



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DEBORA RIBEIRO DOS SANTOS

**VULNERABILIDADE SOCIAL ÀS SECAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO BANABUIÚ, CE**

FORTALEZA

2024

DEBORA RIBEIRO DOS SANTOS

VULNERABILIDADE SOCIAL ÀS SECAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
BANABUIÚ, CE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia
Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Flavio Rodrigues do Nascimento.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S234v Santos, Debora Ribeiro dos.
Vulnerabilidade social às secas na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE / Debora Ribeiro dos Santos. – 2024.
109 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Flavio Rodrigues do Nascimento.
1. Desastres naturais. 2. Vulnerabilidade. 3. Risco. 4. Seca. 5. Semiárido. I. Título.
- CDD 910
-

DEBORA RIBEIRO DOS SANTOS

VULNERABILIDADE SOCIAL ÀS SECAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
BANABUIÚ, CE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia
Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Aprovada em: 26/07/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Flavio Rodrigues do Nascimento (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. João Luís Sampaio Olímpio
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus.

Aos meus pais.

A Mauri Saraiva, meu esposo.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, quero agradecer a Deus por ser a base das minhas conquistas e por estar sempre comigo.

Aos meus queridos pais, Valzimar Santos e Paula Ribeiro pelo amor, carinho e apoio nas minhas decisões diárias.

A minha avó, Nazinha pelo afeto e orações diárias.

Ao meu querido esposo, Mauri Saraiva, por todo amor e companheirismo. Tem sido maravilhoso compartilhar a vida com você.

Ao meu irmão gêmeo Saulo Ribeiro, minha irmã Sara Ribeiro e minha sobrinha Ester Gabriela, amo vocês.

À Universidade Federal do Ceará por tudo que me proporcionou ao longo destes dois anos. Aqui aprendi e sobretudo cresci enquanto acadêmica e pessoa.

Ao Programa de Pós-graduação em Geografia da UFC, aos coordenadores, professores e colegas da turma de mestrado

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pela concessão da bolsa de estudos, fundamental para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, o professor Flavio Nascimento, seus ensinamentos, incentivos e paciência foram fundamentais no transcorrer do trabalho.

Aos integrantes da banca examinadora, Dra. Maria Elisa Zanella, Dr. João Luís Sampaio Olímpio e a Dra. Marta Celina Linhares Sales. Agradeço por aceitarem de prontidão o convite e dispor do seu tempo para contribuir de forma tão intensa com o meu trabalho a partir do vasto conhecimento na temática. Muito obrigada.

Aos companheiros do Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH), do Núcleo de Estudo Integrado em Geografia Ambiental, Geodiversidade e Geoinformação (NIGEO) e do Laboratório de Estudo sobre Espaço, Cultura e Política (LECGEO).

Aos familiares que me deram um lar e tanto amor aqui em Fortaleza, Tio Wauires, Tia Ciza, Jeferson, Samara e suas filhas maravilhosas, Yasmim, Alycia e Alana. Nenhuma palavra aqui mencionada expressaria a minha eterna gratidão por tudo o que fizeram por mim durante esses dois anos.

Aos amigos, Lorena Nascimento, Rafaela Santos, Diemeson, Ruth Almeida, Evely Saldanha, Rose Mayre, Rebeca, Marcelo Augusto, Alexandre Bandeira e Zafenate Cavalcante,

Andressa Wvictória, Jardel Passos e Emílio Pontes pelo apoio, companheirismo e momentos de descontração.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução dessa Dissertação.

“O começo das soluções mais substantivas para os problemas do homem e da sociedade no domínio dos sertões dependerá do nível de conhecimento da realidade regional” (Ab'Saber, 1999, p. 23).

RESUMO

Desde os primórdios da colonização do Semiárido do Nordeste brasileiro foram registrados desastres naturais relacionados a dinâmica climática. A marca do domínio climático semiárido da região possui um alto grau de variabilidade de precipitação, cujo é potencialmente agravado pelas mudanças climáticas resultando em eventos extremos como secas prolongadas e inundações repentinas, ambos os tipos de eventos resultam em danos e perdas significativas, incluindo de vidas humanas. Neste contexto, o objeto de estudo desta dissertação é a sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, localizada no Semiárido do Estado do Ceará. À vista disso, a presente pesquisa tem como objetivo principal: analisar a distribuição espaço-temporal de desastres naturais relacionados às secas e identificar os diferentes níveis de vulnerabilidade social à seca dos municípios que compõem a sub-bacia do Rio Banabuiú. A metodologia aplicada está estruturada em seis etapas, a saber: 1) Revisão bibliográfica; 2) Coleta de dados pluviométricos entre os anos de 1988 a 2023; 3) Coleta de dados sobre desastres naturais na série histórica da Secretaria Nacional de Defesa Civil de 2003 e 2020; 4) Coleta e tratamento de dados sociodemográficos; 5) Cálculo do índice de vulnerabilidade social e; 6) Espacialização da vulnerabilidade. Com relação aos resultados, essa sub-bacia apresenta áreas mais secas, na porção norte, nos Municípios de Itatira e Madalena. Enquanto as áreas do Centro/Sul, principalmente, nos Municípios de Pedra Branca, Senador Pompeu, Mombaça e Milhã, destacam-se com maior concentração de chuvas durante o período analisado. Perante os resultados verificou-se que mesmo em nível local, a sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú apresenta uma significativa variabilidade na distribuição espaço-temporal da precipitação entre os municípios. Mediante a análise das Portarias de reconhecimento de SE e ECP, averiguou-se que a região da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú é mais afetada pelos desastres naturais ocasionados pelas secas. Das 234 Portarias de reconhecimento emitidas, 208 foram decorrentes das secas. Quanto à vulnerabilidade social, observou-se predomínio de alta vulnerabilidade social. Contudo, o município de Itatira destaca-se pelos maiores níveis de vulnerabilidade social da na bacia-teste. Por outro lado, Limoeiro do Norte apresentou vulnerabilidade social muito baixa, estando com as melhores condições socioeconômicas da região. Posto isso, a pesquisa torna-se importante pela possibilidade de contribuir para uma compreensão mais abrangente do clima local, assim como contribui com subsídios ao desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação, visando a minimização dos impactos causados por eventos climáticos extremos reduzindo ou

amortizando a exposição da população residente a tais fenômenos.

Palavras-chave: desastres naturais; vulnerabilidade; risco; seca; semiárido.

ABSTRACT

Natural disasters related to climate dynamics have been recorded since the early days of colonization of the semi-arid northeast of Brazil. The region's semi-arid climatic domain has a high degree of rainfall variability, which is potentially aggravated by climate change, resulting in extreme events such as prolonged droughts and flash floods, both of which result in significant damage and loss, including human life. In this context, the object of study of this dissertation is the Banabuiú River sub-basin, located in the semi-arid region of the state of Ceará. In view of this, the main objective of this research is to analyze the spatio-temporal distribution of natural disasters related to droughts and to identify the different levels of social vulnerability to drought in the municipalities that make up the Banabuiú River sub-basin. The methodology applied is structured in six stages, namely: 1) Literature review; 2) Collection of rainfall data from 1988 to 2023; 3) Collection of data on natural disasters in the historical series of the National Civil Defense Secretariat from 2003 to 2020; 4) Collection and processing of socio-demographic data; 5) Calculation of the social vulnerability index and; 6) Spatialization of vulnerability. The results show that this sub-basin has drier areas in the north, in the municipalities of Itatira and Madalena. While the areas in the Center/South, mainly in the municipalities of Pedra Branca, Senador Pompeu, Mombaça and Milhã, stand out with a higher concentration of rainfall during the period analyzed. The results showed that even at a local level, the Banabuiú River sub-basin shows significant variability in the spatial and temporal distribution of rainfall between municipalities. An analysis of the SE and ECP Recognition Orders showed that the Banabuiú River sub-basin is most affected by natural disasters caused by droughts. Of the 234 recognition orders issued, 208 were due to droughts. As for social vulnerability, there was a predominance of high social vulnerability. However, the municipality of Itatira stands out for having the highest levels of social vulnerability in the test basin. On the other hand, Limoeiro do Norte showed very low social vulnerability, with the best socio-economic conditions in the region. That said, the research is important because it can contribute to a more comprehensive understanding of the local climate, as well as providing support for the development of mitigation and adaptation strategies, aimed at minimizing the impacts caused by extreme weather events by reducing or amortizing the exposure of the resident population to such phenomena.

Keywords: natural disasters; vulnerability; risk; drought; semi-arid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização da Sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.....	21
Figura 2	– Posicionamento médio da ZCIT entre 01/03/2020 e 05/03/2020.....	39
Figura 3	– VCAN em posição favorável à ocorrência de precipitação no Semiárido Nordeste.....	40
Figura 4	– Linhas de Instabilidade atuando sobre a costa do Estado do Ceará.....	41
Figura 5	– Perfil esquemático de incursão da ZCIT representado em situações de observância de Dipolo do Atlântico e Dipolo Invertido, respectivamente....	43
Figura 6	– Distribuição Pluviométrica Sazonal Média da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.....	45
Figura 7	– Distribuição Pluviométrica Sazonal Média (FMAM)	46
Figura 8	– Distribuição Pluviométrica Sazonal Média (JJAS)	47
Figura 9	– Distribuição Pluviométrica Sazonal Média (ONDJ)	48
Figura 10	– (a) Açude Fogareiro; (b) Vertedouro da barragem do rio Quixeramobim, CE..	50
Figura 11	– Mapa geológico simplificado da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.....	53
Figura 12	– Mapa geomorfológico da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.....	55
Figura 13	– Serra do Estêvão localizada no Distrito de Dom Maurício em Quixadá, CE..	56
Figura 14	– <i>Inselbergs</i> Pedra da Galinha Choca em Quixadá, CE.....	52
Figura 15	– Tanque de Pedra e Marmitas em lajedo em comunidade rural de Quixeramobim, CE.....	57
Figura 16	– Unidades de mapeamento Pedológico da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.....	59
Figura 17	– Vegetação da caatinga durante o período seco no município de Quixeramobim, CE.....	61
Figura 18	– Mapa das classes de vegetação, uso e cobertura da Terra da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.....	61

Figura 19	– Distribuição da população residente na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.....	70
Figura 20	– Distribuição da população com idade inferior a 14 anos.....	74
Figura 21	– Distribuição da população com idade superior a 70 anos.....	75
Figura 22	– Distribuição da população analfabeta na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.....	76
Figura 23	– Distribuição dos Domicílios que não estão ligados a rede geral de abastecimento de água na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.....	79
Figura 24	– Domicílios com abastecimento por poço raso, freático ou cacimba.....	80
Figura 25	– Domicílios abastecidos por carro pipa.....	81
Figura 26	– Comunidade rural sendo abastecida por carro-pipa em Quixeramobim, CE	82
Figura 27	– Domicílios abastecidos por água da chuva armazenada.....	83
Figura 28	– Estruturas utilizadas no Município de Quixeramobim para armazenamento de água.....	83
Figura 29	– Distribuição dos domicílios que não possuem banheiro ou sanitário ligado à rede geral de esgoto ou fossa séptica na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.....	85
Figura 30	– Distribuição dos domicílios que não possuem lixo coletado por serviço de limpeza ou caçamba na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.....	86
Figura 31	– Domicílios com habitações precárias.....	87
Figura 32	– Distribuição temporal das Portarias de Reconhecimento de SEs e ECPs (2003-2020)	88
Figura 33	– Distribuição espacial e temporal de SEs e ECPs para secas.....	89
Figura 34	– Repercussão na mídia da seca na região.....	91
Figura 35	– Carro-pipa para abastecimento de comunidades rurais em Quixeramobim, CE.....	92
Figura 36	– Vulnerabilidade Social da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.....	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de risco.....	25
Quadro 2 – Tipos de vulnerabilidade aplicados a análise dos fenômenos naturais.....	27
Quadro 3 – Indicadores selecionadas para a determinação da vulnerabilidade social.....	36
Quadro 4 – Caracterização geomorfológica da sub-bacia do rio Banabuiú, CE.....	54
Quadro 5 – Caracterização dos Solos na área de estudo.....	58
Quadro 6 – Síntese histórica dos municípios inseridos na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Principais reservatórios da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.....	50
Tabela 2	– Percentual da área dos municípios inseridos na sub-bacia hidrográfica do rio do Banabuiú.....	51
Tabela 3	– Municípios com aumento populacional.....	71
Tabela 4	– Municípios com declínio populacional.....	72
Tabela 5	– População residente – 1991, 2000 e 2010.....	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCM	Complexos Convectivos de Mesoescala
DAT	Dipolo do Atlântico
DOL	Distúrbios Ondulatórios de Leste
ECP	Estado de Calamidade Pública
ENOS	El Niño Oscilação Sul
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IVS	Indicador de Vulnerabilidade Social
LI	Linhas de Instabilidade
MTA	Massa Tropical Atlântica
PCD	Posto de Coleta de Dados
SE	Situação de Emergência
S2ID	Sistema Integrado de Informação sobre Desastre
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
VCAN	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
hm ³	Hectômetros cúbicos
m ³	Metro cúbico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	METODOLOGIA	24
2.1	Riscos, vulnerabilidades e desastres: breves considerações	24
2.1.1	<i>Risco</i>	24
2.1.2	<i>Vulnerabilidade</i>	26
2.1.3	<i>Desastres naturais</i>	29
2.2	Procedimento técnico-operacional	32
2.2.1	<i>Coleta de dados pluviométricos</i>	33
2.2.2	<i>Portaria de Reconhecimento de Desastre</i>	33
2.2.3	<i>Produção do material cartográfico e levantamento de campo</i>	34
2.2.4	<i>Coleta e tratamento dos dados socioeconômicos e Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Social</i>	36
3	ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DOS MUNICÍPIOS SEMIÁRIDOS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BANABUIÚ-CE	37
3.1	Caracterização Biofísica da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú-CE	37
3.1.1	<i>Clima e Recursos hídricos</i>	38
3.1.1.1	<i>Dinâmica Climática Regional</i>	38
3.1.1.2	<i>Distribuição pluviométrica sazonal</i>	44
3.1.1.3	<i>Reservatórios e Recursos Hídricos</i>	48
3.1.2	<i>Geologia e Geomorfologia</i>	52
3.1.3	<i>Solos e Vegetação</i>	58
3.2	Breve histórico de ocupação e alternativas de convivência com o Semiárido	62
3.3	Caracterização Socioeconômica da população	69
3.3.1	<i>População e Demografia</i>	69
3.3.2	<i>Infraestrutura e serviços básicos</i>	78
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	88
4.1	Distribuição espaço temporal dos desastres por secas	88
4.2	Vulnerabilidade social à seca na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú-Ce	93
5	CONCLUSÃO	97

REFERÊNCIAS	101
--------------------------	------------

1 INTRODUÇÃO

Os desastres naturais estão presentes desde os primórdios das sociedades, porém na atualidade tornaram-se mais severos e com maior potencial de impacto. Sua intensidade e extensão dependem não só da ocorrência dos eventos extremos, mas também da interação desses fenômenos com a superfície da terra e da vulnerabilidade dos grupos sociais. Os eventos extremos são um problema cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, independentemente de viverem ou não em áreas de risco.

De fato, nas últimas décadas, a recorrência de desastres e a magnitude dos danos que causam têm aumentado em todo o mundo. Alguns desses eventos extremos estão associados às condições climáticas e meteorológicas que estão relacionadas às mudanças climáticas, conforme mostram as projeções globais (IPCC, 2021).

É importante ressaltar que a vulnerabilidade não está distribuída uniformemente no espaço. Esta tendência é frequentemente observada em algumas regiões, onde indivíduos com menores recursos financeiros e menor acesso a serviços essenciais, acabam se fixando em locais mais vulneráveis a desastres naturais, como as secas extremas. Além disso, a vulnerabilidade está ligada a riscos específicos e é composta por vários fatores que desempenham um papel decisivo na determinação do risco associado a estes eventos. No caso das regiões sertanejas a situação é ainda mais crítica devido ao estado de degradação dos sistemas ambientais, consequência de práticas históricas de superexploração dos recursos naturais e do insuficiente tempo de recuperação desses recursos. Isso agrava as condições de exposição e resistência dos habitantes dessas áreas (Olimpio, 2013). Os desastres podem ocorrer naturalmente ou devido a ações humanas, mas sempre causam danos materiais e perdas sociais, econômicas ou ambientais. Portanto, são fontes de risco para pessoas e lugares expostos.

No Brasil, desde a década de 1960, houve um aumento significativo nos desastres naturais registrados (Tominaga; Santoro; Amaral, 2009). Esse aumento é consequência de vários fatores, como a intensa expansão urbana em áreas inadequadas que ocupou áreas de risco, como falésias íngremes, margens de rios e áreas propensas a inundações e deslizamentos de terra, além disso, exploração dos recursos naturais acima da capacidade de suporte, agravamento das condições sociais e econômicas, subestima dos perigos naturais, carência de conhecimento técnico-científico, falhas e omissões do Poder Público na gestão dos territórios, entre outros (Olimpio, 2013, Tominaga; Santoro; Amaral, 2009).

Essas mudanças ambientais exacerbam os riscos preexistentes e criam novos, que

podem se tornar desastres em diversas situações. Segundo o Banco Mundial (2020), entre 1995 e 2019, o Brasil emitiu cerca de 64.429 registros de desastres naturais. O estudo também destacou que os desastres causaram perdas de R\$333,36 bilhões. Os eventos climatológicos são responsáveis por 60,32% desses desastres. A região Nordeste do Brasil concentra a maior quantidade de perdas econômicas (42,17%) e registros de desastres (46,15%).

O domínio climático semiárido da região Nordeste é caracterizado como Tropical Quente Semiárido, evidenciando-se por temperaturas elevadas, taxas de evaporação intensas, índices de nebulosidade reduzidos, insolação acentuada e uma notável variabilidade nas chuvas, tanto em termos temporais quanto espaciais (Zanella, 2014; Costa *et al.*, 2016; Santos, 2021). Essa variabilidade resulta em eventos extremos, como secas prolongadas e inundações repentinas que são principalmente responsáveis pela declaração de Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP). SE é o reconhecimento legal de situação anormal provocada por desastre causadora de danos e prejuízos que implicam o comprometimento parcial da capacidade de resposta do poder público do ente atingido e da qual decorre a necessidade de recursos complementares dos demais entes da Federação para o enfrentamento da situação. ECP é o reconhecimento legal de situação anormal provocada por desastre causadora de danos e prejuízos que implicam o comprometimento substancial da capacidade de resposta do poder público do ente atingido, de tal forma que a situação somente pode ser superada com o auxílio dos demais entes da Federação (Brasil, 2023). Ambos os tipos de eventos resultam em danos e perdas significativos, incluindo a perda de vidas humanas (Moura *et al.*, 2016).

Embora a seca seja um fenômeno característico da região semiárida, a região ainda carece de investimentos para reduzir os riscos de desastres que permitam uma redução nos níveis de vulnerabilidade e uma convivência consistente com a dinâmica climática regional. Desse modo, ressalta a necessidade de políticas com estratégias de adaptação e mitigação para proteger os grupos vulneráveis e promover resiliência frente às mudanças climáticas.

A região Nordeste do Brasil tem em sua composição nove estados da Federação Brasileira, sendo eles: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Essa região corresponde a 18,27% do território nacional e possui uma área equivalente a 1.558.000 km², sua população é estimada em 57.374.243 habitantes (IBGE, 2020). No entanto, existe uma outra região no Nordeste conhecida de *Polígono das Secas* que foi demarcado pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), esta é uma área caracterizada pela ocorrência frequente de secas severas, que afetam drasticamente a vida das pessoas e as atividades econômicas locais. A delimitação da área de

abrangência dessa região tem crescido progressivamente além da região nordeste, parte do Estado de Minas Gerais e do Espírito Santo também foram incluídas no *Polígono das Secas*.

Em 2005 além do acréscimo de municípios houve a mudança da denominação para Região Semiárida, essa Portaria Interministerial nº 01 definiu critérios para à inclusão de municípios no Semiárido: Municípios com precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm, Índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50, e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano. Nos anos seguintes, a Sudene publicou outras Portarias de Redefinição do Semiárido, motivada pela necessidade de renovar continuamente as séries temporais e estabelecer novos municípios em sua área de atuação (SUDENE, 2021).

O relatório final do GT-2017, foi submetido à apreciação e aprovados em 27 de julho de 2017 na XXIª Reunião do Conselho Deliberativo da Sudene, que permitiu aos Estados apresentar recursos à delimitação proposta. Os estados do Maranhão, Paraíba, Ceará, Rio Grande do Norte e Bahia recorreram da decisão. Após analisar os recursos, o GT-2017 propôs a inclusão de 49 municípios na delimitação. O Semiárido ocupa 12% do território nacional, possui uma extensão total de 1.540.863 km² e uma população estimada de 28 milhões de habitantes, divididos em zonas urbanas (62%) e rurais (38%), dispendo de 1.262 municípios. É, portanto, uma das regiões semiáridas mais populosas do mundo. É uma região rica em muitos aspectos: sociais, culturais, ambientais e económicos.

Historicamente, o Semiárido sempre se caracterizou pelos altos níveis de exclusão social e de degradação ambiental, fatores que contribuíram para uma série de crises ao longo dos anos. A combinação dessas condições adversas perpetuou um ciclo de pobreza e vulnerabilidade que afetou profundamente as populações locais. A escassez hídrica produzida pelas secas é o principal fator para a desestruturação do sistema produtivo, com o conseqüente agravamento ainda mais os problemas regionais, uma vez que os efeitos socioeconómicos negativos causados pelos desastres climáticos contribuem diretamente para a baixa qualidade de vida dos indivíduos.

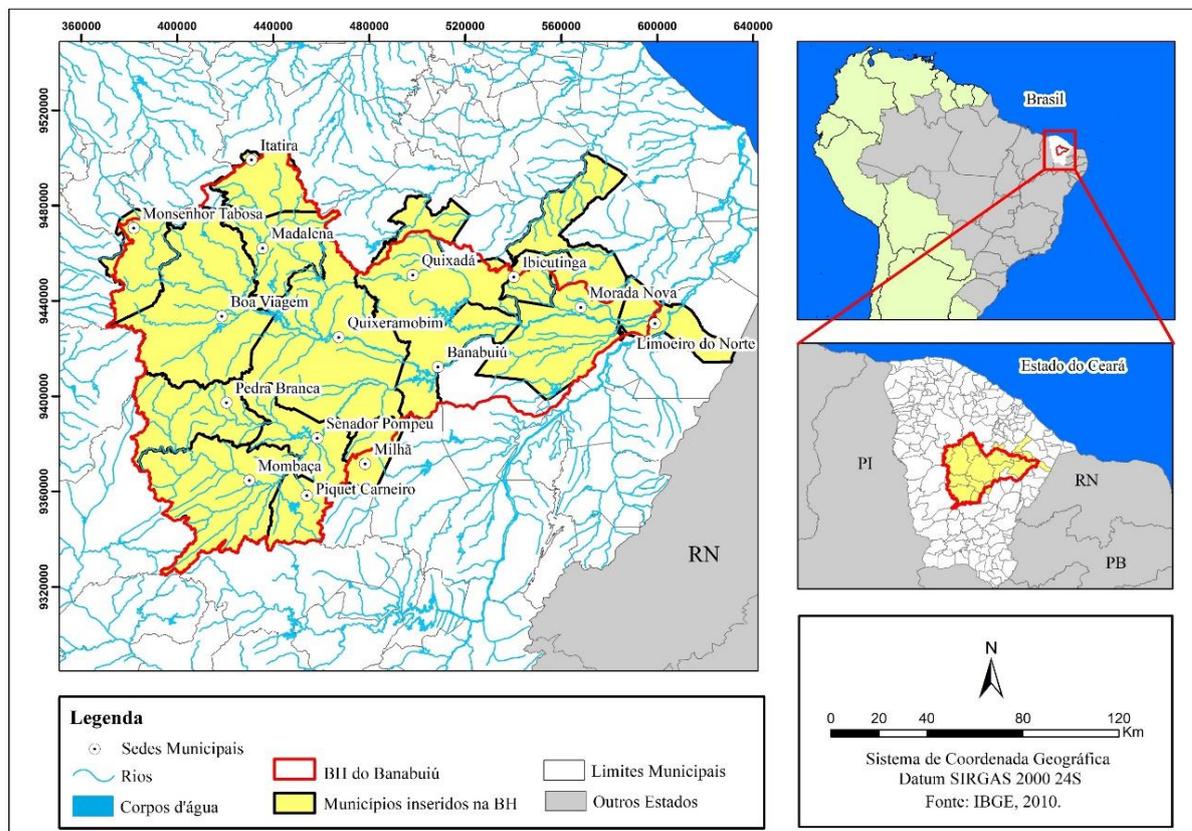
Essas condições estão presentes na sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú. A seleção desta área de estudo é justificada pelas desigualdades nas condições de vida e acesso a serviços essenciais e infraestrutura, resultando em áreas carentes, destacando a necessidade urgente de intervenções eficazes para promover o desenvolvimento sustentável e melhorar as condições de vida locais.

A sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, situada no semiárido do Brasil, é parte expressiva do Sertão Central do Ceará, marcado por um clima semiárido, como indicam

Estudos de Ceará (2009) e na Figura 1. Com uma área de cerca de 19.603,09 km², representa aproximadamente 13% do estado. O rio Banabuiú é o principal e homônimo desta Sub-Bacia. Ele nasce no município de Pedra Branca e tem seu ângulo de junção com as Drenagens do exultório Jaguaribe na BR 116, próximo a cidade de Limoeiro do Norte.

Além de aumentarem o volume do Banabuiú, esses afluentes desempenham um papel crucial na dinâmica hidrológica regional, formando uma rede complexa de relações que afetam não apenas o regime hídrico local, mas também a vida das comunidades que dependem desses recursos.

Figura 1 - Localização da Sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.



Fonte: autora.

Vale ressaltar que o rio Banabuiú não é apenas um curso d'água isolado, ele é um dos principais afluentes do rio Jaguaribe, desempenhando um papel estratégico no gerenciamento dos recursos hídricos no Estado. Essa importância se estende ao abastecimento hídrico, atendendo tanto às necessidades das populações rurais e usos múltiplos, e desempenhando papel crucial no fornecimento de água para a Região Metropolitana de Fortaleza.

A conectividade hidrográfica ganha ainda mais destaque em uma região marcada pela severidade climática do semiárido. A interdependência entre diferentes bacias hidrográficas

emerge como um mecanismo vital para à resiliência das comunidades, que enfrentam desafios contínuos relacionados à disponibilidade de água. Assim, compreender e proteger a integridade ambiental da sub-bacia do rio Banabuiú não é apenas uma necessidade prática, mas também um compromisso fundamental para garantir a sustentabilidade e a qualidade de vida das populações que dependem desses recursos hídricos.

Essa sub-bacia abrange um total de 15 municípios. Esses municípios incluem Banabuiú, Boa Viagem, Ibicuitinga, Itatira, Madalena, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Morada Nova, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Quixadá, Quixeramobim, Senador Pompeu, Limoeiro do Norte e Milhã, sendo que estes dois últimos contribuem de forma parcial. É relevante ressaltar que, esta sub-bacia ostenta o maior índice de açudagem quando comparada a outras regiões hidrográficas do Jaguaribe (Cogerh, 2022).

A abrangência geográfica e a diversidade municipal conferem a essa área uma importância estratégica no contexto hidrológico nos Sertões Centrais do Ceará e com reflexos hidrológicos importantes nos Sertões do Médio Jaguaribe. Essa relevância é ainda mais destacada considerando a necessidade de gestão responsável e sustentável dos recursos hídricos para a dinâmica ambiental e promover o bem-estar das comunidades locais. A presença significativa de açudes na infraestrutura sublinha a importância de abordagens integradas na administração dos recursos hídricos, reconhecendo a interligação complexa entre esses municípios nessa fundamental sub-bacia.

O contexto climático singular onde essa sub-bacia se encontra, cria um ambiente desafiador e suscetível a extremos climáticos, influenciando diretamente não apenas o ecossistema local, mas também as atividades humanas que dependem da regularidade das condições climáticas. Devido a essas características, a área da sub-bacia do Rio Banabuiú apresenta uma combinação de fatores que predispõem à ocorrência de eventos climáticos extremos. Esses fatores incluem a variabilidade pluviométrica, tanto positiva quanto negativa, que intensifica os desafios hídricos. A alternância entre períodos de chuvas intensas e secas prolongadas contribui para a instabilidade ambiental, agravando os impactos socioeconômicos na região. Além disso, a intervenção humana nos ambientes mais vulneráveis exacerba a situação.

Diante o exposto, os questionamentos norteadores desta pesquisa são: Será que os eventos climáticos de seca estão se tornando mais intensos e frequentes ou a vulnerabilidade é o fator preponderante na definição das crises? Esta vulnerabilidade atinge de forma homogênea os municípios dessa sub-bacia? Como os aspectos socioeconômicos influenciam na configuração de vulnerabilidade de determinados grupos sociais?

Portanto, é importante ampliar esses estudos para outra vertente, como áreas que possuem clima semiárido e são mais suscetíveis à seca, para que haja conhecimento e/ou compreensão de como a população que vive nessas regiões está inserida em um contexto de vulnerabilidade. Assim, a presente pesquisa tem como objetivo principal analisar a distribuição espaço-temporal de desastres naturais relacionados às secas e identificar os diferentes níveis de vulnerabilidade social dos municípios que compõem a sub-bacia do Rio Banabuiú. Esses resultados de pesquisa podem apoiar discussões sobre a gestão de riscos relacionados as secas na área de estudo.

Neste sentido, objetivos específicos são:

- Realizar uma caracterização socioambiental dos municípios inseridos na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú;
- Caracterizar a distribuição espaço-temporal das médias pluviométrica na sub-bacia em estudo;
- Avaliar a distribuição espaço-temporal dos desastres deflagrados por eventos indutores da escassez hídrica na área de estudo;
- Analisar a vulnerabilidade social dos municípios inseridos na sub-bacia por meio de indicadores relativos às estruturas sociais e econômicas, cruzando dados para averiguar da vulnerabilidade social à seca.

Neste sentido, o segundo capítulo apresentará os procedimentos técnicos e operacionais realizados para atingir os objetivos traçados. Isso abrange desde a seleção e coleta de dados até as metodologias de análise utilizadas. Também serão apresentados nosso referencial teórico e as principais discussões desta pesquisa, como as noções de riscos, vulnerabilidade e desastres naturais.

O terceiro capítulo traz a caracterização socioambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú. Esse capítulo apresenta a dinâmica climática, notadamente dos sistemas produtores de chuva e da seca na área de estudo, apresentará a análise pluviométrica entre os anos de 1988 e 2023, assim como, as condições biofísicas, sociais e demográficas que definem a região, também apresenta o breve histórico de ocupação e alternativas de convivência na região.

O próximo capítulo analisa a distribuição espaço-temporal dos desastres naturais causados por secas e apresenta os resultados do cálculo do índice de vulnerabilidade social à seca da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú. Por fim, são apresentadas as considerações

finais, seguidas das referências bibliográficas citadas.

2 METODOLOGIA

2.1 Riscos, vulnerabilidades e desastres: breves considerações

2.1.1 Risco

Nos últimos anos, observa-se um notável crescimento nos estudos relacionados aos riscos. Este conceito tem sido debatido em diversas áreas do conhecimento, o que tem levado ao desenvolvimento de abordagens singulares, análises e métodos específicos (Olimpio, 2017; Marandola Jr; Hogan, 2004). Apesar do termo “risco” seja utilizado na literatura científica e quanto no senso comum, ele apresenta um conflito de conceitos. Esse conceito é estudado por diversos ramos do conhecimento, desenvolvendo suas ideias e métodos, sem considerar os desenvolvimentos de outras áreas do conhecimento (Marandola Jr; Hogan, 2004).

Na sociedade moderna, o risco é um aspecto da vida que permeia todas as atividades diárias das pessoas, desde as escolhas alimentares até questões de saúde e lazer. Este contexto torna o risco uma parte da vida cotidiana, criando assim um sentimento de incerteza em toda a sociedade (Olimpio, 2017; Teles, 2001).

O risco é compreendido como a probabilidade da ocorrência de um evento danoso, cuja percepção pode variar entre os diferentes segmentos da população. Essa percepção é influenciada não apenas pelo tempo histórico, mas também pela dimensão social, econômica e cultural, e em função de outros fatores demográficos (Teles, 2001).

Na mesma perspectiva, Sousa *et al.*, (2020) aponta que o risco se refere à probabilidade de ocorrência de implicações graves como danos ou perdas e resultam da interação entre um perigo seja ele de ordem natural, tecnológico ou social e também a uma condição de vulnerabilidade.

Conforme discutido por Zanella (2009), citando Giddens (1991), o risco é 'fabricado', dependendo menos de fatores ambientais e mais de atividades sociais e culturais, às vezes chamadas de 'desastres naturais'. Isso significa que a percepção e a avaliação do risco não são moldadas apenas por fatores ambientais, mas também por fatores políticos, econômicos, tecnológicos e culturais. Desse modo, reconhecendo a influência da sociedade na criação e na gestão dos riscos.

Castro *et al* (2005) corrobora com essa definição ao argumentar que risco é um

fenômeno social, ou seja, uma construção social da percepção de uma situação adversa e/ou perigosa. Assim, o risco é inerente ao processo social, ele só existe quando há valor para algum bem, material ou imaterial, pois não há risco sem a noção de que se pode perder alguma coisa.

De acordo com Kobiyama *et al.*, (2006) ao lidarmos com a questão do risco, devemos considerar não apenas o perigo, mas também a vulnerabilidade, a qual, pode ser influenciada por diversos fatores, como densidade demográfica, qualidade da infraestrutura, níveis de pobreza e outros elementos socioeconômicos. No sistema que está prestes a sofrer com o impacto. Desse modo, os perigos naturais incluem uma percepção da possibilidade da ocorrência destes eventos em épocas e regiões distintas (Tominaga *et al.*, 2009).

Para melhor compreensão, Meirelles (2009) citado por Roseno (2014) afirma que é importante que se considere o conceito de risco como a resultante de algumas categorias básicas (Quadro 1).

Quadro 1- Tipos de risco

Tipo de Risco	Característica
Natural	Associado ao comportamento dinâmico dos sistemas naturais frente à ocupação humana em determinado local
Tecnológico	Definido como potencial de ocorrência de eventos danosos à vida, a curto, médio e longo prazo, em consequência das decisões de investimento na estrutura produtiva, isto é, um risco produzido pelo homem, oriundo principalmente de sua cadeia produtiva
Social	Resultante das carências sociais ao pleno desenvolvimento humano, que contribuem para a degradação das condições de vida.

Fonte: Roseno, 2014, baseado em Meirelles (2009).

Segundo Roseno (2014) o risco pode ser pensado como uma indicação de ameaça a algum alvo, o que indica vulnerabilidade. Ao escolher regiões semiáridas como estudos de caso para gestão de riscos, a seca parece ser uma ameaça frequente. Porém, nestas áreas é comum observar períodos de vários anos ou mesmo décadas de precipitação normal ou acima da média. Esta diferença entre as estações seca e chuvosa aumenta a complexidade da gestão de riscos nestas regiões e requer estratégias de adaptação e mitigação para gerir esta variabilidade climática.

Desse modo, as Ciências abordam o risco como uma situação de incerteza futura, em que há uma probabilidade de que um evento prejudicial afete uma população ou seus bens materiais e imateriais vulneráveis, causando danos e prejuízos. Para que os riscos se materializem, é necessário que ocorra simultaneamente um evento perigoso e a

vulnerabilidade de grupos sociais e/ou indivíduos. Sob essa perspectiva, a presente pesquisa foi concebida.

2.1.2 Vulnerabilidade

Atualmente, o conceito de vulnerabilidade tornou-se um termo chave nos estudos sobre riscos ambiental e mudanças climáticas. Esse termo é muito difuso, por isso muitas definições de vulnerabilidade surgiram e são utilizadas em diferentes contextos disciplinares, mas o que é comum a todos estes conceitos é que eles descrevem uma situação de fragilidade, em relação a um risco específico ou de grupo de perigos (Zanella, *et al.*, 2009).

Desse modo, são muitos os conceitos de vulnerabilidade que respondem a orientações teóricas, resultantes de uma multidimensionalidade de termos que circundam diferentes objetos de análise. A falta de compreensão dessa variedade de realidade pelos pesquisadores é a principal causa da falta de consenso conceitual sobre vulnerabilidade (Olímpio, 2013, Almeida, 2010).

Olímpio (2013) e Almeida (2010) argumentam que os métodos para análise de vulnerabilidade, podem seguir duas abordagens: setoriais e globais/sistêmicas. Além disso, as vulnerabilidades podem ser determinadas indefinidamente dependendo da complexidade do tema em estudo, mas para a análise de risco ambiental, as vulnerabilidades podem ser físicas, sociais, institucionais, ambientais, patrimoniais, funcionais e econômicas (Quadro 2).

Já as vulnerabilidades globais e sistêmicas são compostas por abordagens holísticas e interdisciplinares, multidisciplinares e pluridisciplinares que procuram integrar o maior número possível de vulnerabilidade setoriais, especialmente através da mensuração (Olímpio, 2013; Almeida, 2010).

Quadro 2 - Tipos de vulnerabilidade aplicados a análise dos fenômenos naturais.

Tipos de Vulnerabilidade	Características
Vulnerabilidade física (ou estrutural, ou corporal)	Concentram-se na análise das construções, das redes de infraestrutura e do potencial de perdas humanas.
Vulnerabilidade humana ou social	Avalia os retornos de experiência sobre as capacidades de resposta, adaptações, comportamentos e suas consequências socioeconômicas e territoriais. Acrescenta-se ainda a percepção das ameaças ou da memória do risco, o conhecimento dos meios de proteção, os tipos de comportamentos potenciais.
Vulnerabilidade institucional	Trata da capacidade de resposta das instituições diante da crise; funciona como fator indireto da vulnerabilidade social.
Vulnerabilidade ambiental e patrimonial	Analisa os danos sobre os componentes ambientais – vegetação, solos, recursos hídricos, fauna e aspectos culturais provocados por fenômenos naturais.
Vulnerabilidade funcional e econômica	Avalia as disfunções no que tange às atividades econômicas, rupturas nas redes de comunicação e transporte, entre outros.

Fonte: Almeida (2010).

Linhares, Monteiro e Pacheco-Gramata (2021) citados por Silva (2022) indicam que embora existam diferentes abordagens acerca dos estudos de vulnerabilidade, e o assunto ser baseado em diversas áreas do conhecimento, eles mostram, em grande parte, como a vulnerabilidade encontra-se revestida de conteúdo social. Mesmo quando se consideram as vulnerabilidades ambiental, social ou socioambiental, é possível perceber como a interferência da sociedade pode influenciar de forma considerável na análise.

Na Geografia, o conceito de vulnerabilidade está diretamente relacionado com a probabilidade de uma população ser afetada negativamente por um fenômeno geográfico. Portanto, áreas e populações vulneráveis são aquelas que são afetadas por condições adversas como terremotos, inundações, inundações e secas, portanto com base na estrutura geográfica ou localização geográfica, podem ser identificados alguns locais a tais situações, sendo, portanto, os mais vulneráveis (Silva, 2022; Deschamps, 2009).

De acordo com Deschamps (2009) a vulnerabilidade é conhecida como “a qualidade da vulnerabilidade”, ou seja, o lado fraco de um assunto ou questão, o local que pode ser atacado, ferido ou prejudicado física ou moralmente, portanto o termo vulnerabilidade requer compreensão de outros conceitos como de risco, fragilidade ou danos.

Segundo Marandola e Hogan (2004) a vulnerabilidade está ligada a noção de capacidade de resposta, incluindo capacidade adaptativa e de absorção. Para os autores, pessoas com melhor infraestrutura e acesso a serviços básicos têm capacidade de reduzir os impactos e salvar suas vidas.

A vulnerabilidade é o resultado da falta de recursos diante de uma crise, assim como a precariedade dos serviços de infraestruturas locais. A vulnerabilidade ocorre, portanto, dependendo das condições de vida da população, do local onde vive, e é agravada pela falta de saneamento e habitação (Veyret; Richemond, 2007).

Neste mesmo contexto, Olímpio (2013) afirma que diversos fatores tornam os indivíduos e os grupos sociais vulneráveis, como o nível de rendimento, a escolaridade, a idade, o gênero, o acesso à informação e aos serviços públicos, a habitação, a participação política, o espaço de classe social, a presença de ambientes frágeis, a densidade populacional, entre outros.

Cardoso (2011) também corrobora com essa ideia ao salientar que os grupos vulneráveis enfrentam problemas no acesso aos bens sociais, bem como às condições básicas e adequadas à sua sobrevivência e desenvolvimento. Zanella *et al.*, (2009) relata que a ausência de infraestrutura urbana (água, esgoto, coleta de lixo, canalização de córregos, etc.) expõe as populações residentes nestas áreas aos diversos riscos ambientais.

Desse modo, a vulnerabilidade refere-se à capacidade de controlar as forças que os afetam e sua intensidade depende da posse ou controle de recursos, ou seja, dos recursos necessários para aproveitar as oportunidades proporcionadas pelo ambiente. Os grupos excluídos dos recursos têm menos probabilidade de se beneficiar das estruturas de oportunidades que lhes são oferecidas, cujo bom uso pode aumentar o padrão de vida em situações adversas (Olímpio, 2017; Kaztman, 1999).

O conceito de vulnerabilidade social é atualmente associado ao conceito de riscos e problemas causados por acontecimentos ou mudanças econômicas, ampliando a perspectiva do estilo de vida da população, e considerando as formas como as famílias afetam essas economias (Silva, 2022; Alves, 2006).

Segundo Almeida (2010), a vulnerabilidade humana ou social avalia o retorno de experiências relacionadas às capacidades de resposta, adaptação, comportamento e seu impacto social e sua região, além da percepção de ameaça ou memória de perigo, conhecimento de equipamentos de proteção. Assim, Mendes (2018) afirma que “à vulnerabilidade social representa o nível de resiliência e de resistência dos indivíduos e das comunidades quando expostos a processos ou acontecimentos perigosos” (Mendes, 2018, p.474).

A vulnerabilidade social é caracterizada pela exposição ao risco e pela capacidade de gerenciar o impacto de seus efeitos, ou seja, a capacidade de cada indivíduo, família ou comunidade de lidar com os riscos, por meio de uma resposta interna ou externa (Cepal,

2002). Desse modo, a vulnerabilidade social reflete as condições objetivas e subjetivas que surgem ou aumentam a vulnerabilidade dos grupos sociais a serem afetados negativamente pelos riscos ambientais (Olimpio, 2013, Souza; Zanella, 2009).

De acordo com Curran (2018) os componentes da vulnerabilidade social variam de acordo com as características das comunidades que, desde o início, não estão diretamente ligadas ao risco, que constitui o aspecto biofísico dos riscos, mas sim ao grau de desenvolvimento econômico, ao acesso aos recursos, estilo de vida e meios de subsistência das pessoas e grupos afetados. As populações vulneráveis são aquelas que estão em risco, não só porque estão expostas aos perigos, mas pela marginalidade em que vivem, tornando suas vidas uma emergência permanente.

Para uma correta avaliação da vulnerabilidade social, Mendes (2018) afirma que a integração dos elementos como instrumento eficaz de planejamento, deve-se atender aos seguintes aspectos: as dimensões estruturais do território; as características biofísicas; a estrutura e a dinâmica demográfica das populações; o capital social e as redes sociais existentes; as dimensões socioculturais; as políticas públicas; as políticas de desenvolvimento e de investimento público; e, não menos importante, a atividade econômica.

Portanto, o conceito de vulnerabilidade torna-se essencial no debate sobre os riscos naturais, pois destaca a sobreposição da degradação natural e social no espaço e no tempo, refletindo os diferentes mecanismos de resistência e resiliência dos grupos sociais frente aos eventos adversos.

2.1.3 Desastres naturais

Segundo Monteiro e Zanella (2019), o termo desastre natural tem sido utilizado de forma recorrente nas últimas décadas em inúmeras discussões desenvolvidas por estudiosos de diversas áreas, bem como por diversos setores da sociedade, geralmente em estudos e notícias relacionadas às mudanças climáticas globais, urbanização intensiva, vulnerabilidade das populações, entre outros assuntos. Diante da grande quantidade de variáveis envolvidas na delimitação do fenômeno, bem como dos inúmeros efeitos desencadeados, pelos desastres naturais não existe ainda uma definição internacionalmente aceita. Assim, a concepção de desastre natural varia de acordo com a experiência e atuação de determinados indivíduos (Monteiro; Zanella, 2019; Monteiro, 2016).

Em várias regiões do mundo, foi observado um aumento significativo na frequência de desastres naturais e perdas econômicas associadas. A maioria desses eventos tem suas causas

diretamente relacionadas a fenômenos atmosféricos intensos, como tempestades violentas, furacões, ciclones e ondas de calor. Este aumento pode ser atribuído a diversas razões, incluindo as alterações climáticas globais, que intensificaram a frequência e a gravidade destes fenômenos (Marcelino; Nunes; Kobiyama, 2006).

Os desastres naturais podem ser causados por diversos fenômenos intensos, como inundações, deslizamentos de terra, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, secas, entre outros. A variabilidade do clima atual, com tendência ao aquecimento global, está associada ao aumento dos extremos climáticos. Assim, eventos climáticos como chuvas intensas e secas severas, entre outros, poderão se tornar mais frequentes, aumentando a possibilidade de desastres naturais (Tominaga *et al.*, 2009; Moura *et al.*, 2016).

A ocorrência de desastres naturais está ligada não só à sua sensibilidade, devido às características geoambientais, mas também à vulnerabilidade do sistema social afetado, ou seja, do sistema econômico, social, político e cultural (Kobiyama *et al.*, 2006).

Desse modo Monteiro e Zanella (2019) afirmam que o desastre é, principalmente, um assunto social. E, na atual situação em que a sociedade se encontra inserida, não pode ser considerada apenas em uma perspectiva naturalista que enaltece a sua origem enquanto fenômeno natural e as influências a ele associadas, o que em muitos casos evidenciam a força da natureza sob uma sociedade que fica “à mercê” destes eventos. Assim, a ação humana precisa permear este debate.

Assim, o crescimento populacional em meio a desigualdade social, no bojo de uma urbanização irregular em áreas vulneráveis aumentam a exposição e a vulnerabilidade da população a estes desastres. Adverte Santos (2021), que as consequências econômicas são profundas e afetam não só as infraestruturas, mas também a agricultura, a saúde pública e a estabilidade social das comunidades afetadas.

