente vinculados a uma falha de informação do posto. Seguida para o máximo de 285 mm em 2018. Os registros do período seco ficaram com mínima em 384 mm em 2012 e máxima em 444,4 mm em 2017. A normal variou entre 506,3 mm em 2010 e máxima em 769 mm em 2013. Para o período chuvoso os registros foram de 857,2 mm até 1187 mm. Sendo que o muito chuvoso ficou em cinco registro com mínimo de 1239,8 mm em 1995 e máximo com 1464,5 mm em 1994. Adiante, é apresentando o acumulado para identificação dos períodos de chuvas para o posto Trairi no extremo norte da bacia do litoral no gráfico 04.

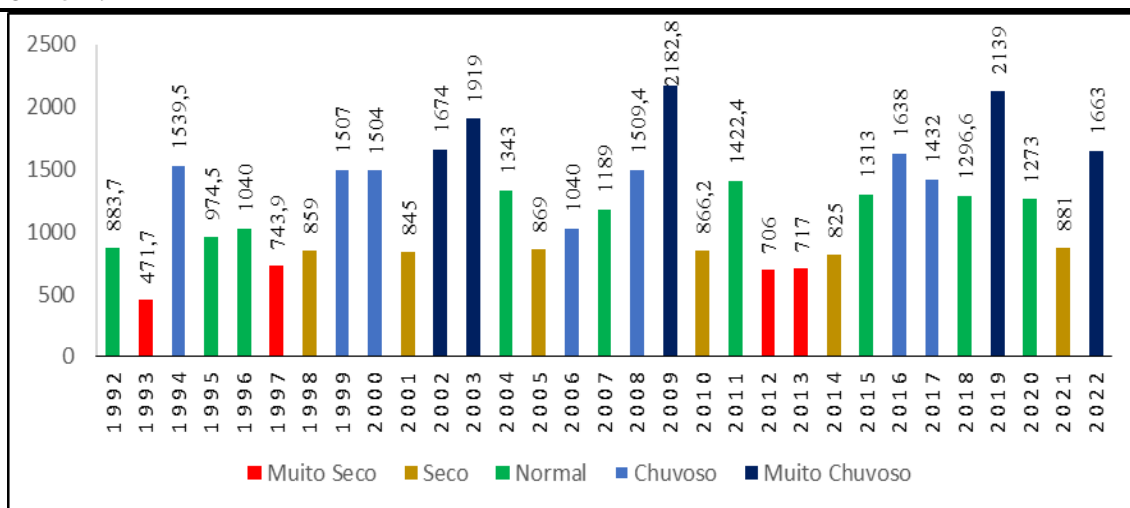


Gráfico 04 - Distribuição dos períodos de chuvas para o posto Trairi.
Fonte: FUNCEME, 2022. Org: Autores, 2022.

Foi observado a existência de quatro registros para o muito seco, sendo a variação entre o menor acumulado de 417,7 mm em 1993 e a máxima com 743,9 mm em 1997. Foram observados cerca de seis registros de seco sendo o mínimo com 825 mm e o máximo de 868 mm em 2005. Os registros de normal ficou com oito registros com o mínimo de 883,7 mm em 1992 e o máximo com 1422,4 mm. No período de chuvoso ficou com sete registros com mínimo de 1432 mm em 2017 e máximo de 1638 mm em 2016. Já, o período de muito chuvoso foi determinado em quatro registros, com mínimo de 1674 mm em 2002 e máximo de 2182,8 mm em 2009. Adiante é apresentado o gráfico 05 com o município de Miraíma.

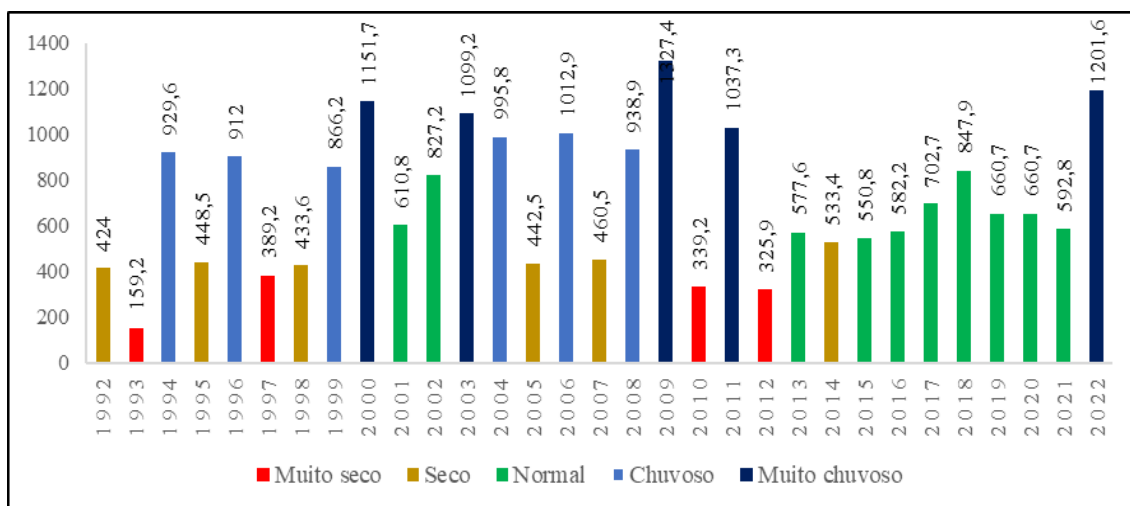


Gráfico 05 - Distribuição dos períodos de chuvas para o posto Miraíma.
Fonte: FUNCEME, 2022. Org: Autores, 2022.