Para Olímpio (2013, 2017) o desastre representa a materialização de danos na sociedade, o que expõe a magnitude de um evento e sua relação com a vulnerabilidade do ambiente afetado. Desse modo, o autor enfatiza que a ocorrência do desastre mostra não apenas a magnitude do evento, mas também a vulnerabilidade do ambiente afetado, ou seja, a sua capacidade adaptativa de resistir perante o evento adverso.

Segundo Nunes (2015) desastre refere-se a uma modificação intensa, ou seja, uma ruptura na funcionalidade do território. A autora destaca que os impactos negativos podem ser provenientes da forma como o espaço é utilizado e ocupado pela sociedade e não somente da escala do fenômeno. Isto mostra a importância de considerar não apenas a natureza dos eventos, mas também os fatores sociais e ecológicos que afetam a vulnerabilidade de uma

região.

Por consequência da falta de planejamento nas cidades, os desastres se tornaram mais frequentes e afetam as atividades das pessoas. Isto acontece porque a falta de um planejamento adequado leva a ações ineficazes e inadequadas, o que aumenta a exposição das pessoas a eventos extremos. A falta de planejamento pode levar à degradação ambiental e tornar as áreas urbanas vulneráveis às intempéries e aos riscos ambientais (Tominaga *et al.*, 2009). Em relação a isso Castro *et al.*, (2003) relata que o desastre afeta o funcionamento de serviços essenciais, especialmente serviços relacionados com a distribuição de energia elétrica e saneamento básico, principalmente distribuição de água potável, esgotos e eliminação de resíduos, e coleta de lixo. A falta desses serviços, gera impactos significativos na saúde, segurança e bem-estar da população afetada.

Na zona rural as consequências dos desastres são ainda maiores, tendo em vista que compromete o abastecimento para consumo humano e animal, além da irrigação das culturas, levando à redução da produção agrícola e perda de safras. Isso afeta a economia local, diminuindo a renda dos agricultores e prejudicando a economia regional. Além disso, degradar o solo e reduzir pastagens, afetando a alimentação do gado e aumentando a mortalidade animal. Problemas de saúde também podem surgir devido à falta de água potável, e em casos extremos, a seca pode forçar a migração para áreas urbanas (Silva *et al.*, 2013). A competição por recursos escassos pode gerar conflitos e piorar as condições de vida nas comunidades afetadas.

Devido ao aumento significativo do número de desastres, a gestão de riscos de desastres tem sido amplamente discutida e trabalhada. Este processo permite que estados e municípios se organizem e se preparem para responder eficazmente aos desastres. A gestão do risco de desastres envolve o planejamento, coordenação e execução de ações e medidas preventivas destinadas a reduzir riscos e prevenir a criação de novos riscos. É um processo sistemático que utiliza políticas administrativas, organização, competências e capacidades operacionais para implementar estratégias e reforçar as capacidades de resposta destinadas a reduzir o impacto negativo das catástrofes (Silva, 2022).

No Brasil, as ações de gestão de risco de desastres baseiam-se na política nacional de defesa e proteção civil. O objetivo principal da proteção civil é a redução do risco de desastres, o que envolve cinco ações distintas e inter-relacionadas: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. A adoção de medidas preventivas é dever da União, dos estados e dos municípios (Brasil, 2017). Essas ações são projetadas da seguinte forma:

Prevenção: medidas e atividades prioritárias, anteriores a ocorrência dos desastres, destinadas a evitar ou reduzir a instalação de novos riscos de desastres;

Mitigação: medidas e atividades imediatamente adotadas para reduzir ou evitar as consequências do risco de desastre;

Preparação: medidas ou atividades anteriores a ocorrência do desastre, destinadas a otimizar as ações de respostas e minimizar os danos e as perdas decorrentes do desastre;

Resposta: medidas emergenciais, realizadas durante ou após o desastre, que visam ao socorro e a assistência da população atingida e ao retorno dos serviços essenciais;

Recuperação: medidas desenvolvidas após o desastre para retornar à situação de normalidade que abrangem a reconstrução de infraestrutura danificada ou destruída, e a reabilitação do meio ambiente e da economia, visando o bem-estar social (BRASIL, 2017, p.23).

Portanto, ao compreender e aplicar estes conceitos de forma integrada, é possível não só reduzir os impactos negativos dos desastres, mas também fortalecer a resiliência das comunidades, promovendo assim o desenvolvimento sustentável e seguro.

Além disso, a implementação efetiva da Política Nacional de Defesa Civil desempenha um papel crucial na mitigação dos impactos deflagrados pelos desastres naturais. Ao garantir que os princípios e diretrizes dessa política sejam seguidos rigorosamente, é possível criar um sistema de resposta mais ágil e coordenado, capaz de minimizar os danos materiais e humanos decorrentes de eventos adversos. Porém, de acordo com Damacena et al. (2023), o orçamento federal destinado à Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) entre 2018 e 2022 representava menos de um por cento do orçamento em todos os anos, sendo insuficiente para garantir ações eficazes de prevenção e mitigação de desastres no Brasil. O estudo destaca a necessidade urgente de replanejamento orçamentário, enfatizando que o valor atualmente reservado para a Defesa Civil é insuficiente para cumprir o dever legal de prevenção e mitigação a desastres (Damacena *et al.*, 2023).

Assim, a gestão do risco de desastres se consolidou como elemento essencial para proteger e promover a qualidade de vida no Brasil. Desse modo, é fundamental estudar os riscos e desastres naturais que tenham em conta o nível de exposição dos grupos sociais, e desta forma analisar os múltiplos mecanismos de resistência e resiliência da população que vive principalmente em áreas ameaçadas. Logo, o conhecimento é a melhor forma de se proteger de desastres naturais.

2.2 Procedimento técnico-operacional

A pesquisa foi realizada seguindo um roteiro metodológico de investigação composto com as seguintes etapas: 1) Revisão bibliográfica; 2) Coleta de dados pluviométricos entre os

anos de 1988 e 2023; 3) Coleta de dados sobre desastres na série histórica da Secretaria Nacional de Defesa Civil de 2003 e 2020; 4) Coleta e tratamento de dados sociodemográficos; 5) Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Social e 6) Espacialização da vulnerabilidade.

2.2.1 Coleta de dados pluviométricos

Nesta etapa foi realizado um levantamento de dados pluviométricos de 30 anos, de médias mensais, sazonais e anuais de precipitação das séries históricas correspondente aos anos de 1988 a 2023, fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Foram utilizados os dados de 19 Postos de Coleta de Dados (PCD), inseridos na sub-bacia hidrográfica e no seu entorno imediato. Os dados foram interpolados pelo método “*krigagem*”. A diferença entre a *krigagem* e outros métodos de interpolação é a estimativa da matriz de covariância espacial que determina os pesos atribuídos às diversas amostras, o tratamento da redundância nos dados, as vizinhanças consideradas no processo de inferência e os erros associados às estimativas. Além disso, a *krigagem* também fornece um estimador com propriedades imparciais e eficientes (Correia; Galvani, 2017).

2.2.2 Portaria de Reconhecimento de Desastre

Nesta etapa foram levantadas as Portarias de reconhecimento de Situação de Emergência (SE) e de Estado de Calamidade Pública (ECP), provocadas por eventos naturais de secas, fornecidas pela Secretaria Nacional de Defesa Civil. Os dados foram adquiridos no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) para o período de 2003 a 2020. Esse intervalo de tempo foi escolhido porque o *site* disponibiliza informações apenas para esse período. Para a análise desta pesquisa, optou-se por contabilizar os episódios de estiagem e seca como eventos indutores de escassez hídrica. Nessa pesquisa, utilizamos os conceitos que fundamentam as políticas de gestão de riscos no Brasil. Assim, as secas são entendidas como uma estiagem prolongada, caracterizada por causar uma diminuição acentuada das reservas hídricas existentes. Já as inundações são definidas como transbordamento de água procedente de rios, lagos, canais e áreas represadas, que invade as terras adjacentes, provocando danos à sociedade (Castro *et al.*, 2003). É importante ressaltar que estes fenômenos têm impacto significativo não só na infraestrutura e econômica, mas também social, afetando diretamente a qualidade de vida das comunidades afetadas.

2.2.3 Produção do material cartográfico e levantamento de campo

As bases cartográficas foram coletas em formatos vetoriais elaboradas por entidades nacionais e disponibilizadas ao público, que serviram para elaboração do mapa básico da área, bem como dos mapas temáticos que abrangem aspectos geológicos, geomorfológicos, de solos, vegetação, socioeconômicos e de vulnerabilidade social. Após a seleção dos dados cartográficos, procedeu-se a padronização dos mesmos. Assim, as informações vetoriais foram exportadas para o formato *shapefile* para em seguida ocorrer a redefinição dos metadados. Todos os arquivos passaram a possuir datum horizontal SIRGAS 2000 e sistema de coordenadas geográficas. Posteriormente, foram armazenadas em um banco de dados, estruturado no ambiente computacional de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O mapa básico da área de estudo foi elaborado a partir da base cartográfica do IBGE de 2010. Este mapa inclui os limites administrativos, rede hidrográfica e sedes municipais dos municípios inseridos na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú. Utilizando os dados geológicos fornecidos pelo CPRM de 2003, elaboramos o Mapa Geológico da área de estudo. Este mapa detalha os principais tipos de rochas e litotipos presentes. Esse tipo de informação é crucial para entender a evolução geológica e os recursos minerais da região.

O mapa geomorfológico foi criado a partir da base cartográfica do IBGE de 2010, a partir da análise de dados de relevo e características geomorfológicas da área. Foram identificadas e mapeadas as principais unidades geomorfológicas, como depressão sertaneja, planícies, serras e superfícies rebaixadas. Este mapa permite uma compreensão dos processos geomorfológicos que modelaram a paisagem da região longo do tempo.

Para o mapa de solos, utilizamos dados detalhados sobre a distribuição e classificação dos tipos de solo disponibilizado da base cartográfica do IBGE de 2010. Este mapa é essencial para estudos de uso e ocupação do solo, bem como para avaliar a aptidão agrícola e a gestão de recursos naturais.

O mapa de vegetação, uso e cobertura da Terra foi elaborado com base cartográfica do IBGE de 2010 para classificação da cobertura vegetal existente. Identificamos os principais tipos de vegetação, savana estépica arborizada, savana estépica florestada. Além disso, também foi possível analisar áreas de agricultura com culturas cíclicas, agropecuária, pecuária. Este mapa é fundamental para estudos de conservação ambiental e planejamento do uso do solo.

Utilizando a base cartográfica do IPECE de 2000 e dados da Secretaria Nacional de

Defesa Civil, adquiridos no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) para o período de 2003 a 2020, elaboramos um mapa temático que identifica as áreas afetadas por secas. Este mapa detalha as regiões que foram oficialmente reconhecidas por sofrerem com a escassez de água, destacando a frequência e a intensidade dos eventos de seca. De forma semelhante, produzimos um mapa temático para as áreas afetadas por inundações, utilizando dados das portarias de desastres naturais. Este mapa identifica as regiões que sofreram com esse tipo de desastre, destacando os eventos mais significativos registrados.

O mapa da distribuição pluviométrica sazonal média foi criado com base em dados meteorológicos fornecidos pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME). Este mapa mostra a variação média das precipitações ao longo das diferentes estações do ano, permitindo uma visualização clara dos padrões sazonais de chuva na área de estudo. A análise da distribuição pluviométrica é fundamental para a gestão de bacias e para o planejamento agrícola e de infraestrutura.

Os mapas dos indicadores sociodemográficos, por sua vez, foram produzidos a partir de dados censitários e estatísticos do IBGE de 2022. Estes mapas incluem indicadores como distribuição populacional, renda, nível de educação, arranjo familiar e acesso a serviços infraestrutura. A análise espacial desses indicadores permite identificar padrões de desenvolvimento e áreas que necessitam de intervenções específicas.

O mapa de vulnerabilidade social à seca foi desenvolvido combinando os dados socioeconômicos e critérios específicos de vulnerabilidade a partir de dados censitários e estatísticos do IBGE de 2022. Os valores obtidos foram ordenados a partir do método *natural breaks* em cinco classes de vulnerabilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Este mapa identifica áreas que estão mais suscetíveis a riscos socioambientais, proporcionando uma ferramenta valiosa para a formulação de políticas públicas e ações de mitigação.

Os mapas elaborados da área de estudo, fornecendo uma base sólida para análises e planejamento do território. A integração de diferentes mapas temáticos permite uma visão holística da região, essencial para a tomada de decisões informadas em diferentes contextos, desde a gestão ambiental ao desenvolvimento socioeconômico e à preparação para desastres naturais.

Já sobre as atividades de campo, diz-se que foram etapa crucial, na obtenção de dados empíricos e na validação das informações cartográficas e temáticas elaboradas. Devido à limitação de recursos, foi necessário restringir a escolha das cidades a serem visitadas, as atividades de campo foram direcionadas pelas opções mais acessíveis no momento. Assim, essas atividades foram realizadas nos municípios de Quixeramobim e Quixadá, nos dias 10 e

11 de fevereiro de 2024. Este levantamento consistiu na observação direta e registros fotográficos das condições socioeconômicas e biofísicas da área de estudo.

2.2.4 Coleta e tratamento dos dados socioeconômicos e Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Social

Para elaboração do Índice de Vulnerabilidade social foram analisadas as condições sociais e econômicas da população, para isso, utilizou-se dados do censo demográfico de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), contudo, é importante destacar que, até o momento, a disponibilidade de dados no *site* é limitada em comparação ao censo anterior. Nas análises considerou-se todo o município, mesmo aqueles que só contém parte do território inserido na sub-bacia.

Assim, foram selecionados dados relacionados à demografia, educação e serviços básicos de infraestrutura, que foram compilados no *software Excel*. Este processo permitiu uma análise completa e detalhada das condições sociais e econômicas da população estudada. Com base na literatura consultada sobre vulnerabilidade social, foram definidos três indicadores básicos: demografia, educação e infraestrutura, compostos por dez indicadores (Quadro 3). A vulnerabilidade social não diz respeito apenas à renda, mas tem como elementos básicos a estabilidade econômica, a estrutura familiar, o acesso à educação, infraestrutura e serviços de qualidade (Rosa; Costa, 2009; Olímpio; Zanella; Santos, 2017).

Quadro 3 – Indicadores selecionadas para a determinação da vulnerabilidade social

Dimensões	Indicador
Sociodemográfico	I-1. Percentagem da população residente com idade inferior a 14 anos
	I-2. Percentagem da população com idade superior a 70 anos
	I-3. Percentagem da população analfabeta com 15 anos ou mais de idade
Infraestrutura e Serviços Básicos	I-4. Percentagem dos domicílios que não estão ligados a rede geral de abastecimento de água
	I-5. Percentagem dos domicílios com abastecimento por poço raso, freático ou cacimba
	I-6. Percentagem dos domicílios abastecidos por carro pipa
	I-7. Percentagem dos domicílios abastecidos por água da chuva armazenada
	I-8. Percentagem dos domicílios que não possuem banheiro ou sanitário ligado à rede geral de esgoto ou fossa séptica
	I-9. Percentagem dos domicílios que não possuem lixo coletado por serviço de limpeza ou caçamba
	I-10. Percentagem dos domicílios particulares permanentes precários ¹

¹ Inclui habitação em casa de cômodos ou cortiço, habitação indígena sem paredes ou maloca, estrutura residencial permanente degradada ou inacabada.

Fonte: elaborado pela autora, IBGE (2022).

Em seguida foram calculados os percentuais dos indicadores, lembrando que cada um possui escalas e dimensões diferentes. Em seguida, foi calculado o índice de vulnerabilidade (equação 1). O índice varia de 0 (zero) a 1 (um), indicando baixa vulnerabilidade social para valores próximos de 0 (zero) e alta vulnerabilidade para valores próximos de 1 (um):

(Equation 1)

$$I_n = \frac{I_{(x)} - Min_{(x)}}{Max_{(x)} - Min_{(x)}}$$

Onde: I_n = valor padronizado do indicador “I” no município “s”; $I(x)$ = valor do indicador “I” no município “s”; $Min(x)$ = menor valor do indicador “I” no universo de municípios, e; $Max(x)$ = maior valor do indicador “I” no universo de municípios. A equação retorna valores entre zero e um, e quanto mais próximo de um, maior a vulnerabilidade (Rosa e Costa, 2009; Olímpio, Zanella e Santos, 2017). Os valores obtidos foram ordenados e agrupados usando o método de "Natural breaks" (Jenks, 1977) em cinco classes de vulnerabilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Por fim, os dados censitários foram tabulados no *software Microsoft Excel*, para organização das informações e geração de tabelas, quadros e gráficos. Para a produção do material cartográfico foi utilizado o sistema de informações geográficas (SIG) *ArcGIS 10.5*.

3 ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS DOS MUNICÍPIOS SEMIÁRIDOS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BANABUIÚ, CE

3.1 Caracterização Biofísica da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú-CE

A compreensão dos fatores biofísicos é essencial para analisar a vulnerabilidade à seca devido à interação complexa e interdependente desses elementos na determinação da disponibilidade de água. O clima determina os padrões de chuva e evaporação de uma região, afetando diretamente a disponibilidade de água. Conhecer o clima permite prever períodos de seca e implementar medidas de mitigação, como a construção de reservatórios e a adoção de práticas agrícolas adaptativas. A gestão dos recursos hídricos, incluindo rios, lagos e aquíferos, é vital para garantir um abastecimento contínuo de água, mesmo durante períodos de baixa pluviosidade. A análise desses recursos permite uma utilização sustentável e a

implementação de estratégias de conservação (Rodrigues; Neves, 2023).

A Geologia fornece informações sobre a composição e estrutura das rochas, influenciando a infiltração e armazenamento das águas subterrâneas. Os aquíferos rochosos permeáveis são essenciais durante os períodos de seca, e a compreensão das formações geológicas ajuda a identificar e gerir esses recursos. A Geomorfologia estuda as formas do relevo e a evolução dos terrenos, influenciando a distribuição e a retenção de água. Terrenos com diferentes declividades e formações impactam a capacidade de recarga de aquíferos e a erosão do solo, determinando a eficiência de captação e armazenamento de água.

O tipo e a estrutura do solo influenciam sua capacidade de reter de água, que é essencial para a agricultura e o abastecimento humano. Solos com boa capacidade de retenção de água podem sustentar a vegetação e as culturas agrícolas durante períodos de seca. A vegetação atua como uma barreira natural contra a erosão, melhora a infiltração da água no solo e conserva a umidade. As florestas e a cobertura vegetal ajudam a conservar a umidade do solo e a reduzir a evapotranspiração, minimizando os efeitos das secas.

Portanto a análise integrada desses elementos é essencial para compreender a vulnerabilidade de uma região à seca. Planejar e implementar estratégias de gestão dos recursos hídricos e do uso da terra com base nessa compreensão abrangente é fundamental para reduzir os impactos das secas e promover a resiliência das comunidades (Rodrigues; Neves, op. Cit).

3.1.1 Clima e Recursos hídricos

3.1.1.1 Dinâmica Climática Regional

Diferentes sistemas de circulação atmosférica operam nesta região, o que resulta em grandes variações climáticas com fenômenos de precipitação que diferem no tempo e no espaço. A região em estudo possui dois períodos pluviométricos bem definidos, sendo o primeiro definido como período chuvoso, que em situação normal, tem início no mês de janeiro e se estende até julho, sendo que as máximas pluviométricas ocorrem entre os meses de fevereiro e abril. E outro, denominado como período seco, que se estende de julho a dezembro, o qual, atinge o máximo de estiagem durante os meses de agosto e outubro (Afonso *et al.*, 2007).

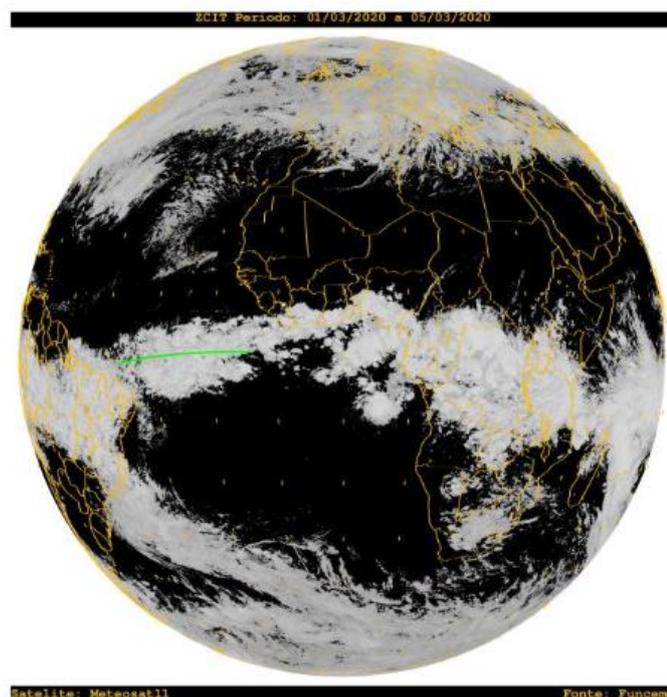
Por ser uma das regiões mais secas do Brasil, a quadra chuvosa é um período crucial para a sobrevivência e a sustentabilidade das comunidades locais. Essa quadra se caracteriza-se por uma distribuição irregular das chuvas, tanto temporal quanto espacialmente. O regime

de chuvas nessa região é marcado por uma alta variabilidade, com anos de precipitação abundante seguidos por períodos de seca severa. Essa irregularidade é amplamente influenciada por fenômenos climáticos de grande escala, como o El Niño e a La Niña, que alteram os padrões de circulação atmosférica e, conseqüentemente, a distribuição das chuvas na região. As precipitações são produzidas pelos sistemas atmosféricos descritos a seguir.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um fenômeno meteorológico que ocorre na região de convergência dos ventos Alísios de Nordeste, provenientes do Sistema de Alta Pressão ou Anticiclone Subtropical do Hemisfério Norte, com os ventos Alísios de Sudeste, originados da Alta Subtropical do Hemisfério Sul. Esse processo cria uma faixa de convergência onde esses ventos se encontram e ascendem, formando uma zona de baixa pressão atmosférica (Figura 2).

A ZCIT é reconhecida como o principal mecanismo desencadeador das chuvas no norte do Nordeste do Brasil, exercendo sua influência de forma mais pronunciada entre os meses de fevereiro e maio, conforme indicam estudos de Ferreira e Mello (2005), Zanella (2014) e Monteiro (2022). Durante esse período, a convergência de massas de ar úmidas promove a formação de nuvens e a ocorrência de precipitações, contribuindo significativamente para o regime pluviométrico da região.

Figura 2 - Posicionamento médio da ZCIT entre 01/03/2020 e 05/03/2020



Fonte: Monteiro, 2022.

Essa dinâmica atmosférica é essencial para manutenção do equilíbrio hídrico em áreas específicas, uma vez que as chuvas provenientes da ZCIT são cruciais à agricultura, a reposição de reservatórios de água e a vitalidade dos ecossistemas locais. A compreensão detalhada desse fenômeno é fundamental à previsão climática e o desenvolvimento de estratégias adequadas de gestão de recursos hídricos, sobretudo nas regiões onde a Zona de Convergência Intertropical exerce seu impacto mais significativo.