A distribuição da precipitação classificou o registro de muito seco, variando entre o acumulado mínimo de 159,2 mm em 1993 e 1997 com 389,2 com o máximo. Para a classificação de seco, variou entre o mínimo limiar acumulado em 1992 com 424 mm e o máximo acumulado com

533,4 mm em 2014. A normal ficou entre 550,8 mm em 2015 e o máximo acumulado em 847,9 em 2018. O período chuvoso ficou com mínimo de 866,2 mm em 1999 e com o máximo de 995,4 em 2004. O muito chuvoso ficou com o mínimo de 1037,3 mm em 2011 e o máximo com 1327,4 em 2009. A seguir é apresentado a distribuição das chuvas em Itapipoca no gráfico 06.

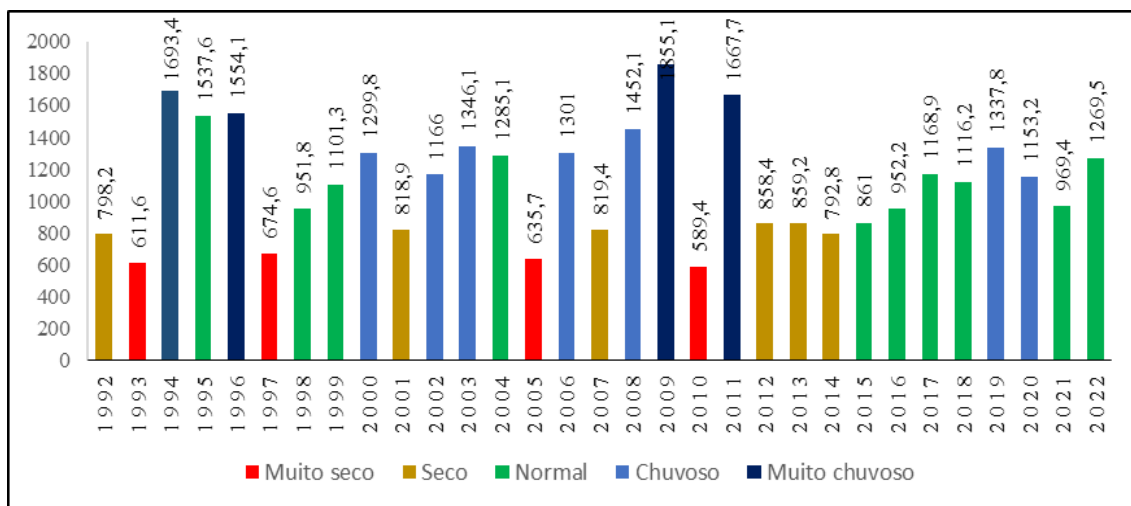


Gráfico 06 - Distribuição dos períodos de chuvas para o posto Itapipoca.
Fonte: FUNCEME, 2022. **Org:** Autores, 2022.

Para o município de Itapipoca, observou-se a existência de quatro registros muito seco variando entre o limiar mínimo de acumulado em 2010 com 589,4 mm e a máxima acumulada em 674,6 mm. Foram observadas a existências de seis registros secos, com mínimo de 792,8 mm em 2014 e em 2007 com máximo de 819,4 mm. O período normal ficou com nove registros sendo o mínimo limiar acumulado com 861 mm em 2015 e em 1995 com 1537,6 mm.

Para os registros de chuvoso foram observado o menor limiar com 1153,2 mm em 2020 e o maior com 1452,1 mm em 2008. O período muito chuvoso corresponde ao mínimo limiar acumulado em 1554,1 mm em 1996 e o máximo acumulado em 1855,1 mm em 2009. O posto Itarema, situado a norte da bacia do litoral. Tem sua relação direta com o oceano atlântico, fazendo com que a distribuição dos acumulados de precipitação tenha uma variação maior em relação ao posto Iruçuaba, como se pode verificar no gráfico 07 adiante.

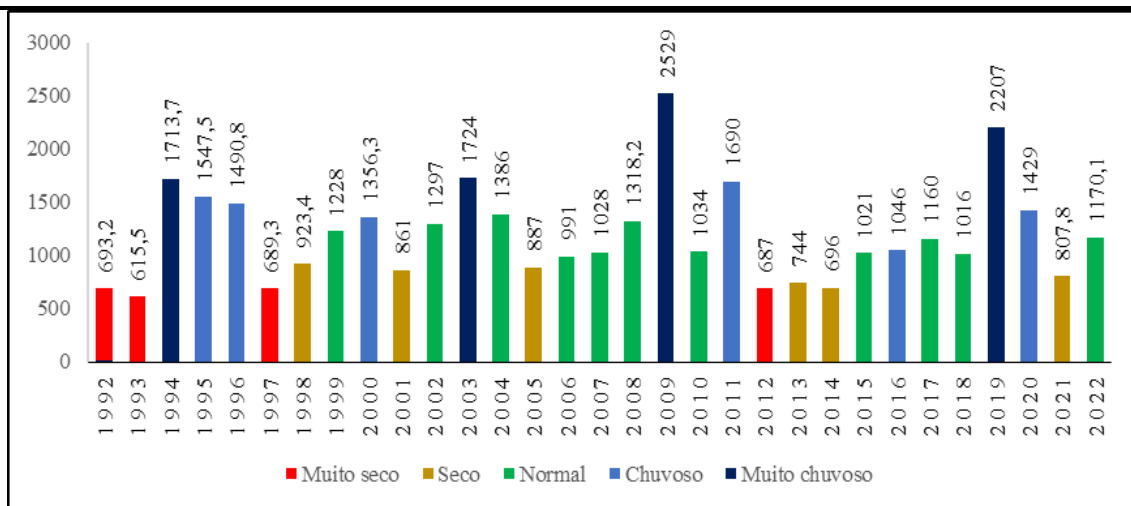


Gráfico 07 - Distribuição dos períodos de chuvas para o posto Itarema.
Fonte: FUNCEME, 2022. Org: Autores, 2022.

Os dados vinculados ao posto Itarema, registraram cerca de quatro período classificados como muito seco, variando entre 615,5 mm para o ano de 1993 e 693,2 mm para 1992. O período seco ficou com variação de cinco registros, sendo o limiar de mínima com 696 mm em 2014 e o máximo de 923,4 mm em 1998. A normal por sua vez, corresponde a variação 10 registros, com o mínimo de 991 mm em 2006 e o máximo de 1386 mm em 2004.

Observou-se a existência de cinco registro vinculado ao período chuvoso variando entre o mínimo de 1.429 mm em 2020 e o máximo em 1.690 mm em 2011. Para o período muito chuvoso ficou a sua classificação com quatro registros, com mínimo de 1713,7 mm em 1994 e 2.529 mm em 2009. O que torna o município com variação de índices pluviométricos acima da média do semiárido influenciada respectivamente em relação a sua localização ao longo da bacia. Temos adiante a distribuição dos acumulados para o município de Irauçuba no gráfico 08.

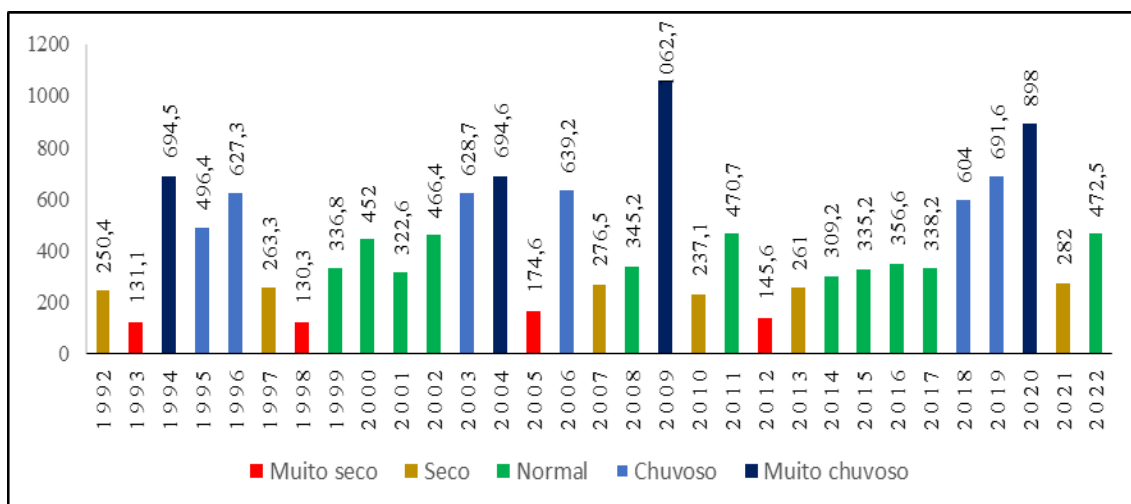


Gráfico 08 - Distribuição dos períodos de chuvas para o posto Irauçuba.
Fonte: FUNCEME, 2022. Org: Autores, 2022.

Os registros apontam, a existência de quatro evento classificados de muito secos, variando entre 130,3 mm em 1998 e máximo de 174,6 mm. Para os eventos, secos foram contabilizados a existência de seis registros, com mínimo acumulado em 250,4 mm em 1992 e máximo acumulado em 282 mm em 2021. A periodização da normal ficou em sete registros, variando entre o mínimo acumulado em 309,2 mm e a máximo acumulado em 470,7 mm em 2011.

A periodização para a classificação de chuvoso ficou com cinco registros, sendo sua variação entre a mínima de 496,4 mm em 1995 e a máxima em 691,6 mm. A classe de muito chuvoso variou entre o limiar acumulado de 694,5 mm em 1994 e a máxima acumulada em 1062,7 mm em 2009. Segundo a FUNCEME (2015) a área susceptível à desertificação (ADS) do núcleo I, Irauçuba, Centro-Norte é formada pelos municípios de Irauçuba, Sobral, Miraíma, Itapajé, Santa Quitéria e Canindé, com área de 12.202,41 k² IBGE (2012), concentrando na região centro-sul da bacia do litoral.

É fundamental conhecer os acumulados de chuvas da bacia considerando os postos analisados. Adiante é apresentado a figura 02 representando a precipitação da bacia hidrográfica do litoral.