Segundo Zanella (2014) e Ferreira e Mello (2005), na região ainda atuam os Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) (Figura 3), principalmente entre os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março. Esse sistema meteorológico é caracterizado por um giro anti-horário dos ventos em altos níveis da atmosfera. Os VCANs apresentam um formato que lembra uma vírgula invertida, em virtude da nebulosidade que ocorre em sua periferia, já que o seu centro não apresenta formação de nuvens de chuva (Monteiro, 2022). Estes sistemas atuam como obstáculos meteorológicos, impedindo a passagem de frentes frias e sistemas de baixa pressão, o que resulta na concentração de umidade e calor em áreas específicas. Essa concentração de umidade e calor favorece a formação de nuvens convectivas, que são responsáveis pela ocorrência de tempestades e chuvas intensas.

Figura 3 - VCAN em posição favorável à ocorrência de precipitação no Semiárido Nordeste.



Fonte: Monteiro, 2022.

A região também conta com as Linhas de Instabilidade (LI) (Figura 4) que produzem chuvas no litoral norte do Nordeste e regiões adjacentes e ocorrem no período da tarde e início da noite, entre fevereiro a maio. Elas correspondem a uma faixa alongada de nuvens convectivas (normalmente do tipo cumulus) (Ferreira; Melo, 2005) que se estendem horizontalmente. Essas linhas surgem como resultado de diversos fatores, como diferenças de temperatura entre massas de ar, convergência de ventos convergência de ventos em superfície e em altos níveis da atmosfera e a presença de umidade.

Figura 4 - Linhas de Instabilidade atuando sobre a costa do Estado do Ceará



Fonte: Monteiro, 2022.

Outro mecanismo atuante são os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) formados por *cumulonimbus*, frias, espessas, com forma aproximadamente circular. Possuem um crescimento vertical explosivo e normalmente são acompanhadas por rajadas de ventos e por uma densa camada de *cirrus*, esses sistemas provocam chuvas fortes e de curta duração, atuam ao longo de todo o período chuvoso (Monteiro, 2022; Olímpio, 2017; Ferrera; Melo, 2005). Monteiro (2022) relata que a gênese do CCM ocorre comumente no final de tarde e início da noite, quando as primeiras células convectivas se desenvolvem em virtude de

condições locais favoráveis (representa o momento com máxima ocorrência de células convectivas).

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) também denominados de Ondas de Leste atuam, preferencialmente, sobre o leste do Nordeste do Brasil. Na área de estudo eles ocorrem quando há condições Oceano-Atmosféricas favoráveis. Se deslocam da Costa Oeste do Continente Africano e se propagam por influência dos Alísios, até o litoral leste o Brasil, e ocasionam precipitações na pós-estação chuvosa (junho, julho e agosto) na área de estudo (Monteiro, 2022; Zanella, 2014; Ferreira; Mello, 2005).

A massa tropical Atlântica (mTa) é uma massa de ar quente e úmido que atua sobre o Nordeste do Brasil e tem origem no Oceano Atlântico tropical. Durante a estação seca no Nordeste, principalmente no semiárido, essa massa de ar afeta o clima ao deslocar-se para o interior, trazendo céu limpo e evitando a formação de nuvens. A sua presença continuada favorece a intensificação da seca, pois limita a ocorrência de precipitações significativas. O mTa também atua na circulação dos ventos alísios, contribuindo para a estabilidade atmosférica que caracteriza o período seco da região (Monteiro, 2022; Zanella, 2014).

As variações interanuais das precipitações nesta região estão relacionadas às anomalias na circulação de grande escala, notadamente da ação dos fenômenos globais de El Niño Oscilação Sul (ENOS) e do Dipolo do Atlântico. O fenômeno ENOS é caracterizado por anomalias positivas (El Niño) ou negativas (La Niña). Enquanto o El Niño consiste no aquecimento anormal do Oceano Pacífico Equatorial, causando uma alteração na Célula de Walker, desenvolvendo uma anomalia positiva nos valores da temperatura da superfície do mar, a La Niña é o inverso, provocando o resfriamento do Pacífico Equatorial (Olímpio; Zanella, 2015).

De acordo com Ferreira e Mello (2005) e Olímpio (2017) Em anos de El Niño, as precipitações na região de estudo geralmente diminuem. Monteiro (2022) observa que as secas acabam sendo recorrentes em anos de El Niño, especialmente naqueles de moderada e forte intensidade. Este autor destaca que a severidade das secas está diretamente relacionada à intensidade do evento El Niño, com eventos mais intensos resultando em períodos de estiagem mais prolongados e severos.

A ZCIT tende a se deslocar para o sul em relação à sua posição média. Normalmente, a ZCIT está localizada mais ao norte, mas sob a influência do El Niño, às águas aquecidas do Pacífico Equatorial central e leste alteram os padrões atmosféricos globais. Esse aquecimento provoca mudanças na circulação atmosférica sobre as regiões tropicais e subtropicais,

deslocando a ZCIT para o sul. O Ceará está ao sul da linha do Equador por isso o El Niño causa secas. Essa alteração na posição da ZCIT pode afetar o padrão de precipitação em várias partes do mundo, incluindo o Nordeste Brasileiro e outras áreas afetadas pelo fenômeno El Niño.

A La Niña possui causas oposta ao El Niño, ou seja, o resfriamento das águas do Pacífico Oeste, causado pela intensificação dos ventos alísios que deslocam as águas quentes para o setor ocidental. Esse fenômeno aumenta o desnível térmico entre os Pacíficos oriental e ocidental, favorecendo o resfriamento das águas na costa da América do Sul e a elevação das águas quentes no oeste do Pacífico, provocando chuvas nessa região. Para o Nordeste do Brasil, a La Niña intensifica a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), favorecendo anos com chuvas abundantes (Olímpio,2017).

Já o Dipolo do Atlântico (DAT) consiste em um Dipolo Meridional de anomalia da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Atlântico Tropical, este fenômeno modifica a circulação meridional da atmosfera tropical (Célula de Hadley). A fase negativa do DAT tende a favorecer a ocorrência das chuvas, observa-se uma condição ideal para formação de nuvens de chuva e incursão meridional da ZCIT em direção ao NEB. Já a fase positiva do DAT tende a inibir a ocorrência de chuvas, uma vez que a ZCIT é deslocada para posições mais setentrionais. como podemos observar na Figura abaixo (Monteiro, 2022; Olímpio, 2017; Zanella, 2014; Ferreira; Mello, 2005).

Figura 5 – Perfil esquemático de incursão da ZCIT representado em situações de observância de Dipolo do Atlântico e Dipolo Invertido, respectivamente



Fonte: Monteiro, 2022.

3.1.1.2 Distribuição pluviométrica sazonal

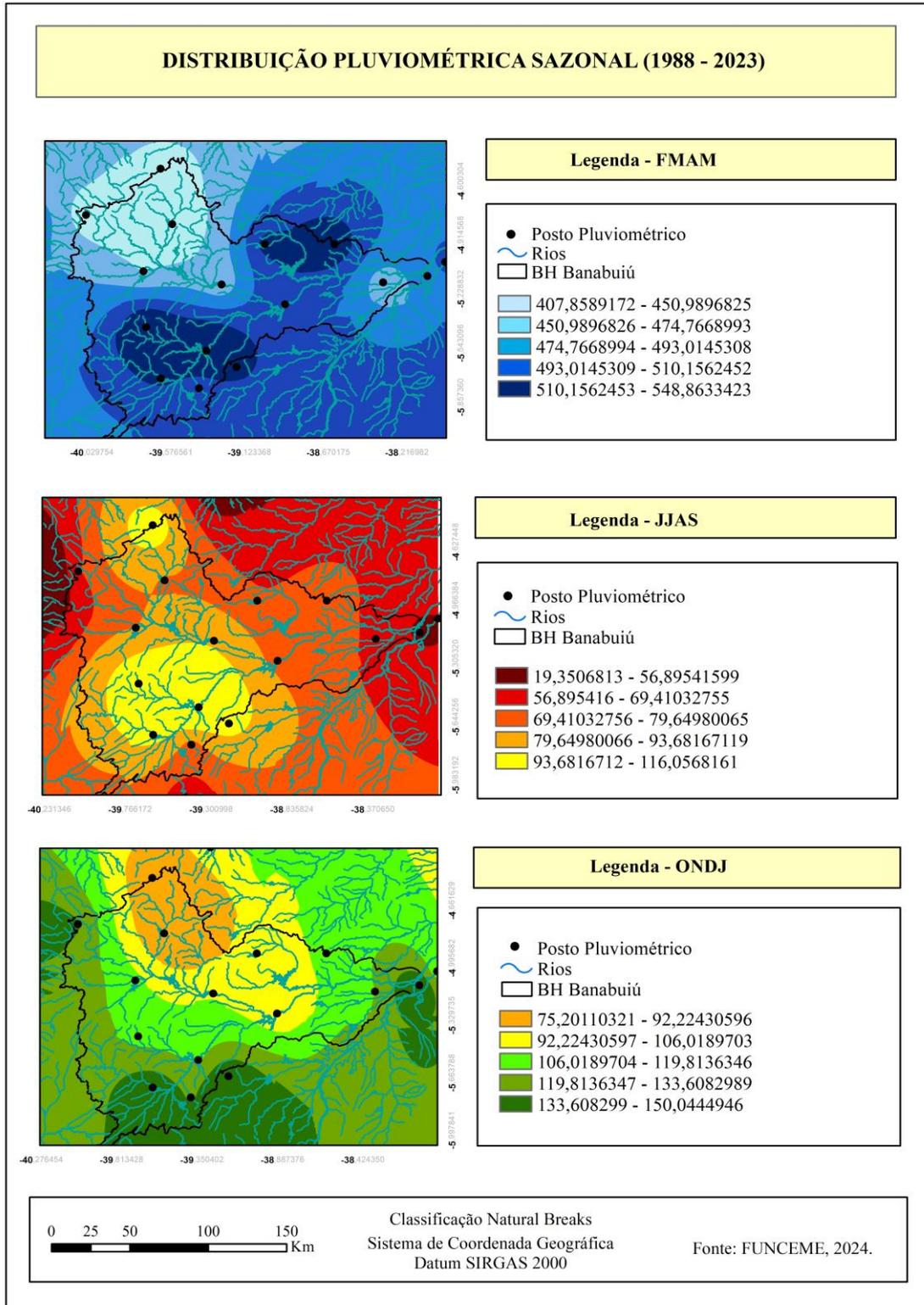
Diante das significativas transformações ambientais, sobretudo nas Regiões Tropicais, o gerenciamento de água e a gestão de Bacias Hidrográficas emergem como uma necessidade premente. A precipitação, enquanto fenômeno climático, assume uma função crucial na análise dos padrões climáticos em escalas local e regional. Nesse contexto, a análise detalhada da distribuição temporal e espacial da precipitação torna-se indispensável para uma abordagem abrangente e sustentável. Assim, a atenção especial direcionada à água, e mais especificamente à precipitação, não apenas se justifica pela sua importância intrínseca no ciclo hidrológico, mas também pela sua influência multifacetada nos ecossistemas e na formulação de políticas públicas voltadas à proteção ambiental (Correia; Galvani, 2017).

Nessa mesma perspectiva, Souza e Nascimento (2020) afirmam que os dados de precipitação são uma ferramenta essencial para o planejamento e gestão de recursos hídricos, ajudam também a quantificar adequadamente o impacto de eventos extremos, por isso, é essencial caracterizar a variabilidade temporal e espacial da precipitação. Os estudos mostram a importância da variabilidade e distribuição da precipitação como pressupostos para a compreensão do clima e da dinâmica hídrica nas bacias hidrográficas (Correia; Galvani, 2017).

Diversas pesquisas destacam a relevância intrínseca da variabilidade e distribuição da precipitação pluviométrica como fundamentos essenciais para uma compreensão abrangente da dinâmica climática e hídrica em bacias hidrográficas (Andrade *et al.*, 1999; Braga *et al.*, 2003; Moraes *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2013). A análise da quantidade e padrões de precipitação desempenha um papel crucial na identificação de tendências climáticas, na previsão de eventos extremos e na avaliação do impacto das mudanças climáticas. Além disso, a distribuição temporal e espacial da precipitação influencia diretamente os processos de recarga dos recursos hídricos e conseqüentemente, a disponibilidade de água para diferentes usos. Portanto, a consideração metódica desses elementos fornece uma base robusta para o desenvolvimento de estratégias de gestão sustentável de bacias hidrográficas, com destaque ao manejo dos recursos hídricos, contribuindo para resiliência das comunidades frente aos desafios climáticos em constante evolução. Segundo Da Silva (2009), através desses estudos, pode-se desenvolver um sistema de acompanhamento das características, obtendo informações anuais, sazonais ou mensais, com as quais, é possível conhecer profundamente a climatologia de uma região e verificar os impactos que o clima global causa sobre a distribuição pluviométrica local. Desse modo, foi realizado um estudo da variação sazonal da precipitação na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú. O mapa abaixo apresenta a

distribuição pluviométrica sazonal da sub-bacia do rio Banabuiú, os quais foram ordenados em três quadrimestres (Figura 6).

Figura 6 - Distribuição Pluviométrica Sazonal Média da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.

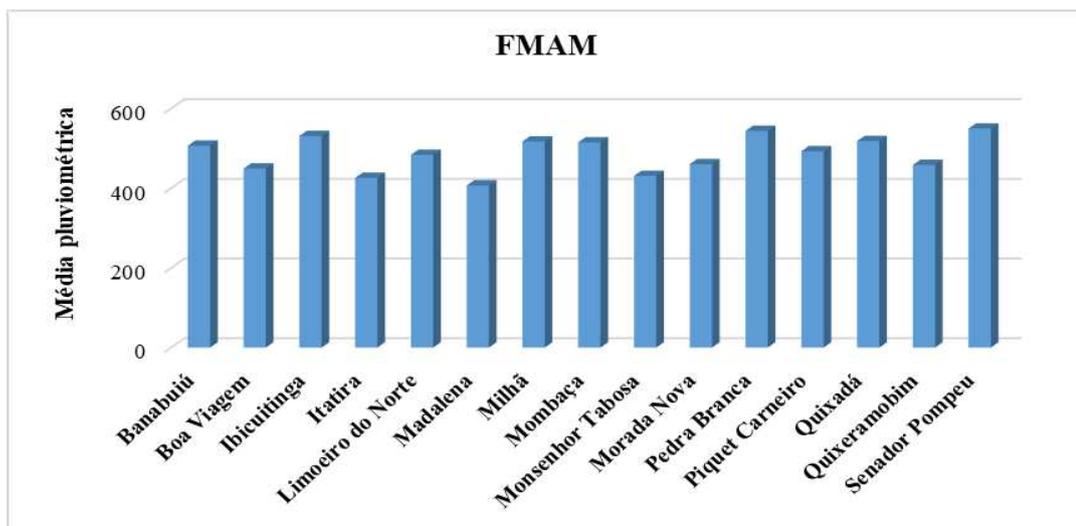


Fonte: Baseado em dados da FUNCEME (1988 – 2023), autora.

No primeiro quadrimestre (FMAM - fevereiro, março, abril e maio), a precipitação média acumulada varia de 407 mm e 548 mm (Figura 7). Este é o quadrimestre com as maiores médias da sub-bacia, tendo em vista que se trata da quadra chuvosa da região (Cortez; Lima e Sakamoto, 2017). É importante observar que as chuvas tendem a diminuir em direção ao setor norte e parte do leste da sub-bacia e aumentar nas áreas do centro/sul. Essa variação mostra a irregular distribuição espacial das chuvas nessa região. No extremo norte da sub-bacia nos municípios de Itaitira, Madalena, Monsenhor Tabosa, Boa Viagem e ao leste Morada Nova as precipitações são mais escassas, mesmo no período chuvoso. O relevo possui papel fundamental nesta distribuição, tendo em vista que esses municípios sofrem o efeito da barreira orográfica do Maciço de Baturité, produzindo reflexos negativos na precipitação na região que se localiza em posição a sota-vento (Lima; Cordeiro; Bastos, 2016). As maiores médias de precipitação encontram-se nos municípios de Ibicuitinga, Quixadá, Pedra Branca, Senador Pompeu, Mombaça e Milhã, as quais variam entre 510 mm e 548,8 mm.

Este quadrimestre é responsável pela captação e armazenamento de água nos reservatórios e recarga dos lençóis freáticos. Através dos totais de precipitação acumulada desses meses é possível determinar se o reabastecimento será satisfatório ou insatisfatório para as práticas de uso e consumo utilizadas na região.

Figura 7- Distribuição Pluviométrica Sazonal Média (FMAM)

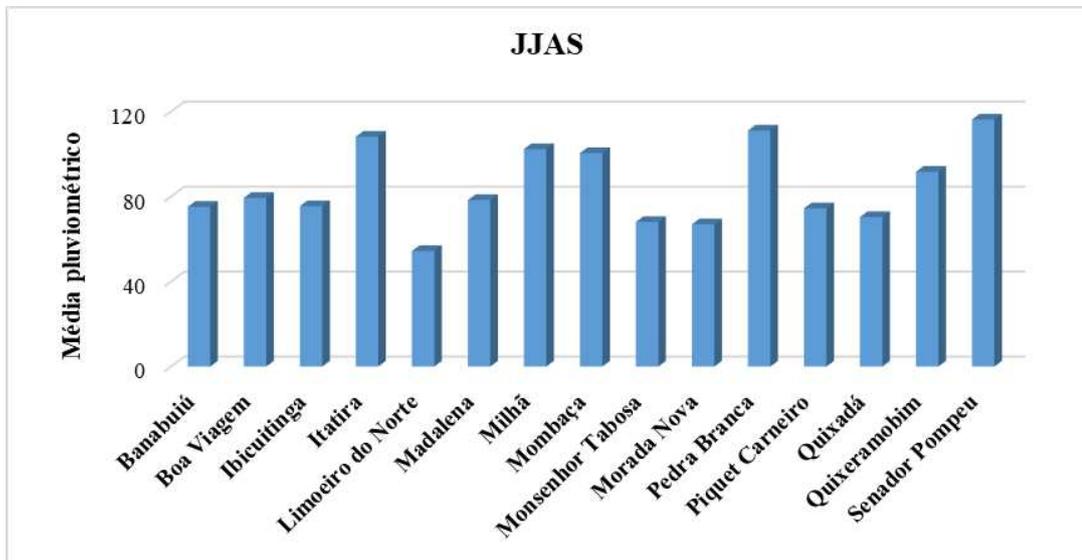


Fonte: Baseado em dados da FUNCEME (1988 – 2023), autora.

No segundo quadrimestre (JJAS - junho, julho, agosto e setembro) a redução das chuvas é brusca, podendo ocasionar diversos impactos como a escassez hídrica. A média de

precipitação durante esses meses varia entre 19,3 mm e 116 mm, contendo as menores médias pluviométricas se comparado aos outros quadrimestres (Figura 8). Há uma maior concentração de chuva presente na parte central da sub-bacia nos municípios de Pedra Branca, Senador Pompeu, Milhã, Mombaça e Itatira que se localizam na parte mais setentrional da região apresentando médias que variam entre 93,6 mm e 116 mm, em contrapartida, o município de Limoeiro do Norte mostra uma redução acentuada das chuvas que variam entre 19,3 mm e 56,8 mm.

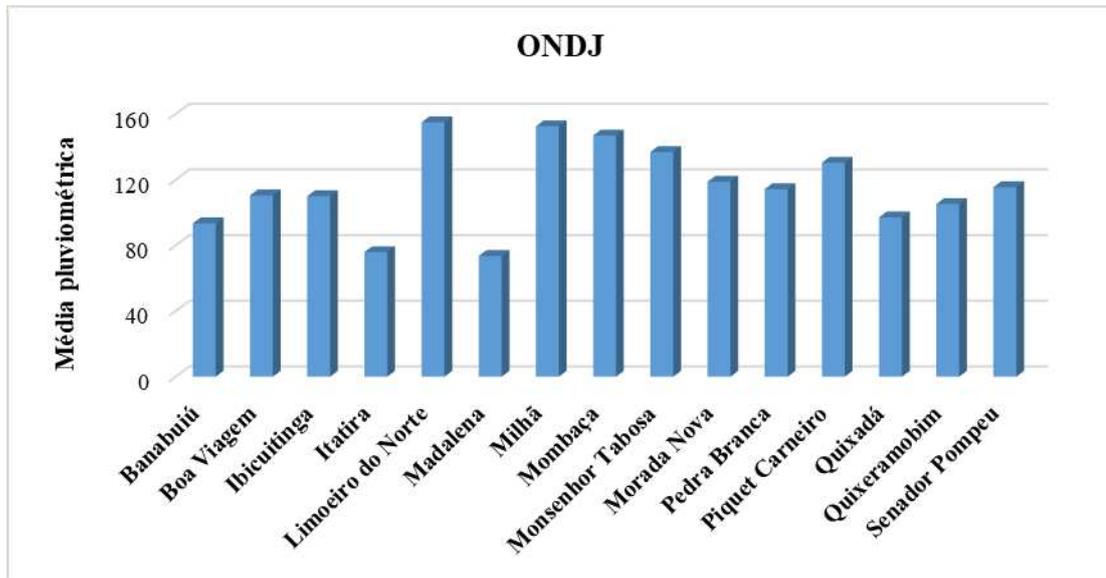
Figura 8 - Distribuição Pluviométrica Sazonal Média (JJAS)



Fonte: Baseado em dados da FUNCEME (1988 – 2023), autora.

No terceiro quadrimestre (ONDJ - outubro, novembro, dezembro e janeiro) podemos observar, que os volumes pluviométricos aumentam de norte para o sul na região da sub-bacia durante esse período, o qual corresponde à estação seca. Na porção norte concentra-se os menores valores pluviais nos municípios de Itatira, Madalena, com médias que variam entre 75mm e 92mm, enquanto que os volumes maiores encontra-se no município de Milhã, Piquet Carneiro, Mombaça localizados na porção sul e ao leste Limoeiro do Norte as médias pluviométricas variam entre 133 mm a 150 mm (Figura 9).

Figura 9 - Distribuição Pluviométrica Sazonal Média (ONDJ)



Fonte: Baseado em dados da FUNCEME (1988 – 2023), autora.

Nota-se que mesmo em nível local, a sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú apresenta uma dinâmica atmosférica com consequências na distribuição espacial das precipitações, apresentando áreas mais secas, como a porção norte principalmente nos municípios de Itaitira e Madalena. Porém analisando a mapa verifica-se que, a maior parte das chuvas ao longo dos anos concentram-se na Região Centro/Sul, nos Municípios de Pedra Branca, Senador Pompeu, Mombaça e Milhã. Estas variações são decorrentes de fatores locais, especialmente a localização em relação à origem dos sistemas atmosféricos produtores de precipitação e da influência do relevo sobre a circulação local do ar.

3.1.1.3 Reservatórios e Recursos Hídricos

Essa sub-bacia é caracterizada por sua quantidade significativa de açudes, contando com um total de 5.825 reservatórios. O açude Banabuiú se destaca por ser responsável por mais de 50% do volume de acumulação, o que o torna a terceira reserva hídrica mais importante da bacia do Jaguaribe. Além disso, a rede de drenagem da região é composta por cursos d'água intermitentes sazonais de baixa energia, resultando em vales largos e adotando um padrão de drenagem predominantemente dendrítico em zonas de cisalhamento, o que pode ser justificado pela predominância do embasamento cristalino ao longo da área. (Ceará, 2009). No baixo curso, na região de Morada Nova e Ibicuitinga, a drenagem possui padrão

predominantemente paralelo, devido a existência de coberturas sedimentares Cenozóicas (Cogerh, 2022).