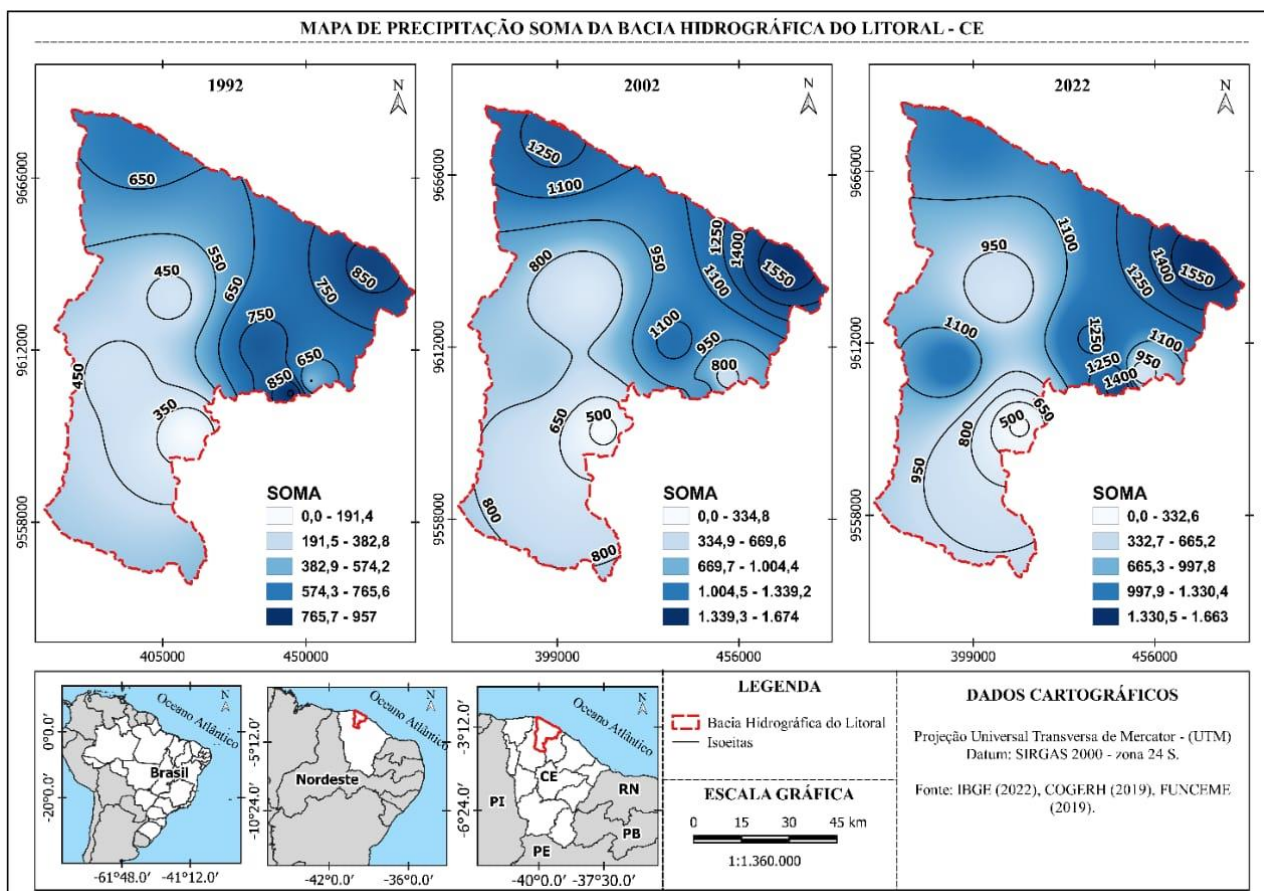


Figura 2 - Mapa de Precipitação Soma na Bacia Hidrográfica do Litoral-CE.

Fonte: Os autores, 2022.

Identificou-se que os registros de 1992, apontam para um acumulado máximo de 957,1 mm no posto do município de Uruburetama, região que conforme o mapa, obteve o maior registro. Verifica-se assim, que na região do maciço residual de Uruburetama seguida com a planície litorânea do Trairi com 883,7 mm, obtiveram os maiores registros, o posto de Irauçuba obteve o menor registro com 250,4 mm.

Para o ano de 2002, a Bacia do Litoral registrou os maiores acumulados na planície litorânea na porção extremo norte com Trairi com 1674 mm e Itarema no extremo oeste da bacia com 1297 mm. Essa distribuição de acumulados ultrapassam a média do clima semiárido de 600 mm. O ano de 2022 em análise observou-se que o mesmo teve uma tendência de acumulados acima da média do semiárido, tornando a bacia uma boa fonte de precipitação, o extremo norte com Trairi o acumulado foi de 1663 mm, seguida pela região de Uruburetama com 1514,5 mm e porção media da bacia com 1201,6 mm em Miraíma.

A distribuição espacial das chuvas associadas às unidades geomorfológicas da bacia, explica a existência das diversas paisagens na sua área poligonal. As áreas de alto, médio e baixo curso da bacia, pode direcionar situações que variam desde o processo de armazenamento de água na superfície, como na subsuperfície. Essa relação é fundamental por exemplo para compreender a dinâmica espacial de disponibilidade hídrica da bacia, representada em três cenários distintos, entre os anos de 1992, 2002 e 2022.

4.4. Armazenamento superficial de água por reservatórios

A existência de períodos chuvosos e sua variação na bacia hidrográfica do litoral, influência no processo de recarga dos reservatórios no ambiente semiárido. O processo de captação e armazenamento de água ocorre ao longo do leito do rio. Vale destacar que os reservatórios possibilitam a segurança hídrica de abastecimento humano para boa parte da população semiárida.

Os reservatórios são construídos por meio de obras de engenharia hidráulicas por represamento de água ao longo do leito dos rios, barrando o fluxo natural da água. A seguir é apresentado na tabela 03, a disponibilidade hídrica da bacia do litoral em sua capacidade de armazenamento.

Tabela 03: Reservatórios de abastecimento de água na Bacia hidrográfica do litoral-CE.

Coordenadas SIRGAS/UTM	Município	Reservatório	Capacidade m ³	Rio Barrado	Conclusão
445481.657627 9627253.67065	Itapipoca	Gamileira	52642392 m ³	Rio Mundaú	2012
430095.660167 9627253.67065	Itapipoca	Poço Verde	12430000 m ³	Riacho Sororó	1955
430444.972569	Itapipoca	Quandú	3370000 m ³	Rio Quandú	1990

9605100.21989					
391828.354775	Miraíma	S. P Timbaúba	15768679 m ³	Rio Aracatiaçu	1916
9605129.32787					
404811.475451	Miraíma	Missi	65300000 m ³	Rio Quandú	2011
9616219.47723					
442580.150286	Uruburetama	Mundaú	21300000 m ³	Rio Mundaú	1988
9598421.83120					
385335.260683	Sobral	Patos	7550000 m ³	Rio Aracatiaçu	1918
9584192.42659					
390504.545096	Sobral	S.M do Aracatiaçu	8200000 m ³	Riacho Bom Jesus	1923
9553053.05033					
387553.375724	Sobral	S. A do Aracatiaçu	24340000 m ³	Rio Aracatiaçu	1924
9570783.67637					

Fonte:GOGERH, 2021.

A seguir é apresentando um histórico recente de capacidade de armazenamento hidráulico dos reservatórios ao longo da série histórica observada. Vale destacar que a variação das chuvas ao longo do tempo e do espaço, não garante a recarga total dos reservatórios, pois o processo de recarga depende de vários fatores, demanda de abastecimento humano, uso múltiplos da água e evapotranspiração. A diante temos o gráfico 09 representando o reservatório Gameleira.

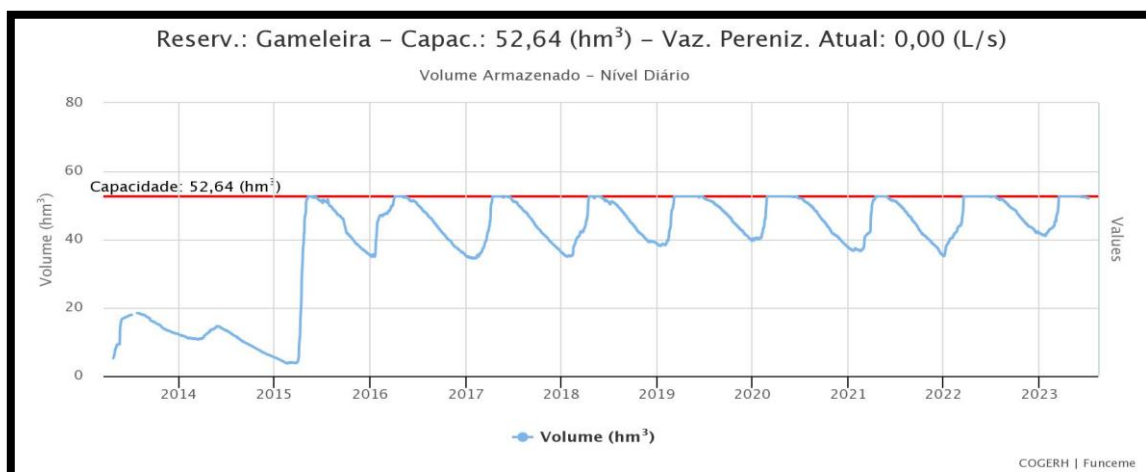


Gráfico 09 - Reservatório Gameleira.
Fonte: COGERH, 2022.

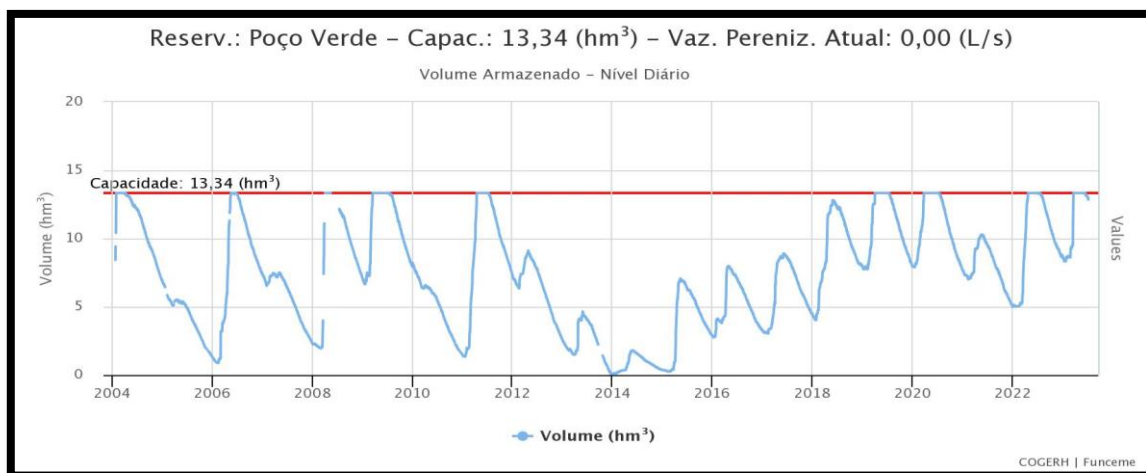


Gráfico 10 - Reservatório Poço Verde.
Fonte: COGERH, 2022.