No que diz respeito às águas subterrâneas, a região apresenta depósitos aluviais (ou aluviões) os quais, estão restritos a áreas próximas de certos rios e cursos d'água. Essas aluviões são formadas pela sedimentação de materiais transportados pelas águas fluviais, principalmente em áreas de planícies inundáveis e margens de rios, onde há acúmulo de areia, silte e argila. No entanto, devido ao clima semiárido do estado e à limitada quantidade de rios perenes, a presença das aluviões é espacialmente reduzida. Também é encontrado na região os sistemas das rochas cristalinas (fissurais), esses aquíferos predominam em grande parte do território cearense e estão associados às rochas cristalinas que compõem a maior parte do embasamento geológico da região. Ao contrário das aluviões, os aquíferos fissurais armazenam e permitem o fluxo de água por meio de fissuras, falhas e fraturas nas rochas. Devido à baixa capacidade de armazenamento desses aquíferos e à irregularidade das precipitações, o abastecimento hídrico no Ceará enfrenta desafios, especialmente em períodos de estiagem prolongada.

Os aquíferos cristalinos são exíguos. À rigor, nas rochas do domínio cristalino, por sua característica de impermeabilidade, as condições hidrogeológicas se dão por percolação e relativa concentração ao longo das fraturas e linhas de falhas. As condicionantes estruturais e tectônicas proporcionam pequenos aportes de água subterrâneas no embasamento cristalino, conformando aquíferos fissurais dispersos em zonas de cisalhamentos, com falhas e fraturas. Destacam-se os setores e prolongamentos das Falhas Senador Pompeu, Quixeramobim, Orós e Sabonete-Inharé. Passando nas proximidades das cidades de Banabuiú, Quixadá, Quixeramobim e entre Mombaça e Pedra Branca (Cogerh, 2022).

Essa região possui um total 19 reservatórios principais monitorados, os quais têm a função de armazenamento para o abastecimento de água e manutenção do fluxo hídrico (Tabela 1). Já os reservatórios de menor capacidade tem a função de estocagem de água, após o período chuvoso, para serem depois utilizados na estação seca e assim, contribuir para a segurança hídrica da região (Cogerh, 2022, Ceará, 2009, Afonso *et al.*, 2007).

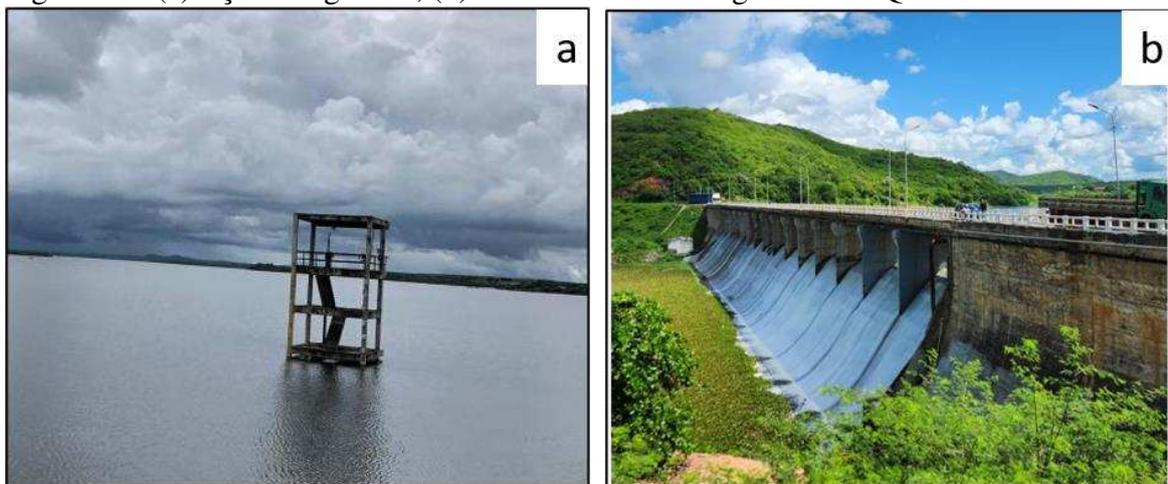
De acordo com a FUNCEME os reservatórios que apresentam capacidade máxima durante o período analisado são: o Fogareiro, Quixeramobim (Figura 10), Poço do Barro, Umari e São José I. Esse acúmulo hídrico é importantíssimo para segurança hídrica da região. Com esse acúmulo é possível armazenar uma grande quantidade de água, necessária para nos períodos de seca e garantir o abastecimento de água à população, à agricultura e a outros usos.

Tabela 1 - Principais reservatórios da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú

Município	19 Açudes	Capacidade de Acumulação (hm ³)	Acumulação Atual (hm ³) em 7 de maio de 2024	%
Banabuiú	Banabuiú	1.534	653,75	42,62%
Quixadá	Pedras Brancas	456	162,14	35,56%
Quixadá	Cedro	126	6,04	4,8%
Quixeramobim	Fogareiro	118	118	100%
Morada Nova	Cipoada	86,09	28,91	33,58%
Quixeramobim	Pirabibu	74	12,49	16,88%
Senador Pompeu	Patu	65,1	53,13	81,61%
Morada Nova	Poço Do Barro	52	52	100%
Mombaça	Serafim Dias	40,94	29,99	73,26%
Madalena	Umari	30	30	100%
Piquet Carneiro	São José II	13,18	9,48	71,9%
Boa Viagem	Vieirão	22,43	20,76	92,58%
Pedra Branca	Trapiá II	18	4,18	23,19%
Morada Nova	Curral Velho	12,17	9,37	77,02%
Monsenhor Tabosa	Monsenhor Tabosa	11,23	6,75	60,05%
Quixeramobim	Quixeramobim	7,89	7,89	100%
Boa Viagem	São José I	2,24	2,24	100%
Pedra Branca	Capitão Mor	6	3,1	51,59%
Milhã	Jatobá	0,59	0,32	54,1%
-	-	2.676	1.210,54	1.218,74

Fonte: Baseado em dados da FUNCEME, elaborado pela autora (7 de maio de 2024).

Figura 10 - (a) Açude Fogareiro; (b) Vertedouro da barragem do rio Quixeramobim-CE.



Fonte: autora, 2024.

A sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú abrange vários municípios do Ceará, os quais apresentam variações distintas na proporção de áreas dentro da bacia. Alguns municípios, como Banabuiú, Boa Viagem, Madalena, Mombaça, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Quixeramobim e Senador Pompeu, possuem áreas representativas dentro da sub-

bacia, desempenhando um papel crucial na dinâmica hídrica local. Em contrapartida, outros municípios, como Milhã e Limoeiro do Norte, possuem menos de 50% de suas áreas inseridas na sub-bacia, o que pode influenciar de maneira distinta na gestão dos recursos hídricos, conforme pode-se observar na tabela abaixo, a distribuição desigual das áreas municipais dentro da sub-bacia do rio Banabuiú (Cogerh, 2022).

Tabela 2 - Percentual da área dos municípios inseridos na sub-bacia hidrográfica do rio do Banabuiú.

Município	Área do Município pertencente à sub-bacia (Km²)	% da área do Município pertencente à sub-bacia (%)
Banabuiú	1.080,13	100,00
Boa Viagem	2.833,35	100,00
Ibicuitinga	252,88	59,71
Itatira	775,07	93,49
Limoeiro do Norte	744,19	19,38
Madalena	995,67	100,00
Milhã	221,42	44,13
Mombaça	2.107,95	100,00
Monsenhor Tabosa	752,86	84,39
Morada Nova	1.549,78	56,11
Pedra Branca	1.301,33	100,00
Piquet Carneiro	589,16	100,00
Quixadá	1.581,57	78,34
Quixeramobim	3.322,46	100,00
Senador Pompeu	956,17	100,00

Fonte: Cogerh, 2022.

Os limites de uma região hidrográfica são determinados pelas condições naturais. Esses limites naturais frequentemente não coincidem com os limites administrativos estabelecidos pelo homem, o que pode criar desafios adicionais para a gestão e planejamento dos recursos hídricos. As condições naturais que definem uma bacia hidrográfica influenciam diretamente tanto a oferta hídrica, abrangendo a quantidade e a qualidade da água disponível, quanto a demanda, que inclui o uso doméstico, agrícola, industrial e ecológico da água.

Além disso, fatores como a variação climática, a vegetação e o tipo de solo desempenham um papel crucial na disponibilidade e na distribuição da água dentro da bacia. Essas dinâmicas complexas exigem uma abordagem integrada e colaborativa entre diferentes jurisdições administrativas para garantir uma gestão sustentável e equitativa dos recursos hídricos, levando em conta as necessidades ecológicas, econômicas e sociais de todas as partes envolvidas.

3.1.2 Geologia e Geomorfologia

O contexto Geológico da área de estudo está inserido na Província Borborema, com predomínio de rochas Pré-Cambrianas Cristalinas, composto por rochas do Proterozóico e Arqueano, marcando a ocorrência de grandes áreas onde ocorre aplainamento no modelado (Cogerh, 2022). A área de interesse encontra-se inserida na Província Borborema, onde é nítida a presença de um vasto anfiteatro de erosão voltado para o Oceano Atlântico. A Província da Borborema engloba a porção setentrional do Nordeste Brasileiro, limitando-se a oeste com a Província Parnaíba e ao sul com o Cráton do São Francisco. Na litologia regional há primazia espacial de gnáissico-migmatítica, do Pré-Cambriano, de coloração cinza-claro a escuro.

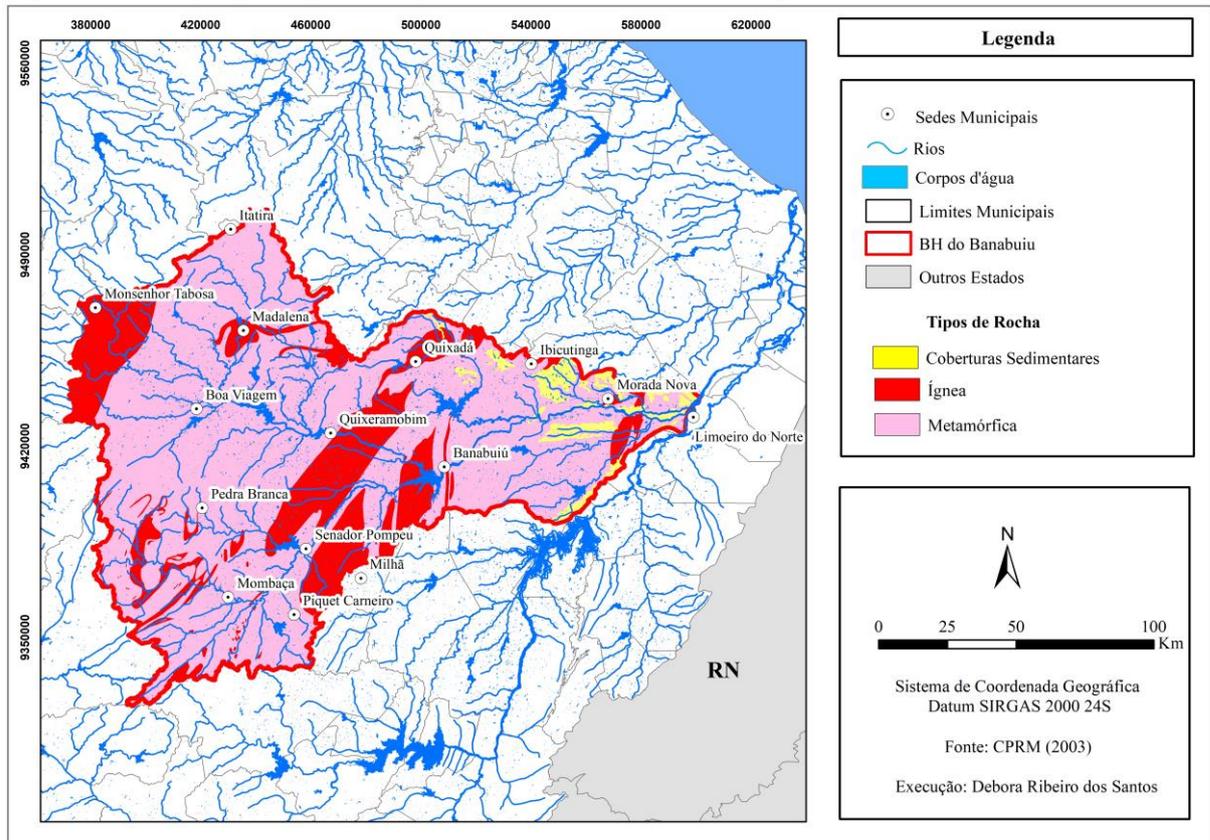
De modo complementar e associado a estas estruturas, tem-se as áreas de acumulações Cenozoicas e Quaternárias. Deste modo, as condições geológicas dessa área, são análogas à Geologia em condições predominantes no Ceará e no Nordeste Setentrional.

Destacam-se a existência de rochas cristalinas, especialmente gnaiss, e diversas rochas ígneas, plutônicas e metaplutônicas, constituídas principalmente por granito. Sobrepondo esse substrato está uma cobertura sedimentar cenozóica que ocorre na forma de depósitos coluvionares e aluviais. Acerca disso, Cogerh (2022) ressalta que:

“sobre os escudos antigos cristalinos se desenvolveram, ao longo de milênios, a formação de depósitos sedimentares aplainados pelo transporte de argilas, silte, areia e cascalho grosseiro, em condições paleoclimáticas de maior capacidade de escavar vales e maior competência hidrossedimentológica. Disto originaram-se os chamados, localmente, baixos ou croas, podendo atingir entre 20 a 30 metros de profundidade. Tais pacotes de colmatagem têm tamanhos variados, com níveis de areia e cascalho desigualmente distribuídos, ocorrendo transversal ou longitudinalmente aos canais fluviais” (Cogerh, 2022, p.53).

Nessa região existem falhas e fraturas importantes para a circulação de fluidos e formação de depósitos minerais. Observa-se também a importância da Geologia no desenvolvimento sustentável da região, enfatizando a necessidade de um planejamento adequado para utilização dos recursos naturais e a mitigação de riscos geológicos, como deslizamentos de terras e erosão do solo (Figura 11).

Figura 11 - Mapa geológico simplificado da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.



Fonte: CPRM (2003), elaborado pela autora.

Com base no mapa do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2003) e nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a Geomorfologia da sub-bacia do Banabuiú encontra-se sobre superfícies de aplainamento, bastante dissecadas e por pequenos interflúvios tabulares. Os aspectos geomorfológicos evidenciam a atuação dinâmica dos fatores Geológicos, paleoclimáticos que correspondem às mudanças climáticas ocorridas no quaternário e morfodinâmicos que constitui o conjunto de processos interconectados responsáveis pela gênese do modelado, esses fatores ocorreram na área, ao longo de sua evolução geoambiental (CPRM, 2003).

Os processos morfogenéticos predominam devido às condições climáticas locais. Eles são os responsáveis por modelar as formas de relevo, representando a ação da dinâmica externa sobre as vertentes e produzindo diferentes formas de relevo, dentre esses processos estão os fatores externos, os processos erosivos, sedimentação entre outros (Penteado, 1983).

De acordo com a classificação de Ab'Saber (2003), o Domínio Morfoclimático da região é o Domínio da Caatinga caracterizado por Depressões Interplanálticas Semiáridas. Segundo Souza (2000) na região, predomina a unidade geomorfológica da Depressão Sertaneja, que corresponde a 70% do território do Ceará, os níveis altimétricos são inferiores

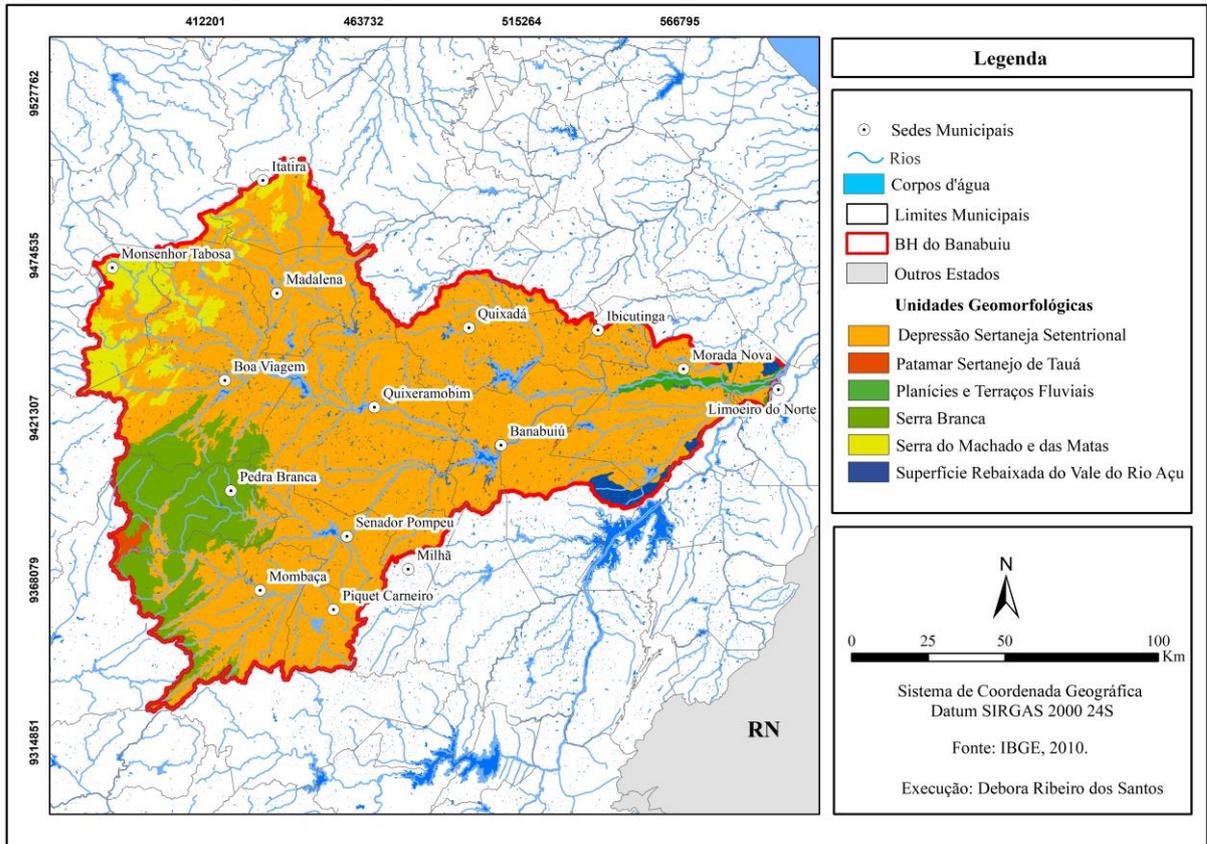
a 400 metros, caracterizada por um relevo plano ou levemente ondulado (Quadro 4) (Figura 12). É comum nessa área as cristas residuais que compreende a um conjunto de serras e pequenos serrotes que em sua maioria são rochas cristalinas como granito e gnaiss, típicas do embasamento cristalino do Nordeste Brasileiro. De acordo com Maia *et al.*, (2015). Essas serras e serrotes são resultado da erosão ao longo de milhares de anos que moldou a paisagem na região e possuem diferentes características, entre elas o formato arredondado e os níveis altimétricos que variam em torno de 450-500m (Figura 13).

Quadro 4 - Caracterização geomorfológica da sub-bacia do rio Banabuiú, CE.

Domínio Geomorfológico	Unidade Geomorfológica	Altimetria	Caracterização
Depressão sertaneja	Depressão sertaneja setentrional	Inferiores a 400 m	São áreas desenvolvidas em depressões interplanálticas, oriundas de aplanções modernas, de grandes extensões, exibem rasas colinas sujeitas a climas quentes semiáridos e a drenagens intermitentes e sazonais.
	Patamar sertanejo de Tauá	Entre 400 m e 500 m.	São áreas com aspecto de rampas degradadas eventualmente dissecadas, representa um degrau intermediário entre a Depressão Sertaneja e os topos dos Planaltos e Chapadas que o circundam.
	Planícies e terraços fluviais	89 a 725m	São áreas onde ocorre a predominância de processo de acumulação de sedimentos aluviais, depositados pela ação da rede de drenagem.
	Serra Branca	1.154 metros de altitude	São áreas com um amplo conjunto de serras, trata-se de um maciço residual resultantes dos processos erosivos diferenciais. Sendo o ponto mais alto do Estado do Ceará.
	Serra do Machado e das Matas	Entre 300m e 1.000m	São áreas com um conjunto de alinhamentos serranos e maciços cristalinos.
	Superfície rebaixada do vale do rio Açu	150 m	São áreas de acumulação de ambientes fluviais e depósitos sedimentares.

Fonte: CPRM (2014), elaborado pela autora (2024).

Figura 12 - Mapa geomorfológico da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.



Fonte: IBGE (2010), elaborado pela autora.

Figura 13 - Serra do Estêvão localizada no Distrito de Dom Maurício em Quixadá, CE.



Fonte: autora, 2024.

Na região destaca-se a concentração de inselbergs, picos rochosos que podem ser isolados ou agrupados, eles surgem nas Depressões Sertanejas, sobretudo em áreas de intrusões graníticas exumadas pela erosão diferencial. Essas formações são grandes elevações rochosas isoladas que são o resultado de diferentes processos geológicos de erosão. Embora as rochas circundantes sofram erosão com o tempo, as rochas resistentes que constituem os inselbergs permanecem resultando nessas alturas (Maia *et al.*, 2015). Regionalmente são chamados de Monólitos e representam residuais erosivos que pontilham as paisagens sertanejas, destacando-se no contexto aplainado das superfícies de pedimentação. São heranças da erosão diferencial, com resultantes das rochas com minerais mais homogêneos e mais resistente; eventualmente há evidências de tectonismo que contribuíram para formação de cristas. Os inselbergs são espécies de “monte ilha” que se apresentam na paisagem como relevos residuais ou formas isoladas sobre pediplanos, essas estruturas apresentam formas dissecadas e topos convexos, produzindo morros e pequenos agrupamentos de serras desnudas ou semidesnudas isoladas e dispersas. Em sua composição há lentes de quartizitos resistentes, litotipos graníticos homogêneos, espaçadamente fraturados e migmatíticos, metamorfizados. No Brasil Os campos de inselbergs de Quixadá e Quixeramobim estão entre os principais agrupamentos desse tipo (Cogerh, 2022) (Figura 14).

Figura 14 - *Inselberg* Pedra da Galinha Choca em Quixadá, CE.



Fonte: autora, 2024.

A região também é caracterizada pela presença de lajedos, formações rochosas que se destacam na paisagem. Lajedos são grandes áreas de rocha exposta, comumente formadas por processos de intemperismo e erosão. Esses afloramentos rochosos são comuns em áreas onde a camada de solo é fina ou ausente, permitindo que grandes placas de rocha fiquem visíveis na superfície. A população rural utiliza essas áreas para a construção de tanques de pedra (Figura 15), uma prática tradicional que permite captar e armazenar água da chuva. Esses tanques são essenciais para sobrevivência em períodos de seca, garantindo o abastecimento de água para consumo, dessedentação dos animais e agricultura em áreas onde os aquíferos cristalinos são limitados.