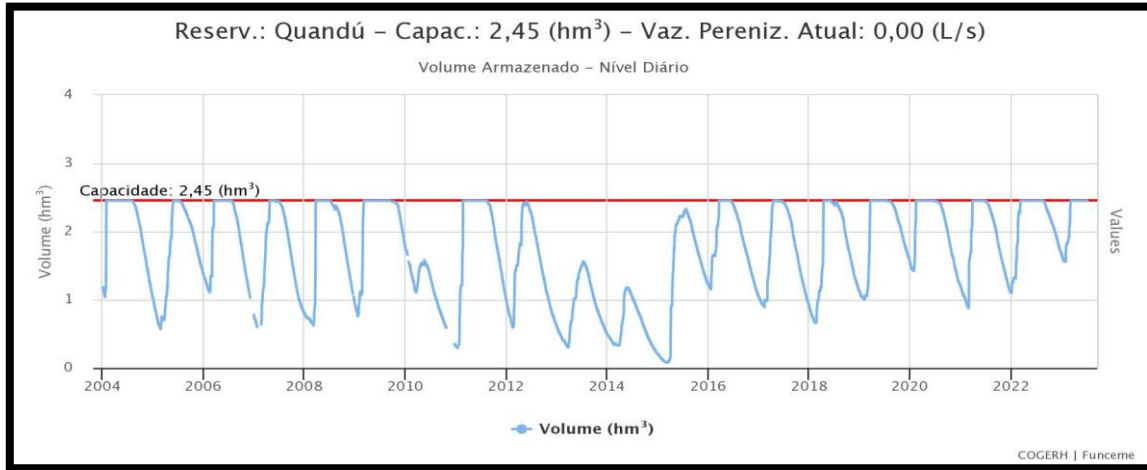


Gráfico 11 - Reservatório Quandú.
Fonte: COGERH, 2022.

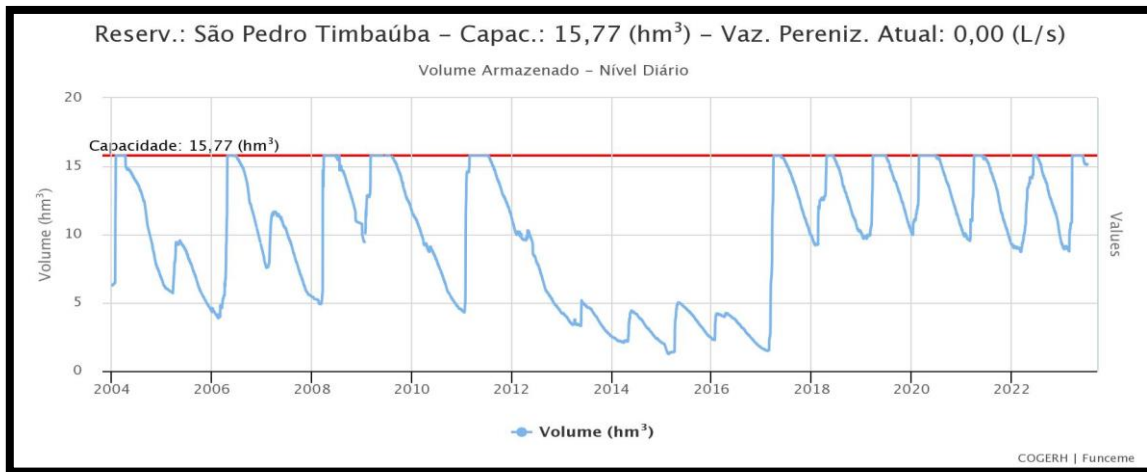


Gráfico 12 - São Pedro Timbaúba.
Fonte: COGERH, 2022.

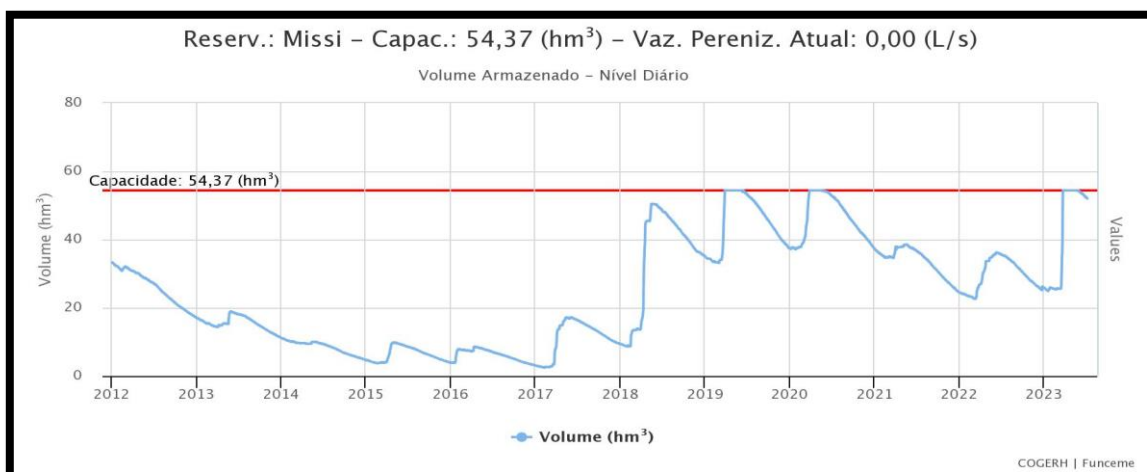


Gráfico 13 - Reservatório Missi.
Fonte: COGERH, 2022.



Gráfico 14 - Reservatório Mundaú.
Fonte: COGERH, 2022.

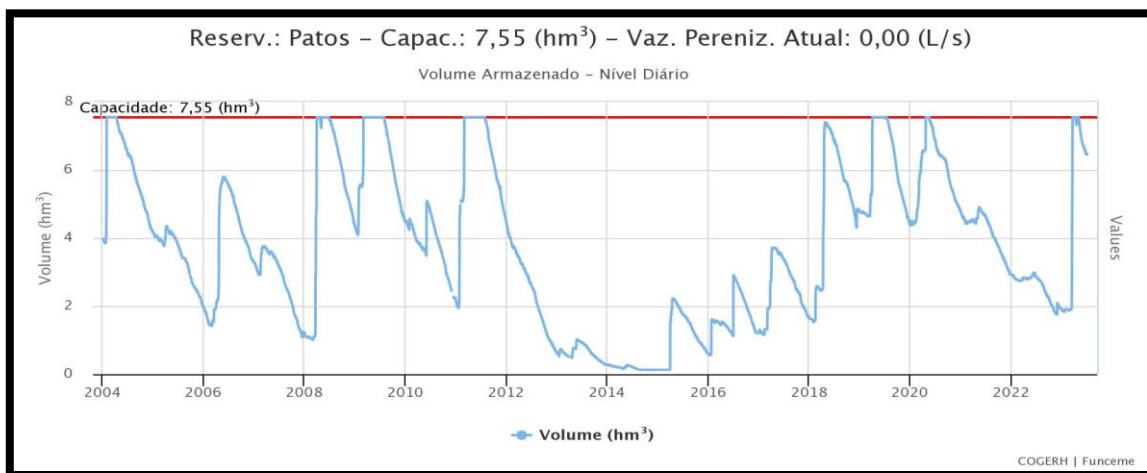


Gráfico 15 - Reservatório Patos.
Fonte: COGERH, 2022.

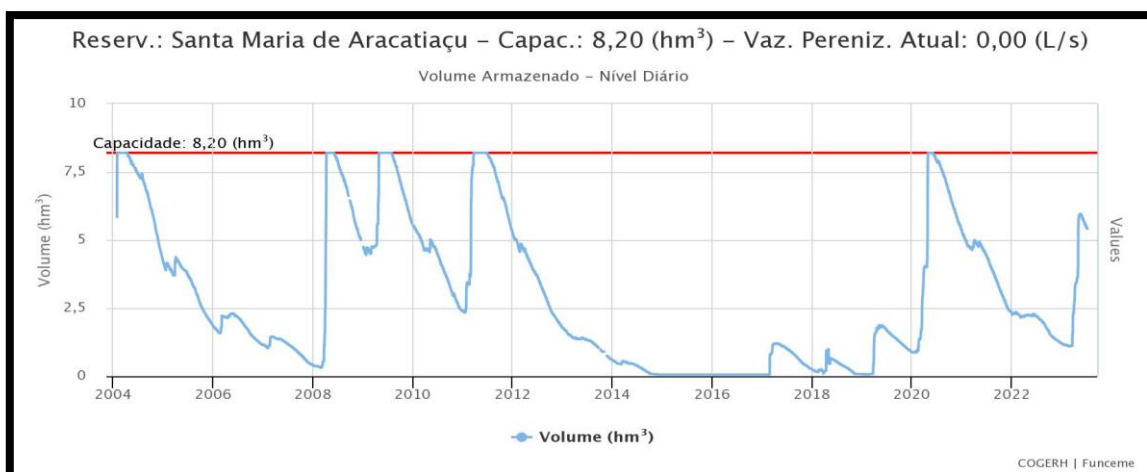


Gráfico 16 - Reservatório Santa Maria de Aracatiaçu.
Fonte: COGERH, 2022.



Gráfico 17 - Reservatório Santo Antônio de Aracatiçu
Fonte: COGERH, 2022.

A distribuição espacial dos açudes ao longo da bacia, ocorreu em decorrência da seca e da melhoria na infraestrutura hídrica para o abastecimento da população, os reservatórios são os principais meio de armazenamento de água superficial em quantidade para gerenciamento de distribuição para atendimento dos usuários ao seu entorno.

A análise da recarga dos açudes ao longo da última série história de 2004 até 2022, nos permiti identificar e correlacionar os períodos de baixa recarga e susceptivelmente os acumulados dos períodos de chuvas. Em paralelo vale destacar a redução dos níveis dos reservatórios podem estar vinculados a vários fatores, sendo-os: i) alta demanda de uso da água do açude, ii) perda por evapotranspiração, iii) baixa recarga do açude ao longo das precipitações pluviométricas.

É possível identificar que em todos os nove reservatórios houve variação no nível de armazenamento de água, sendo os períodos mais críticos vinculados ao período de 2016. O reservatório Poço Verde, secou no período de 2014. O reservatório Patos secou em 2014. O reservatório Santa Maria do Aracatiçu secou em 2016. Essa situação afeta o atendimento as necessidades básicas da população, e gera demanda social pelo uso da água, que é atendida por outras fontes, tais como perfuração de poços emergenciais e operação carros pipas.

A gestão pelo uso da água é de responsabilidade da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH, o acesso a água se dá em função da lei n° 9.433/1997 e a lei n° 17.928/2022. Destaca-se que o período de 2015 a 2018 o Estado do Ceará, sofreu uma crise hídrica vinculada a baixa recarga dos reservatórios e em função das baixas precipitações registradas ao longo dos postos pluviométricos.

Os reservatórios vinculados aos perímetros do município de Amontada que são o São Pedro do Timbauba e Missi, ao longo do período que compreende a 2014 e 2016 tiveram redução significativa chegando ao estágio quase seco. O posto pluviométrico por sua vez, obtiveram neste

período os seguintes registros em 2014 acumulado de 331,6 mm, muito seco, seguido por 2015 a 2016 com período normal e em 2017 com 338,7 mm com registro seco com 338,7 mm.

É possível observar o histórico recente de recarga dos reservatórios e analisar os dados e indicar possíveis estratégias de gestão dos recursos hídricos ao longo da bacia em situação de seca e de períodos de chuvas secos e muitos secos. Os dados permitem subsidiar plano de gestão hídrica em situação de crise e de períodos sazonais de anos abaixo da normal dos postos.