Figura 15 – Tanque de Pedra e Marmitas em lajedado em comunidade rural de Quixeramobim, CE



Fonte: autora, 2023.

Devido as características únicas da geologia e geomorfologia da área que apresentam uma diversidade de Geossítios que resguardam riquezas de Patrimônios Geológicos e geomorfológicos diferenciados, existe até proposta para constituição de um Geoparque na Região: o Geoparque Sertão Monumental. Seria o segundo do Ceará, terceiro do Nordeste e

quarto do Brasil. Há, ainda, descobertas crescentes de excepcional patrimônio paleontológico e arqueológico na região, com fósseis e registros de megafauna destacáveis na história geológica do planeta (Cogerh, 2022).

Vale ressaltar que a construção de um Geoparque além de promover a conservação e valorização do Patrimônio Geológico, ele promove o turismo sustentável e atrai visitantes interessados na diversidade geográfica e cultural da região. Isto ajudará o desenvolvimento econômico e criará empregos e estimulará o estabelecimento de infraestruturas turísticas. Além disso, o Geoparque promove a educação e sensibilização ambiental e envolve as comunidades locais na conservação e utilização responsável dos recursos naturais e culturais da região.

3.1.3 Solos e Vegetação

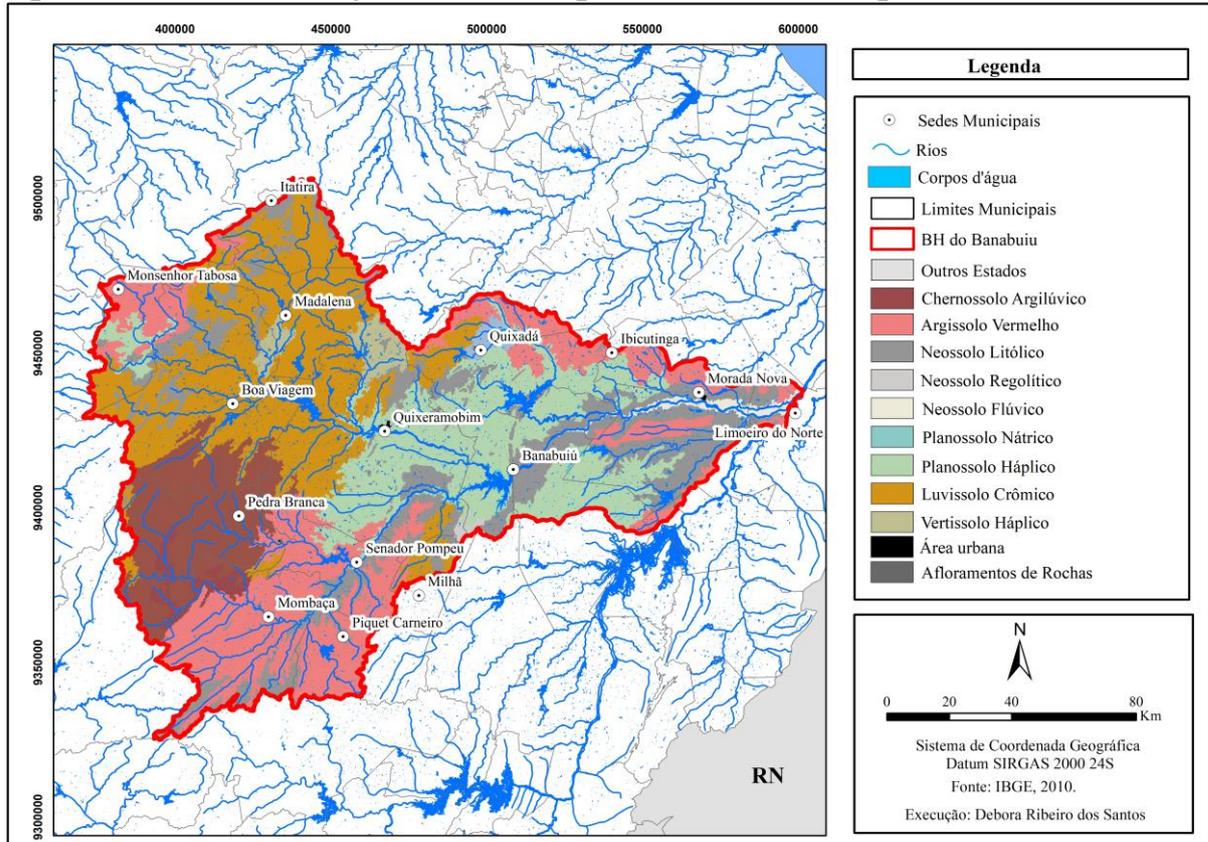
Os solos nas áreas da sub-bacia possuem limitações moderadas a severas no uso agrícola devido à sua condição física. Eles geralmente são rasos e pedregosos que dificultam o armazenamento de água exigindo assim medidas de gestão e conservação para garantir boa produtividade e sustentabilidade (Quadro 5; Figura 16). Embora ricos em minerais, a baixa quantidade de matéria orgânica nos solos encontrados, limita a sua fertilidade em nutrientes. Os tipos de solo mais comuns são: Argissolo, Chernossolo, Luvisolo, Neossolo, Planossolo e Vertissolo (Santos, 2021; Brandão e Freitas, 2014).

Quadro 5 - Caracterização dos Solos na área de estudo.

Ordem de solo	Características Principais
Argissolos	São solos bem evoluídos constituídos por material mineral, com acumulação de argilas em subsuperficial (B textural).
Chernossolos	São solos com desenvolvimento médio; originados de rochas ricas em cálcio e magnésio. Possui argilas com atividade, acumulação de matéria orgânica e com saturação por bases.
Luvisolos	São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta e, naturalmente, férteis.
Neossolos	São solos pouco evoluídos constituídos por material mineral ou por material orgânico, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Predominam as características herdadas do material original.
Planossolos	São solos com forte perda de argila na parte superficial e concentração intensa de argila no horizonte subsuperficial.
Vertissolos	São solos com desenvolvimento restrito. Possui alta proporção de argilas 2:1 expansivas.

Fonte: EMBRAPA (2024), adaptado pela autora.

Figura 16- Unidades de mapeamento Pedológico da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.



Fonte: IBGE (2010), elaborado pela autora.

A vegetação é resultante de outros componentes geoambientais, como o clima, os solos, as rochas, o relevo e recursos hídricos, que influenciam a morfogênese/pedogênese e constituem a melhor resposta da combinação entre esses componentes do Potencial Ecológico. No Ceará, há um predomínio das formações de caatingas, que exibem variados padrões fisionômicos e florísticos. As áreas de exceção por sua vez, estão circunscritas aos enclaves úmidos e às matas ciliares que revestem as planícies fluviais.

A caatinga é a vegetação típica da Depressão Sertaneja, caracterizada por ser decídua, espinhosa e adaptada ao clima semiárido. Durante grande parte do ano, as plantas não possuem água disponível para seu crescimento. Por isso, a maioria das árvores e arbustos evita o estresse hídrico descartando as folhas durante a estação seca (Silva, 2022) (Figura 17).

Na área da sub-bacia a vegetação encontrada inclui espécies vegetais adaptadas ao ambiente semiárido (seco e quente). A vegetação local é a Savana Estépica (Arborizada e Florestada). A savana estépica arborizada caracteriza-se pela presença de árvores espaçadas que permitem que a luz solar chegue ao solo, favorecendo o crescimento de gramíneas e outras plantas herbáceas, as espécies vegetais que a compõem costumam apresentar adaptações específicas, como pequenas folhas para minimizar a perda de água e raízes

profundas para acessar a água nos lençóis freáticos.

No caso da savana estépica florestada esta possui maior densidade de árvores, mas também mantém as características de savana com presença de espaços abertos e áreas gramadas. As árvores nestas áreas são geralmente tolerantes à seca e possuem mecanismos para conservar água e nutrientes durante os períodos de seca (Loiola *et al.*, 2012) (Figura 18).

Em toda a área há ocorrência de atividades associadas as atividades agrícolas nomeadamente: agricultura, pecuária e silvicultura. Conseqüentemente, o uso intensivo dessas áreas promove a degradação desses ambientes biofísicos, que, devido à erosão e à perda de solo, impedem a regeneração da vegetação. Porém, nas áreas de pousio é possível observar a densa camada de arbustos.

Existem também diferentes formas de uso e ocupação do solo. O uso humano da terra é multifacetado e abrange uma ampla gama de atividades produtivas, seja no uso direto, onde os recursos naturais são utilizados para geração de renda, como na agricultura, ou no uso indireto, como na formação de centros urbanos. Na agricultura, por exemplo, a terra é cultivada para produzir alimentos, fibras e outros produtos essenciais, enquanto a pecuária e outras formas de pecuária fazem do uso da terra um elemento essencial da economia e da economia local.

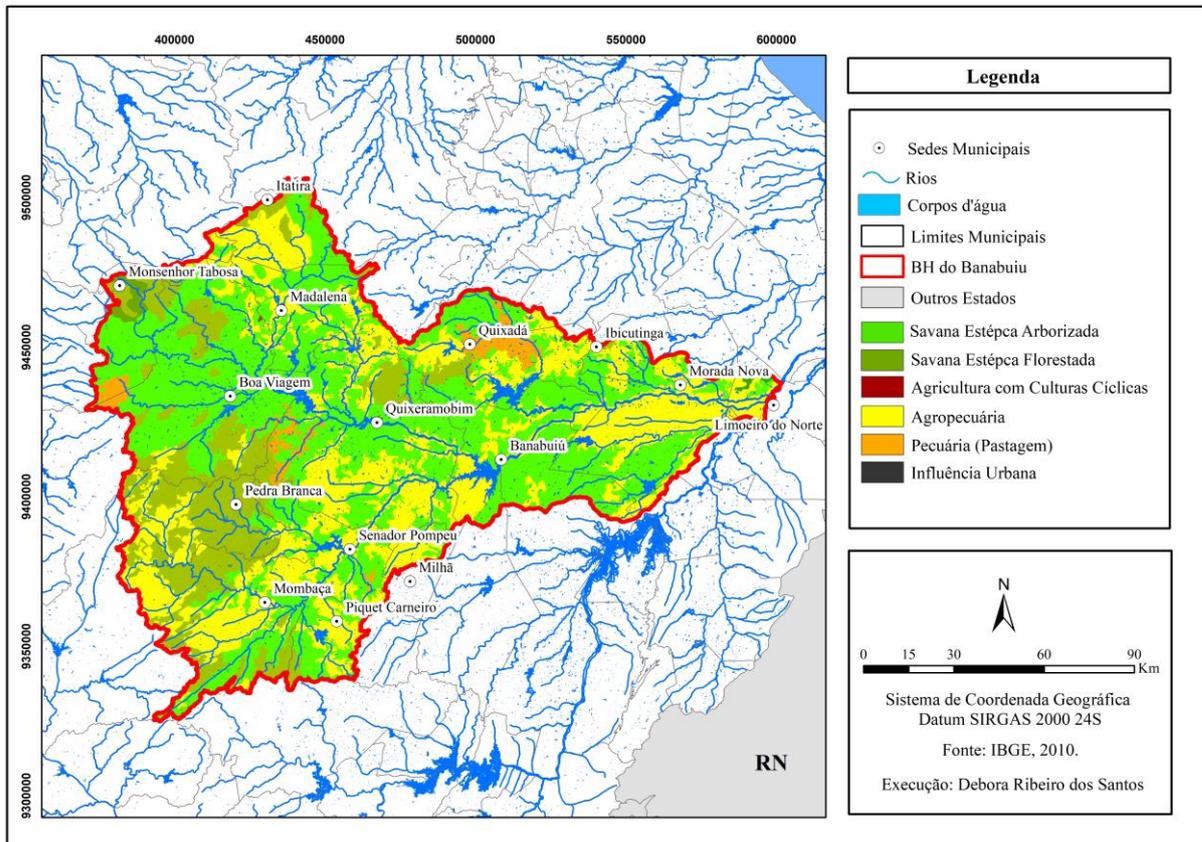
Os centros urbanos, com sua infraestrutura e construção, representam o uso indireto do território, transformando paisagens naturais em ambientes construídos, atendendo às necessidades residenciais, comerciais e industriais da população. Além disso, a diversificação do uso dos solos contribui para desafios ambientais, como a degradação dos solos e a perda de biodiversidade, ao mesmo tempo que impulsionam o desenvolvimento económico e social.

Figura 17 - Vegetação da caatinga durante o período seco no município de Quixeramobim, CE



Fonte: autora, 2023.

Figura 18 - Mapa das classes de vegetação, uso e cobertura da Terra da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.



Fonte: IBGE (2010), elaborado pela autora.

3.2 Breve histórico de ocupação e alternativas de convivência com o Semiárido

O processo de ocupação da Região Nordeste e do estado do Ceará desempenha um papel importante na compreensão das transformações das paisagens naturais, ou seja, nas mudanças impostas pelo homem em busca de produtividade em cada período histórico. A pecuária exerceu um papel central nesse processo, influenciando não apenas a formação e configuração do território cearense, mas também de toda a região Nordeste. Sua expansão se fortaleceu devido à necessidade dos engenhos de cana-de-açúcar, que demandavam o trabalho desses animais para suas atividades produtivas (Costa, 2017).

Segundo Manuel Correia de Andrade (1999), a pecuária foi a primeira forma de ocupação do espaço semiárido no período colonial. A criação de gado no sistema de pecuária extensiva exigia vastas áreas de terras, o que levou à formação de grandes propriedades rurais, chamadas de latifúndios. Esses latifúndios se tornaram a base produtiva e econômica da região, consolidando o poder dos barões e coronéis. Este processo de apropriação territorial baseou-se na expulsão dos povos indígenas que originalmente habitavam essas terras, resultando em um significativo impacto social e cultural para essas comunidades. A pecuária, portanto, não foi apenas uma atividade econômica, mas também um fator crucial na reconfiguração do espaço e das relações de poder no semiárido nordestino.

Desse modo, podemos entender que a malha urbana da região Nordeste se desenvolveu a partir das atividades agrícolas e pecuárias que organizaram o sistema de cidades, como relatado por Silva (2011).

No Nordeste, o urbano resultou mais do peso da agricultura e da pecuária na organização do espaço. O sistema de cidades decorrente da lavoura canavieira e interiorização das fazendas de gado recebeu grande impulso com o advento da cultura do algodão na segunda metade do século passado. Engenhos e fazendas deram origem às cidades localizadas às margens e fozes dos rios, pontuando o litoral com pequenos núcleos (SILVA, 2011, p.9).

A criação de gado foi inicialmente uma atividade secundária à cana-de-açúcar na zona da mata, com engenhos movidos por tração animal. Isso exigia muitos bois e cavalos para transporte. O cultivo da cana-de-açúcar na zona da mata levou ao surgimento de um sistema de cidades que se estendia do sul do Rio Grande do Norte até o nordeste da Bahia, em áreas de alta pluviosidade e solos profundos. Por outro lado, o algodão possibilitou a expansão urbana no sertão. A produção histórica do espaço cearense no Séc. XVIII está atrelada à agropecuária, que facilitou a colonização do sertão, e ao plantio de algodão que teve um grande impacto na economia regional.

A história da pecuária cearense começa no século XVII com a concessão de sesmarias nos vales dos principais rios. Efetua-se, assim, a interiorização e a apropriação de terras ocupadas até então pelos indígenas. As nações indígenas que ocupavam praticamente todo o atual território do Ceará foram duramente castigados pelos colonizadores, donos de currais de gado e parceiros, que os empurravam para o interior quando não conseguiam escravizá-los ou exterminá-los (Souza, 2005, p.15).

Assim, essa visão colonialista não respeitou o modo de viver e a relação que os indígenas mantinham com a terra. Isso resultou em profundas transformações nas paisagens e nos estilos de vida dos povos tradicionais, conduzindo à degradação ambiental e à perda dos recursos naturais que não reconhece o valor do conhecimento e das práticas sustentáveis desenvolvidas pelos povos originários.

A partir de meados do século XVIII, o algodão passou a ser fundamental na economia nordestina, substituindo a produção de açúcar estagnada, devido à baixa produtividade da cana "crioula" e dos engenhos movidos a tração animal (Costa, 2017; Andrade, 2011; Silva, 2011).

No estado do Ceará o processo de povoamento, inserido no contexto da Colonização Portuguesa, foi mais tardio em comparação com outros estados do Nordeste (Olimpio; Costa; Zanella, 2015; Souza, 2005). No final do século XVIII grande parte do território cearense estava ocupado. Os vales dos grandes rios foram áreas mais valorizados devido às melhores condições em relação às terras secas do sertão, os vales do Jaguaribe e Banabuiú foram exemplos desse processo (Costa, 2017; Souza, 2005).

As regiões do vale do baixo, médio e alto Jaguaribe, incluindo as áreas dos afluentes do rio Jaguaribe, ou sejam o vale do rio Banabuiú (região de Quixeramobim), o vale do rio Salgado (região de Icó) e o sertão dos Inhamuns (região de Tauá). Destaca-se também a ocupação, pelos criadores de gado, das áreas dos vales do rio Acaraú e do rio Coreaú no norte do Ceará (Souza, 2005, p.16).

Esse padrão de ocupação também influenciou o desenvolvimento das cidades no interior e a utilização dos portos na zona litorânea para o transporte de mercadorias. No final do século XX, houve um processo de valorização das zonas costeiras. O longo domínio da pecuária e do algodão na economia regional levou à degradação de recursos naturais do interior, como a cobertura vegetal e a camada superficial do solo (Dantas, 2003).

Durante o século XVIII, o povoamento do Ceará se intensifica-se, especialmente nos vales dos rios Jaguaribe, Acaraú e Coreaú. No final do século, a maior parte dos sertões cearenses, incluindo os vales do alto Jaguaribe e dos rios Banabuiú e Salgado, já se

encontrava ocupada (Souza, 2005). As primeiras fazendas de gado deram origem a diversos povoados, geralmente localizados às margens dos rios pela facilidade de acesso à água e solos férteis para agricultura de subsistência. Nas terras doadas pelos fazendeiros, construíam-se capelas, e no entorno delas surgiam comunidades que cresciam até se tornarem centros comerciais até atingirem a condição de cidade. Esses núcleos urbanos concentravam atividades comerciais, administrativas, militares, religiosas, e de coleta e beneficiamento de produtos agrícolas, além de servirem como pontos de encontro da população (Olímpio; Costa; Zanella, 2015; Souza, 2005).

A fundação das primeiras vilas e cidades no Ceará tinha por objetivo implantar atividades administrativas, militar e religiosa, antes de atingir o nível de um centro de convergência da produção regional. A criação de gado deu origem a muitos povoados, vilas e, depois, a cidades. As primeiras vilas localizavam-se nas perto das margens dos rios, facilitando a obtenção da água e o aproveitamento dos solos mais férteis para as culturas de subsistência (Souza, 2005). Até o fim do século XVIII apenas doze vilas tinham sido instaladas no Ceará: Aquiraz (1713); Fortaleza (1726); Icó (1738); Aracati (1748); Caucaia (1759); Viçosa do Ceará (1759); Crato (1764); Baturité (1764); Sobral (1773); Granja (1776); Quixeramobim (1789) e Guaraciaba do Norte (1796).

As aldeias indígenas, organizadas pelos Padres jesuítas no processo de catequese, foram responsáveis por criar os primeiros assentamentos urbanos. Esses centros, se transformados em locais onde a população se reunia em torno de uma igreja e tornaram-se pequenos centros comerciais e depois cidades. Essas vilas e cidades surgiram também dos pontos de encontro ou paradas dos pastores de gado, chamados "tangerinos", ou das passagens ou caminhos dos rios.

Assim, aos poucos as terras tangerinas foram se transformando em fazendas, atraindo novas pessoas e atividades comerciais, criando cidades e vilas. Muitas cidades cearenses surgiram dessas fazendas e pontos de passagem dos caminhos do gado. A expansão das atividades comerciais e o desenvolvimento das organizações religiosas foram de fundamental importância para o desenvolvimento dos assentamentos urbanos. Na realidade, os primeiros centros urbanos foram quase sempre locais de comércio e ponto de encontro de festividades religiosas (Souza, 2005). Em síntese, podemos dizer que, no processo de crescimento dos centros urbanos no Ceará, o desenvolvimento da agricultura comercial foi fundamental, assim como a criação de vias de comunicação: a ferrovia a partir de 1800 e durante a primeira metade do século XIX, e as rodovias, a partir da década de 1950. As vias de comunicação facilitaram os contatos entre as regiões, favorecendo o escoamento da produção agrícola e

também intensificando as migrações rurais-urbanas (Souza, 2005). A tabela abaixo apresenta uma síntese de um breve histórico dos municípios que fazem parte da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, destacando os principais eventos e marcos históricos que contribuíram para o desenvolvimento e a formação dessas localidades ao longo dos anos.

Quadro 6 – Síntese histórica dos municípios inseridos na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.

Municípios	Síntese Histórica
Banabuiú (CE)	O local onde foi instalado a sede do município, nunca tinha sido a sede do distrito de Banabuiú, era conhecido como Acampamento do Banabuiú, que logo transformou-se em Povoado. O seu desenvolvimento surgiu junto com a construção do Açude Arrojado Lisboa, iniciada pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, em 1958 e inaugurado em 22-04-1966.
Boa Viagem (CE)	Aos 26 de junho de 1743, o capitão-mor João de Teve Barreto de Menezes, antigo governador do Ceará Grande, concede três léguas de terra a Antônio Domingos Alvarez, situadas nas ribeiras do riacho Cavalão Morto, que desagua no famoso rio Quixeramobim. A concessão desta sesmaria está registrada devidamente no livro 14 Datas de Sesmarias, à página 131. É, pois nesta data que principiou o povoamento dos vastos sertões de Boa Viagem, região que se prestava admiravelmente para o pastoreio e cultivo da terra.
Ibicuitinga (CE)	Em 1866 através de um terreno doado pelo Sr. Samuel Ferreira Nobre, e sobre os auspícios de Nossa Senhora dos Remédios, foi erguida uma capela a qual deu origem as primeiras casas do povoado principal. Segundo populares, no início do século, somavam-se apenas 12 casas feitas de tijolos e 05 cinco de barro (TAIPA), mais sem nenhuma estrutura urbana.
Itatira (CE)	Com a morte do proprietário e a retirada dos habitantes por ocasião do terrível seca que devastou os sertões do Ceará em 1825, a povoação e a capelinha foram abandonadas. Posteriormente, outros moradores sucederam aqueles, fundando novas situações na serra do Machado, surgindo, por isso, com o crescimento da população sempre e sempre aumentada com a vinda de agricultores atraídos pela fereza das abas serranas, o povoado de Belém, onde Antônio Alves Guerra mandou edificar uma capelinha dedicada ao Menino Deus, a qual, concluída em 1870, foi inaugurada e benta a 23 de dezembro do mesmo ano pelo padre Manuel Carlos da Silva Peixoto, professor do Seminário de Fortaleza
Limoeiro do Norte (CE)	O povoamento de Limoeiro do Norte teve início em 1687, com a vinda do sargento-mor João de Souza Vasconcelos, do Sertão do São Francisco para a ribeira do Jaguaribe, onde, depois de constantes lutas com os índios paiaçus, se estabeleceu no sítio São João das Vargens, que em breve se tornou desenvolvido arraial. Iniciada a construção, em terras de Bonifácio José Carneiro e Joaquim da Costa Barros, adquiridas do Padre Vicente e seus irmãos, a capela foi concluída e benta no dia 9 de dezembro de 1845.
Madalena (CE)	A cidade foi originada de uma doação feita pelo Senhor Antônio Costa Vieira, que veio de Mombaça trazido pelo Senhor Major João Bernardo no ano de 1840. Anos depois as terras foram herdadas pelo Senhor Augusto Vieira onde edificou a primeira casa, construiu a primeira escola e fez doação para construção da primeira igreja que tem como padroeira Nossa Senhora da Imaculada Conceição Tempos depois Salvino de Pinho, um comerciante que muito trabalhou por Madalena, construiu várias casas e doou terreno para a construção da casa paroquial e Igreja Matriz.
Milhã (CE)	Suas origens são recentes, como distrito desmembrado de Solonópole e situado à margem direita do rio denominado Capitão- Mor. A povoação, formada por pequenos agricultores, comerciantes e criadores de espécies diversas, data de início do Século. Origem do Topônimo: Milhã é um nome de uma gramínea existente na região.

Continua

Municípios	Síntese Histórica
Mombaça (CE)	O município de Maria Pereira, fica situado no sertão chamado Mombaça no centro do Estado. Em 1731 Maria Pereira da Silva, João de Barros Braga e Serafim Dias, requereu a sesmaria de 3 léguas de terra à margem do Rio Banabuiú que lhe foi concedida. O segundo nunca andou aqui, mas os seus dois companheiros vieram criar os seus gados nestes sertões. O sítio de Maria Pereira prosperou, foi aos poucos se povoando e já em 1831 era criada a freguesia de Nossa Senhora da Glória de Maria Pereira, nome da possuidora do primitivo sítio.
Mombaça (CE)	O município de Maria Pereira, fica situado no sertão chamado Mombaça no centro do Estado. Em 1731 Maria Pereira da Silva, João de Barros Braga e Serafim Dias, requereu a sesmaria de 3 léguas de terra à margem do Rio Banabuiú que lhe foi concedida. O segundo nunca andou aqui, mas os seus dois companheiros vieram criar os seus gados nestes sertões. O sítio de Maria Pereira prosperou, foi aos poucos se povoando e já em 1831 era criada a freguesia de Nossa Senhora da Glória de Maria Pereira, nome da possuidora do primitivo sítio.
Monsenhor Tabosa (CE)	É o município a antiga Fazenda Forquilha, de propriedade dos pretos Teles. Há notícia, entretanto, de que o primeiro habitante a chegar a estas terras, das quais se apossou, foi Teodoro de Melo, com os seus escravos. Tempos depois vendeu das léguas dessas terras a Veríssimo Gomes e Inácio Gomes que aí se estabeleceram e doaram, posteriormente, 100 braças delas para constituição do patrimônio da Capela de São Sebastião, santo de sua devoção, a qual foi edificada, em 1868, pelo Padre José Antônio de Carvalho.
Morada Nova (CE)	Morada Nova teve seu início pela instalação de duas fazendas à margem esquerda do Rio Banabuiú, pertencentes aos irmãos Alferes José de Fontes de Almeida e Capitão Dionísio Matos de Fontes, que ali se instalaram, remanescentes das plagas pernambucanas.
Pedra Branca (CE)	Com território desmembrado de Maria Pereira, atualmente Mombaça, foi criado o município com sede na povoação de Pedra Branca, elevado à categoria de vila pela lei nº 1.407, de 9 de agosto de 1871. Por força do decreto nº 448, de 20 de dezembro de 1938 a vila de Pedra Branca passou a cidade. O local, onde se formou a cidade, chamou-se primitivamente, Tabuleiro da Peruca. Porque houvesse aí uma pedra muito alva, grande e de pouca altura, ficou sendo um ponto de referência para a reunião dos vaqueiros que por aí campeavam.
Piquet Carneiro (CE)	Primitivamente o povoado teve o nome de Jirau, espécie de estiva ou leito de varas elevado do solo sobre forquilhas e destinado a guardar louças, panelas, pratos e etc. Palavra do tupi, corruptela de Jirab - o que é para colher a comida. A denominação Piquet Carneiro foi adotada em honra do Engenheiro Bernardo do Piquet Carneiro, que dirigiu a Rede de Viação Cearense.
Quixadá (CE)	As primeiras sesmarias marginais do Sitiá, rio eminentemente quixadaense, foram concedidas, a partir de 1698, a elementos oriundos das vizinhas capitânicas do Rio Grande, Paraíba e Pernambuco, de onde trouxeram suas sementes de gado. Em razão, porém, da resistência do íncola e de outras dificuldades, várias das primitivas concessões caíram em comisso, dando lugar a novas datas, ao iniciarse no século XVIII. Efetivamente, a ocupação das terras só teve início em 1705, quando Manoel Gomes de Oliveira, André Moreira Barros e outros nelas conseguiram penetrar, vencida a hostilidade indígena.
Quixeramobim (CE)	No começo do século XXVIII, o capitão-mor Francisco Gil Ribeiro, governador da Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, concedeu as primeiras sesmarias às margens do rio Ibu, nome pelo qual era conhecido dos indígenas o atual rio Quixeramobim. O vocábulo Quixeramobim adveio de uma serra localizada ao norte da cidade e atualmente tem a denominação de Santa Maria.
Senador Pompeu (CE)	As terras hoje compreendidas no município de Senador Pompeu principiaram a ser povoadas quando da concessão de datas e sesmarias aos desbravadores, pioneiros do Ceará-Grande que levantaram casas de fazenda e dominaram os nativos. Nos séculos dezessete e dezoito inúmeras foram as concessões de terras das margens dos rios Banabuiú e Codiá, feitas pelos capitães-mores.

Fonte: IBGE, 2017.

Muitas soluções estruturais foram propostas para o enfrentamento das secas, incluindo projetos de conservação de água e de transposição de bacias hidrográficas. As melhorias nas infraestruturas hídricas ajudaram a aumentar a resiliência da região à seca. No entanto, estas soluções estruturais são insuficientes nos períodos plurianuais de precipitação abaixo da média. Como a maioria dos países do mundo, o Brasil vem abordando a gestão de secas plurianuais que ocorrem ao longo de várias décadas através de uma série de atividades de socorro e resposta a emergências (Nys; Engle; Magalhães, 2016).

As ações implementadas para mitigar as perdas económicas e sociais das secas incluem linhas de crédito de emergência, renegociação de dívidas agrícolas, expansão de programas de apoio social e distribuição de emergência de água potável às comunidades rurais através de carros-pipa, também outras ações, como o Bolsa Estiagem e o Garantia-Safra. Estas medidas de emergência, juntamente com o Bolsa Família - de carácter permanente deu assistência vital aos agricultores familiares. Além das medidas de emergência, a resposta de políticas com ações de infraestruturas mais estruturais, incluindo a perfuração de poços, a construção de barragens e o fornecimento de equipamento (Nys; Engle; Magalhães, Op Cit).

A compreensão da seca como fenómeno meteorológico característico da região semiárida do Nordeste brasileiro desenvolveu-se ao longo dos séculos através de momentos de negação, aceitação, luta e em última instância, de convivência. Devido aos acontecimentos catastróficos da seca, ela é reconhecida como um problema Nacional a ser combatido (Neves, 2000). O aumento do financiamento para o trabalho de socorro à seca, as organizações de ajuda humanitária e a dramatização da distribuição de alimentos contribuíram para a formalização da indústria da seca. Esses autores ainda relatam que nesse período “a seca catastrófica se apresentava como instrumento político, de uma política distorcida de princípios que tomava proveito da fragilidade social, potencializada pela seca, para interesses eleitores.” (Nunes, Medeiros, 2020, p.5).

Baptista e Campos (2013) corroboram com esta argumentação ao expressar que a política era “combater a seca” e os esforços de socorro matariam a maior parte dos pobres. As estratégias utilizadas levaram a uma grave concentração de terra, água, saber, poder e ao aumento da fome e da miséria na região. Josué de Castro (1967), também critica também a gestão dos fundos destinados a ajudar as pessoas afetadas pela seca, afirmando que a organização responsável pela distribuição destes recursos se desviou dos seus objetivos.

“Mais grave ainda que a miopia técnica fora a mistificação política em que caíra este organismo ao qual competia, também, a distribuição e aplicação das polpudas verbas

para ajuda aos flagelados das secas. Nenhum outro organismo técnico fora tão desvirtuado em seus objetivos do que este que canalizava para os bolsos dos senhores de terras e dos seus apaziguados quase todos os recursos que deviam ser destinados a alimentar, a educar, a ajudar a viver os camponeses da região” (p. 194).

Contudo, nos últimos anos a perspectiva mudou para uma perspectiva de Convivência com o semiárido, reconhecendo a impossibilidade de erradicar a seca e procurando estratégias de desenvolvimento sustentável.

[...] com a intervenção de diversos atores, governamentais e não governamentais, vem sendo gerada outra concepção de ver, trabalhar e construir o Semiárido, baseada na compreensão: que seu povo é cidadão; que seca não se combate; que é possível conviver com a semiaridez; que a região é viável; que uma sociedade justa se constrói baseada em equidade de gênero, tendo as mulheres como protagonistas de seus destinos; e que é essencial o desenvolvimento de um processo de educação para a convivência com o Semiárido que valorize o conhecimento construído pelo seu povo. Nasce, assim, a perspectiva da “convivência com o Semiárido” (Baptista; Campos, 2013, p. 52).

Assim, conviver com o semiárido significa viver, produzir e desenvolver-se com uma mentalidade que busca a partilha, a justiça, a equidade e a proteção ambiental. Não se trata apenas de utilizar tecnologias diferentes caras ou baratas, mas adotar uma abordagem de desenvolvimento que reconheça o potencial da região, as fragilidades e risco do meio biofísico, para que haja uma relação respeitosa e desse modo, criar políticas públicas adequadas.

Nesta perspectiva Conti e Pontel (2013) enfatizam que a convivência representa uma mudança na compreensão da complexidade da região e a oportunidade de resgatar e criar uma relação harmônica entre as pessoas e a natureza com o objetivo de melhorar a qualidade de vida das famílias rurais. Este novo pensamento elimina a “contradição” associada às condições ambientais, permitindo que o semiárido seja visto com características, limitações e pontos fortes próprios.

Os autores ainda pontuam práticas e processos que podem explicitar sinais e concretizar alternativas de convivência com o Semiárido a destacar:

- Realizar uma reforma agrária ampla, adequada à realidade do Semiárido e dinamizadora das condições de produção de alimentos no semiárido, garantindo a segurança alimentar e nutricional;
- Adotar plantios que sejam resistentes e vivam com pouca água (palma, mandacaru, umbu, cajá e outras árvores nativas do semiárido, muitas das quais presentes na caatinga);
- Criar animais que sejam adequados a este clima (bodes, carneiros, galinhas caipiras e outros animais nativos do semiárido);

- Desenvolver e utilizar tecnologias que possibilitem ao povo a captação de água das chuvas, ao invés de deixar que ela se desperdice (cisternas de consumo humano, cisternas de produção, barragens subterrâneas, tanques de pedra, poços artesianos onde eles são possíveis, bombas populares poços rasos, aguadas para os animais, pequenas barragens);
- Desenvolver experiências de créditos comunitários e oficiais que tornem possíveis estes tipos de ações e estratégias;
- Desenvolver nas escolas um processo sistemático de educação contextualizada e de convivência com o Semiárido, para que as crianças e adolescentes aprendam a querer bem o semiárido e viver bem nesse espaço geográfico e social, com diversas alternativas;
- Evitar obras faraônicas, a exemplo da transposição do rio São Francisco, que concentra a água e riqueza em mãos de poucas pessoas, ao invés de partilhá-la;
- Criar uma política de partilha da água, de forma que todas as pessoas do Semiárido tenham acesso à água necessária para viver e para produzir;
- Educar todas as pessoas para a conservação do solo, da caatinga, das águas, da biodiversidade e da vida no Semiárido;
- Assegurar políticas de assistência técnica agroecológica e de convivência com o Semiárido aos agricultores e agricultoras familiares;
- Organizar o processo produtivo dentro de perspectivas, princípios e metodologias agroecológicas, tendo as pessoas no centro, com sua soberania e segurança alimentar e nutricional (Baptista; Campos, 2013, p. 53).

Essas considerações mostram a importância de colocar as pessoas no centro do desenvolvimento da região de semiárida, em termos de equidade, justiça e equilíbrio com o meio biofísico. Desse modo, são necessárias abordagens alternativas a estes recursos para satisfazer as necessidades de todos e proporcionar meios de subsistência na região.

Para Conti e Pontel (2013) a convivência representa uma mudança na compreensão da complexidade da região e a oportunidade de resgatar e criar uma relação harmônica entre as pessoas e a natureza com o objetivo de melhorar a qualidade de vida das famílias rurais. Este novo pensamento elimina a “contradição” associada às condições ambientais, permitindo que o semiárido seja visto com características, limitações e pontos fortes próprios.

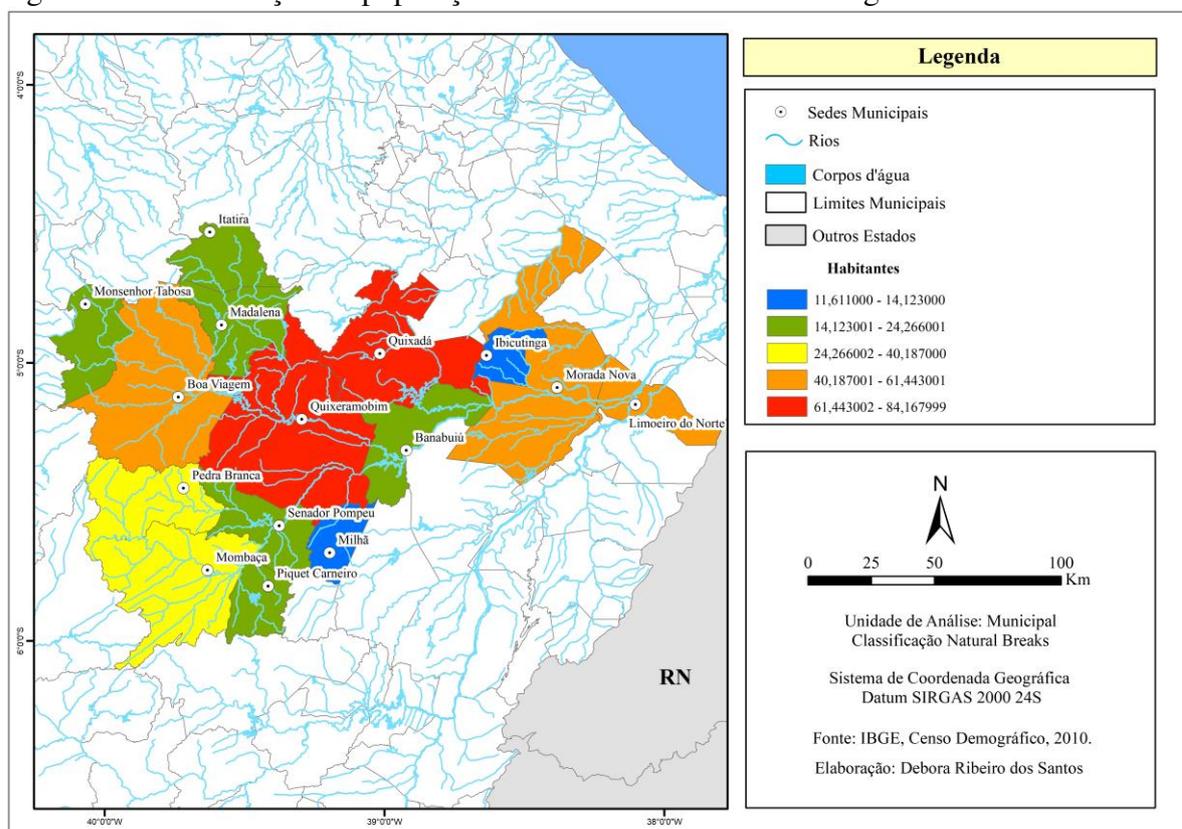
3.3 Caracterização Sociodemográfica da população

3.3.1 População e Demografia

De acordo com os dados do censo demográfico do ano de 2022 (IBGE, 2022), a população residente na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú apresentava um contingente populacional na faixa dos 553.961 indivíduos, desses observa-se uma concentração maior de habitantes nos municípios de Quixadá com 84.168 e Quixeramobim com 82.177, esses

municípios são considerados centros urbanos importantes na região, não apenas devido ao seu número significativo de habitantes, mas também pela sua importância econômica, social e cultural que desempenham. O município de Quixadá é conhecido por suas formações rochosas e atrativos turísticos, enquanto Quixeramobim é conhecida por suas atividades agrícolas e agropecuárias. A infraestrutura urbana desenvolvida e a oferta de serviços nesses municípios atraem e mantêm uma grande população, reforçando seu papel como polos de desenvolvimento na região (Ceará 2009). Em contrapartida, Ibicuitinga com 11.611 e Milhã com 14.123 apresentam menor número populacional (Figura 19).

Figura 19 – Distribuição da população residente na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú.



Fonte: IBGE (2022), elaborado pela autora.

Na análise comparativa dos dados demográficos do ano de 2010 e 2022 dos municípios situados na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú mostra diferentes dinâmicas de crescimento e declínio populacional, determinadas pelo último censo demográfico de 2022. Os municípios de Quixeramobim (12%), Limoeiro do Norte (7,94%), Milhã (7,56%), Piquet Carneiro (7,41%), Itatira (4,65%), Quixadá (4,41%), Ibicuitinga (2,43%) e Monsenhor Tabosa (2,36%) apresentaram crescimento populacional significativo (Tabela 3).

Diversos fatores podem explicar esse crescimento populacional. Em primeiro lugar, o desenvolvimento econômico local pode estar desempenhando um papel crucial. Municípios

como Quixeramobim, que registrou um aumento expressivo de 12%, provavelmente estão experimentando um forte crescimento econômico, atraindo pessoas em busca de melhores oportunidades de emprego e condições de vida. Além disso, os investimentos em infraestrutura, como estradas, serviços de saúde e educação, tornam esses municípios mais atraentes para novos residentes.

Tabela 3 – Municípios com aumento populacional

Aumento Populacional				
	Municípios	População 2010	População 2022	%
1	Quixeramobim	71.887	82.177	12%
2	Limoeiro do Norte	56.264	59.560	7,94%
3	Milhã	13.086	14.123	7,56%
4	Piquet Carneiro	15.467	16.616	7,41%
5	Itatira	18.894	20.424	4,65%
6	Quixadá	80.604	84.168	4,41%
7	Ibicuitinga	11.335	11.611	2,43%
8	Monsenhor Tabosa	16.705	17.149	2,36%

Fonte: elaborado pela autora, IGBE (2022, 2010).

Por outro lado, os municípios de Mombaça (-10,95%), Madalena (-4,71%), Senador Pompeu (-4,28%), Pedra Branca (-4,16%) Boa Viagem (-3,83%), Morada Nova (-1,32%) e Banabuiú (-0,62%) apresentaram uma diminuição na população. (Tabela 4). A diminuição da população nesses municípios se dá por uma série de fatores. A falta de oportunidades econômicas é um dos principais motivos. Municípios como Mombaça, que registrou uma queda populacional significativa de 10,95%, podem estar enfrentando um declínio econômico, levando à migração de residentes para áreas com melhores oportunidades de emprego, educação, saúde, saneamento e outros serviços. Além disso, o envelhecimento da população também pode ser um fator, com a diminuição da população devido à saída de jovens em busca de oportunidades em outras regiões. Problemas ambientais, como escassez de água e secas, também podem forçar a migração, especialmente em zonas rurais que dependem da agricultura.

Tabela 4- Municípios com declínio populacional

Declínio Populacional				
	Municípios	População 2010	População 2022	%
1	Mombaça	42.690	37.735	-10,95%
2	Madalena	18.088	16.896	-4,71%
3	Senador Pompeu	26.469	24.266	-4,28%
4	Pedra Branca	41.890	40.187	-4,16%
5	Boa Viagem	52.498	50.411	-3,83%
6	Morada Nova	62.065	61.443	-1,32%
7	Banabuiú	17.315	17.195	-0,62%

Fonte: elaborado pela autora, IGBE (2022, 2010).

A população urbana e rural dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú é bem distinta, levando em conta a dimensão territorial da área. Em 1991, os municípios inseridos na sub-bacia possuíam população rural 268.864 (57,67%) superior a urbana 197.356 (42,33%). Desses 12 municípios apresentaram maior população rural sendo eles Banabuiú, Boa Viagem, Ibicuitinga, Itatira, Madalena, Morada Nova, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Quixeramobim e Milhã (Tabela 5).

No ano 2000, a população urbana 252.475 (50,30%) ultrapassa a população rural 249.485 (49,70%). Porém o total de municípios que tinha em sua maioria a população urbana era menor, sendo eles: Limoeiro do Norte, Morada Nova, Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu.

Em 2010, a população residente na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú é composta 310.132 (56,88%) vivendo nas zonas urbanas e 235.125 (43,12%) residindo nas zonas rurais. Observa-se que nesse período os Municípios de Madalena, Milhã, Mombaça e Piquet Carneiro apresentam ainda população rural superior a população urbana.

Tabela 5 – População residente – 1991, 2000 e 2010.