5. CONCLUSÕES

As precipitações pluviométricas acumuladas permitem identificar a correlação entre os períodos secos a chuvosos, tornando a proposta de Pinkayan (1966) e Xavier (2007), condizentes. As séries históricas da bacia do litoral podem auxiliar os gestores públicos a tomada de decisões locais e regionais, subsidiando estratégias ao planejamento territorial da temática vinculada a gestão dos recursos hídricos.

Observou-se que na bacia do litoral a região com menos acumulado é o município de Irauçuba que se situa na porção do médio curso. O posto pluviométrico obteve o menos acumulado da bacia com 131,1 mm no ano de 1993 e classificando-se como muito seco e o máximo acumulado em 2009 com 1062,7 mm classificando-se como muito chuvoso. Segundo a FUNCEME (2015) o município de Irauçuba classifica-se como núcleo de desertificação.

Identificou-se que na bacia do litoral a região de baixo curso registraram os maiores acumulados, liderado pelo posto de Trairi que obteve o registrou de 2182,8 mm em 2009 classificado como muito chuvoso, seguido por Itarema com 2529 mm em 2009 classificando-se como muito chuvoso e a região de Uruburetama com 1837,7 mm em 2009 classificando-se como muito chuvoso. Essa pesquisa contribui por analisar uma série histórica dos reservatórios situado ao longo da bacia, e associa-los a dinâmica das chuvas acumuladas ao longo dos postos pluviométricos. A partir dos dados, é possível subsidiar estratégias vinculadas a gestão e ao planejamento territorial da bacia no eixo precipitação e recarga dos reservatórios. A segurança hídrica da região depende da recarga e da distribuição espacial das chuvas que propicia a tomada de decisões sobre a temática.

REFERÊNCIAS

ASA. **Semiárido:** é o semiárido que a vida pulsa! Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/semiarido>. Acesso em: 21 mai. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 08 jul. 2022.

DOI: 10.5281/zenodo.12738492

ALECE – ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO CEÁRA. **Lei nº 17.928**, de 17 de fevereiro de 2022. Disponível em > <https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/desenv-regional-recursos-hidricos-minas-e-pesca/item/7096-lei-n-17-928-16-02-2022-d-o-17-02-22>< Acesso em: 08 jul. 2022.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta bot. bras.**, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

CARACRISTI, I. Estudo Integrado do Clima da Região do Médio Curso do Rio Acaraú: uma análise geográfica do clima local. **Revista Essentia**, v. 1, n. 1, 2000.

CASTILLO, R. A imagem de satélite como estatística da paisagem: crítica a uma concepção reducionista da geografia. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 1, n. 21, 2002.

FERREIRA, A. G.; DA SILVA MELLO, N. G. 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, n. 1, 2005.

FUNCEME. **Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre o Nordeste**. Disponível em: > <http://www.funceme.br/?p=967> >. Acesso em: 12 jun. 2022.

FUNCEME. **Zoneamento Ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação do núcleo I – Irauçuba/Centro-Norte**. Fortaleza: Expressão Gráfica, Fortaleza, 2015, 300p.

HONDA, E. A.; DURIGAN, G. A restauração de ecossistemas e a produção de água. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, 2017.

KELTING, F. M. S. O Clima e a Paisagem da Bacia Hidrográfica do Litoral 0 Estado do Ceará. **B. goiano. geogr.**, Goiânia, v. 29, n. 2, p. 83-99, 2009.

LUNA, V. B. *et al.* Chuvas em Juazeiro do Norte, Ceará: Análise dos Extremos e Suas Repercussões. **Revista de Geografia**, Recife, v. 40, n. 1, 2022.

MEDEIROS, R. M.; HOLANDA, R. M. Classificação climática e balanço hídrico pelo método de Köppen e Thornthwaite do município de Barbalha, Ceará, Brasil. **Revista Equador**, v. 08, n. 03, p. 19-43, 2019.

MONTEIRO, J. B.; ROCHA, A. B.; ZANELLA, M. E. Técnica Dos Quantis Para Caracterização De Anos Secos E Chuvosos (1980-2009): Baixo Curso Do Apodi-Mossoró/Rn. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 23, p. 232-249, 2012.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, E. M.; PONHEIRO, D. R. C. A contribuição da técnica dos quantis na identificação de extremos de chuva e de uma metodologia para detectar situações de desastre natural no semiárido cearense. **Revista Geografias**, v. 17, n. 2, 2021.

REBOUÇAS, A. D. Água na região Nordeste: Desperdício e Escassez. Dossiê Nordeste I. **Estud. av.**, v. 11, n. 29, 1997.

ROCHA, T. B. C. *et al.* Indicadores de Veranicos e de Distribuição de Chuva no Ceará e os Impactos na Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, n. 3, p. 579-589, 2021.

SANTOS, F. A.; AQUINO, C. M. S. Análise da precipitação pluviométrica no município de Castelo do Piauí, Nordeste do Brasil. **Geosp** – Espaço e Tempo (Online), v. 21, n. 2, p. 619-633, 2017.

SILVA, J. L. C.; FERNANDES, M. W.; ALMEIDA, R. L. F. Estatística e Probabilidade. 3. ed. Fortaleza: EdUECE, 2015.

SOUZA, C. L. O.; NOGUEIRA, V. F. B.; NOGUEIRA, V. S. Variabilidade interanual da precipitação em cidades do semiárido brasileiro entre os anos de 1984 e 2015. **Revista Verde**, v. 12, n. 4, p. 740-747, 2017.

PINKAYAN, S. Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area. **Hidrologypapers**, Colorado, n. 12, p. 1-53, 1966.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Caracterização de Períodos Secos e ou Excessivamente Chuvosos no Estado do Ceará Através da Técnica dos Quantis: 1964-1998. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 14, n. 2, p. 63-78, 1999.