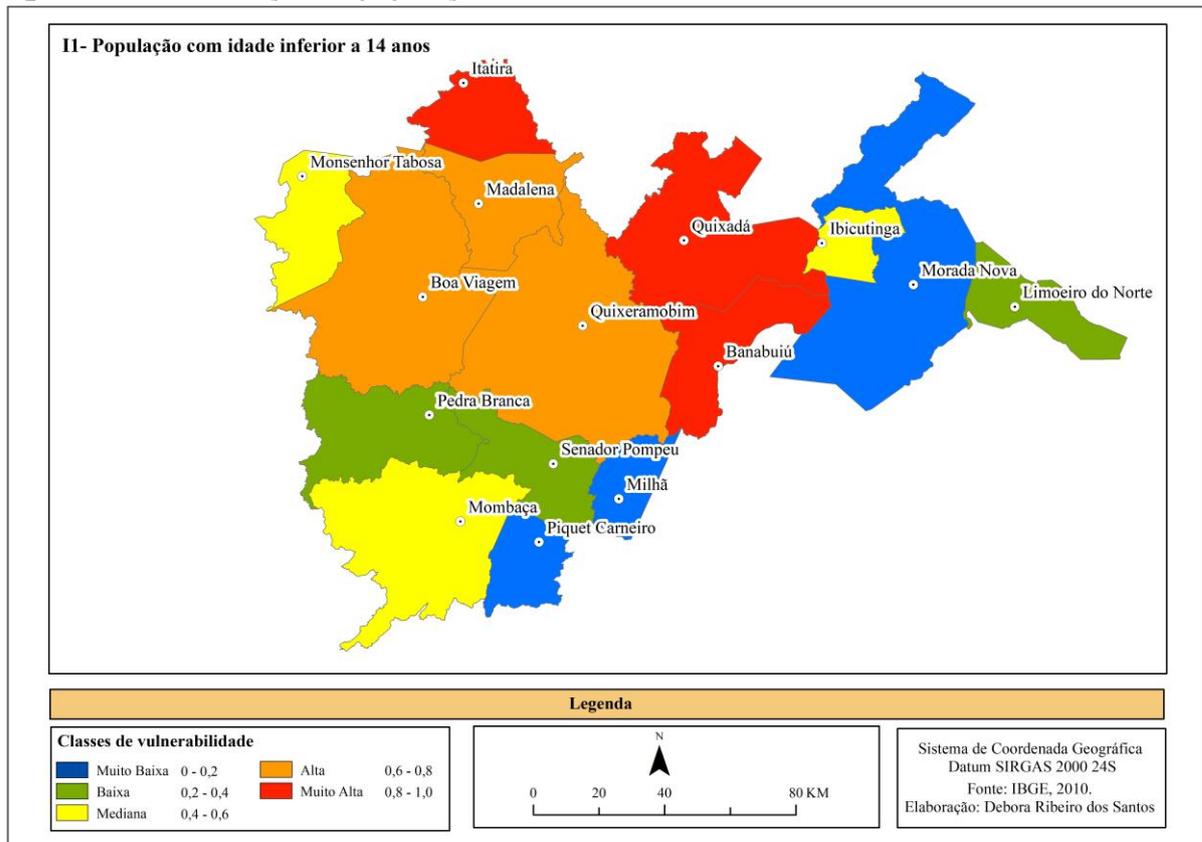
Municípios	População Residente					
	1991		2000		2010	
	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano
Banabuiú	10.343	4.021	8.551	7.622	8.562	8.753
Boa Viagem	33.352	14.704	29.486	20.902	25.894	26.604
Ibicuitinga	6.174	2.424	5.048	4.387	5.593	5.742
Itatira	9.857	3.996	9.511	6.030	9.372	9.522
Limoeiro do Norte	18.358	23.819	21.407	28.938	23.781	32.483
Madalena	9.015	3.645	9.405	5.459	9.173	8.915
Milhã	8.244	3.775	7.974	5.054	7.117	5.969
Mombaça	27.195	13.937	25.163	16.374	23.874	18.816
Monsenhor Tabosa	9.875	5.514	8.521	7.741	7.343	9.362
Morada Nova	32.413	26.499	30.531	33.869	26.664	35.401
Pedra Branca	26.480	12.320	23.395	17.347	17.380	24.510
Piquet Carneiro	8.768	4.329	7.549	5.582	8.027	7.440
Quixadá	23.432	38.034	22.766	46.888	23.119	57.485
Quixeramobim	33.341	25.759	28.635	30.600	28.463	43.424
Senador Pompeu	12.017	14.580	11.543	15.682	10.763	15.706

Fonte: IPECE, 2017.

Com relação aos indicadores demográficos selecionados para a análise (I-1 e I2), a predominância de pessoas nas faixas etárias infanto-juvenil e idosa leva a uma diminuição da capacidade de resistência às manifestações de um evento natural perigoso. Assim, estes indivíduos enfrentam muitas vezes maiores limitações físicas, o que pode resultar em uma certa dependência frente as adversidades. Desse modo, observa-se que os municípios que apresentam as maiores percentagem de “População residente om idade inferior a 14 anos” foram Banabuiú (22,49%), Itatira (22,28%) e Quixadá (22,15%) (Figura 20).

A população infantil é utilizada como indicador de vulnerabilidade devido à dependência que as mesmas necessitam, tanto financeiramente como para cuidados pessoais, e porque as crianças têm ou mostram uma capacidade limitada para responder aos problemas. Deschamps (2008) afirma que uma família que possui maior número de filhos dependentes significa desvantagens para a família, uma vez que os recursos são reduzidos na criação dos menores.

Figura 20 – Distribuição da população com idade inferior a 14 anos

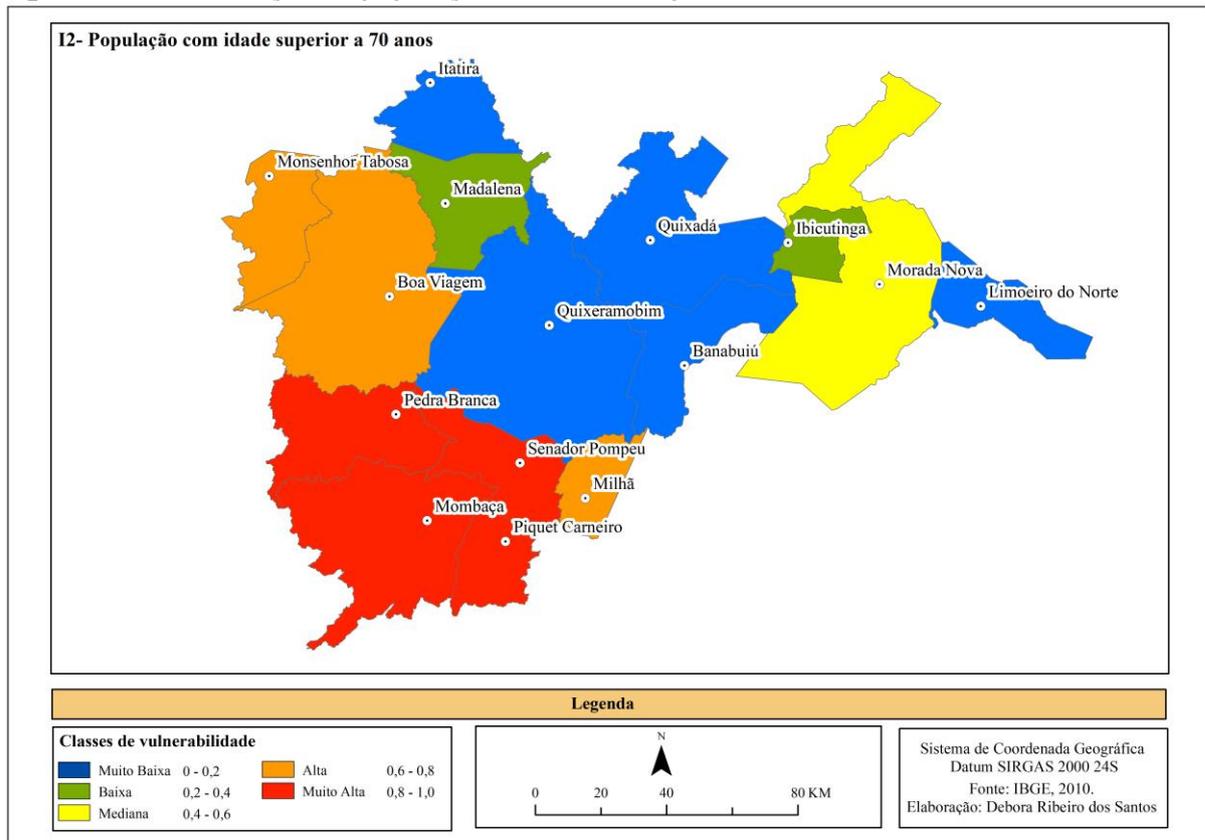


Fonte: IBGE (2022), elaborado pela autora.

Em relação a “População com idade superior a 70 anos” as maiores concentração se dão nos municípios de Piquet Carneiro (10,35%), Mombaça (10,19%), Pedra Branca (10%) e Senador Pompeu (9,73%) (Figura 21). Ressalta-se que mesmo os idosos apresentam certo grau de vulnerabilidade. Os idosos apresentam limitações ou problemas de mobilidade, aumentando assim a carga de cuidados e a falta de resiliência, bem como algumas taxas de dependência (Cutter; Boruff; Shirley, 2003).

Além disso, os idosos chefes de família são vulneráveis, pois sua única fonte de rendimento está ligada à sua aposentadoria e é utilizada para sustentar a residência, arriscando assim o custo dos medicamentos quando necessário, limitando o acesso a bens e serviços (Correia ,2016).

Figura 21 – Distribuição da população com idade superior a 70 anos

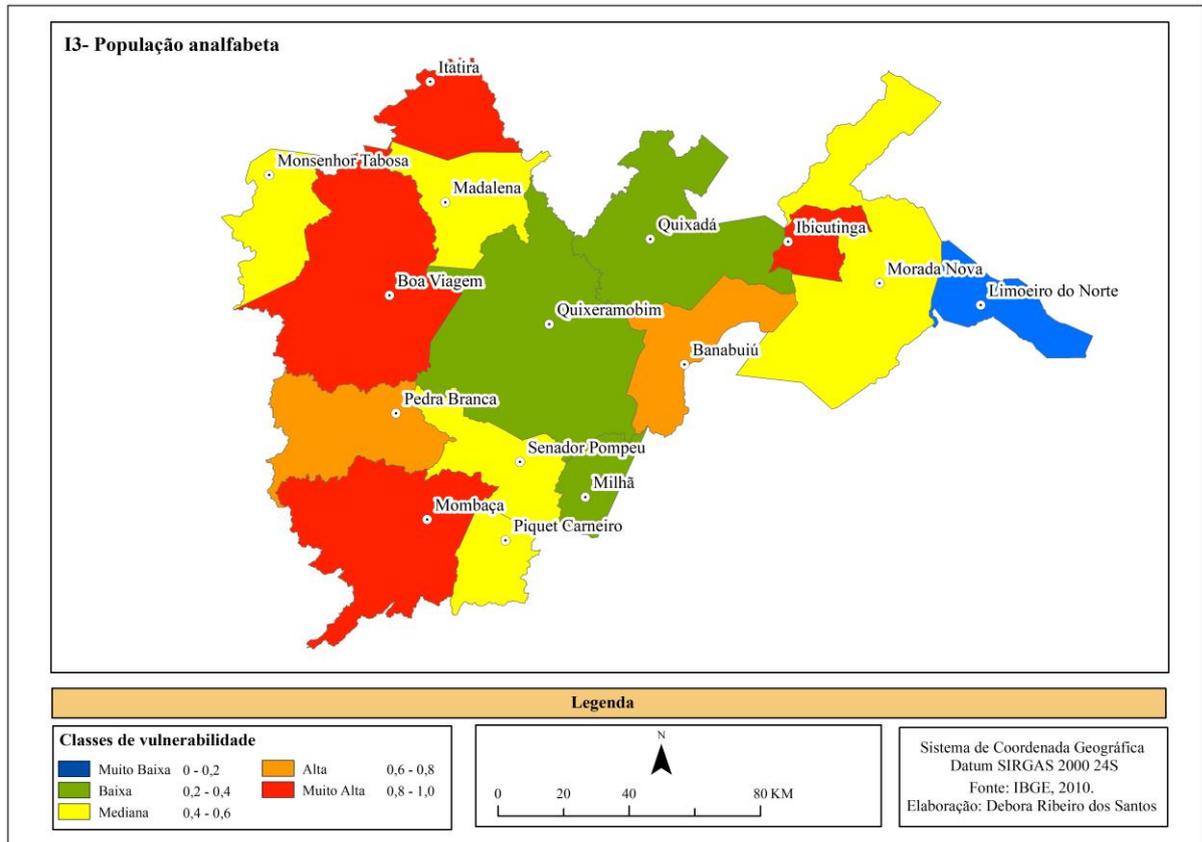


Fonte: IBGE (2022), elaborado pela autora.

Com relação ao indicador educacional “População analfabeta” foram contabilizadas 89.722 pessoas analfabetas, das quais, 54.284 são homens e 35438 são mulheres. Observa-se que os municípios que apresentam as piores percentagem de pessoas analfabetas são; Mombaça (26,57%), Itatira (24,55%), Ibicutinga (24,37%) e Boa Viagem (24,34%) (Figura 22). Esses dados evidenciam a urgente necessidade de políticas públicas eficazes para reduzir o analfabetismo, especialmente nas áreas mais vulneráveis. A desigualdade entre homens e mulheres analfabetos sugere que programas específicos para a educação de adultos podem ser benéficos, atendendo as necessidades distintas de cada grupo.

Além disso, é importante considerar os fatores socioeconômicos que contribuem para esses elevados níveis de analfabetismo, como a falta de acesso a escolas de qualidade, a necessidade de trabalho infantil e a falta de incentivos para a continuidade dos estudos. Implementar projetos de alfabetização, tanto para crianças quanto para adultos, e fortalecer a infraestrutura educacional nesses municípios são passos indispensáveis para melhorar esse indicador e promover uma sociedade mais educada e equitativa.

Figura 22 - Distribuição da população analfabeta na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.



Fonte: IBGE (2022), elaborado pela autora.

De acordo com o IBGE (2010), um indivíduo é considerado analfabeto caso não saiba ler e escrever pelo menos um bilhete simples. O analfabetismo limita severamente o desenvolvimento social, econômico e humano de uma sociedade, contribuindo assim, para perpetuação do ciclo de pobreza. As pessoas analfabetas têm dificuldade no acesso às informações, como cuidados de saúde e direitos humanos, o que pode levar a problemas de saúde e à exclusão social.

Além disso, afeta negativamente a participação pública e política, impedindo as pessoas de exercerem plenamente os seus direitos e de influenciarem decisões importantes nas suas comunidades. Desse modo, sabe-se que a população analfabeta está mais exposta a um certo grau de vulnerabilidade, uma vez que o acesso à educação depende de muitos aspectos socioeconômicos.

Os municípios que se encontram nesta situação apresentam uma oferta educacional mais fraca em quantidade e qualidade, além da maior dificuldade em garantir a permanência dos alunos na escola, pois devido às condições socioeconômicas, muitos deles saem para trabalhar. Ressalta-se que responsáveis por famílias analfabetos têm acesso reduzido à

informação, o que pode determinar como um indivíduo gerencia o risco, pois a falta de escolaridade pode limitar a capacidade de lidar com situações de risco e dificultar as medidas de recuperação, porque os grupos sociais com um baixo nível de educação têm maior probabilidade de não conseguir tirar partido da estrutura de oportunidades disponível e de aumentar a desigualdade económica (Silva, 2022; Olímpio, 2017; Almeida, 2012).

A educação é fundamental para o exercício da cidadania na sociedade, também é considerada o principal instrumento para a elevação do crescimento económico, promover o bem-estar das pessoas e redução das desigualdades. Nesta perspectiva, Bueno e Figueiredo (2012) baseado na ideia de que o desenvolvimento económico e social não pode ser tratado separadamente do investimento nas necessidades básicas das pessoas, o Banco Mundial adotou uma estratégia político-ideológica elegendo a educação como uma das ferramentas básicas para o alívio da pobreza e promoção do desenvolvimento socioeconómico. Desse modo, a educação atua no desenvolvimento sustentável, alinhando-se aos objetivos globais de promover o bem-estar para todos.

O acesso às informações e a capacidade de incorporá-las as mudanças práticas na vida cotidiana estão diretamente associadas aos recursos materiais e as instituições sociais, notadamente a escola. Por isso, as dificuldades encontradas no sistema educacional, comprometem a mobilidade social e a capacidade de influenciar decisões políticas e tornam esses grupos ainda mais vulneráveis (Abramovay *et al.*, 2002).

De acordo com Stoco (2011), a partir da educação é possível identificar como os diferentes fatos ou circunstâncias educacionais interferem nas decisões e como são afetados por sua condição material. Segundo o autor, a educação é um ativo que permite o enfrentamento de vulnerabilidades sociais, particularmente, à pobreza. A educação é uma grande ferramenta para o desenvolvimento económico, é um catalisador da justiça social e um pilar da saúde pública. Além disso, as políticas públicas de educação têm o poder de transformar não só apenas vidas individuais, mas também as sociedades.

Para Paulo Freire a educação é uma poderosa ferramenta de libertação e transformação, essencial para a construção de uma sociedade mais justa e consciente. Segundo esse autor a educação deve ser usada para a conscientização e emancipação, assim, ao desenvolver uma compreensão crítica das condições sociais, económicas e políticas os indivíduos podem tornar-se agentes ativos de mudança (Freire, 1999).

Assim, garantir o direito à educação não cabe apenas ao governo, mas a toda a sociedade. As instituições educativas, as empresas, os grupos comunitários e os indivíduos devem desempenhar um papel na promoção de uma cultura educativa inclusiva e na criação

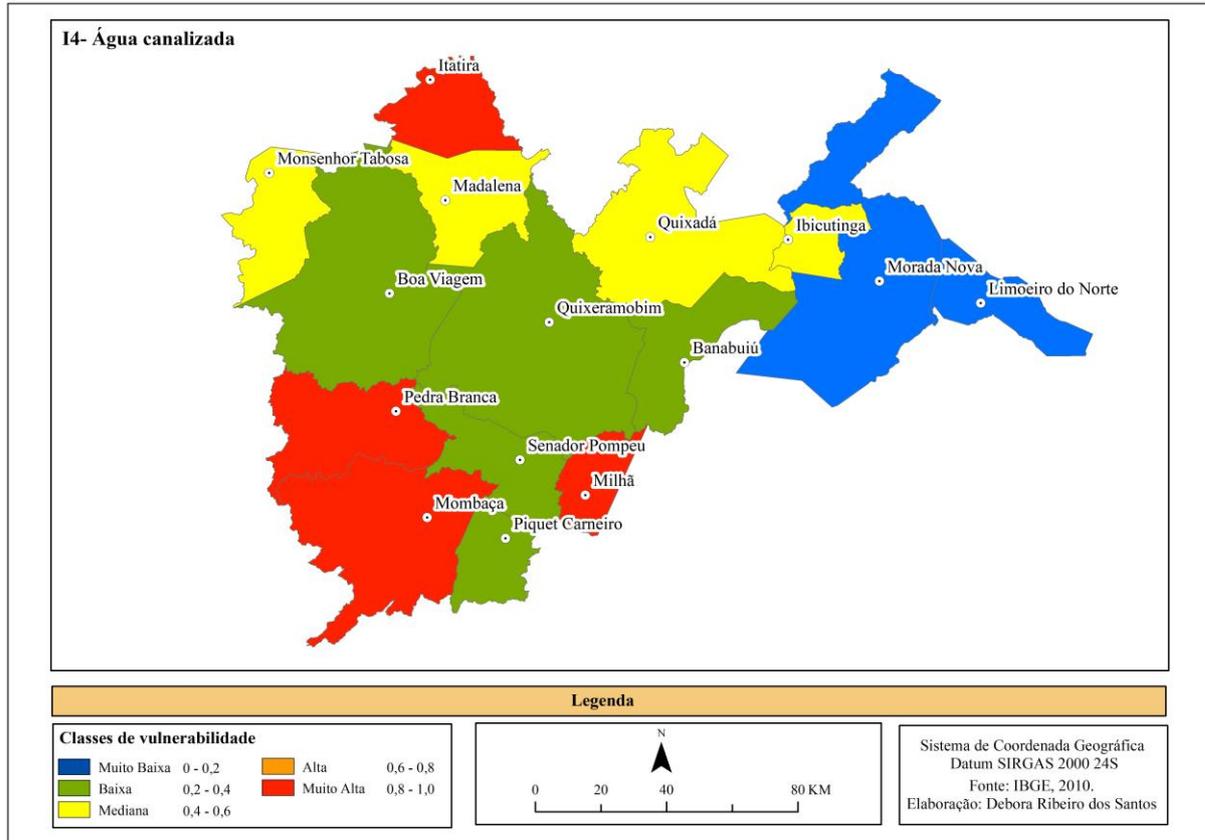
de um ambiente propício à aprendizagem ao longo da vida. Garantir o acesso à educação é se faz necessário para criar uma sociedade justa, equitativa e democrática.

3.3.2 Infraestrutura e serviços básicos

A síntese da dimensão de infraestrutura busca refletir as condições de moradia das pessoas em seus domicílios. Para alcançar este resultado, foram analisadas as variáveis domicílios que não possuem abastecimento de água ligado à rede geral, domicílios com abastecimento por Poço raso, freático ou cacimba, domicílios abastecidos por carro pipa, domicílios abastecidos por água da chuva armazenada, falta ou existência de banheiro ou sanitário ligado à rede geral, coleta de lixo e habitações precárias, o que intensificam a vulnerabilidade de áreas suscetíveis a estiagem/seca.

Quanto ao indicador “Domicílios que não estão ligados a rede geral de abastecimento de água” os Municípios de Itatira (36,11%), Milha (32,55%) Pedra Branca (31,35%) e Mombaça (30,07%) apresentaram maior valor (Figura 23). É de suma importância identificar o grau de vulnerabilidade da população está em relação ao acesso a água pois esta é essencial fonte é indispensável para qualidade de vida e desenvolvimento humano. Portanto, a qualidade e a quantidade de água são essenciais para atender às necessidades da população, uma vez que a oferta insuficiente, a inexistência ou o racionamento geram riscos à saúde pública, além de prejudicarem a higiene pessoal e tarefas da casa (Silva, 2022).

Figura 23- Distribuição dos Domicílios que não estão ligados a rede geral de abastecimento de água na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.

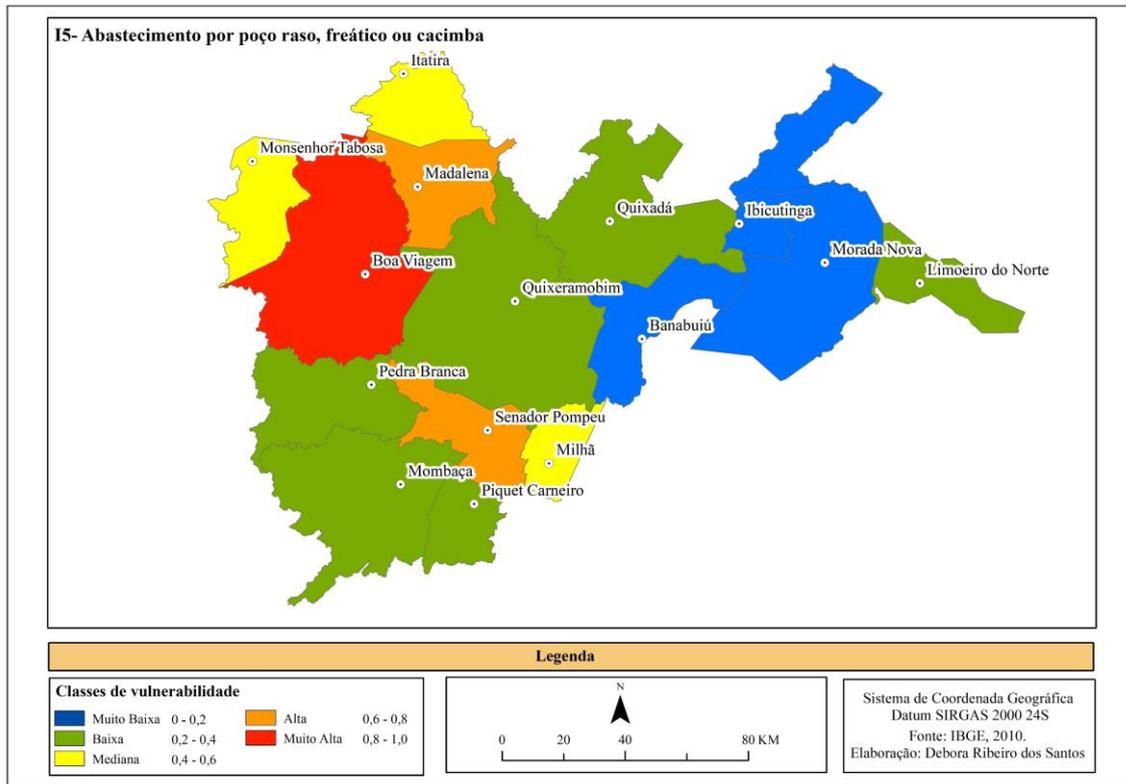


Fonte: IBGE (2022), elaborado pela autora.

No que concerne à variável “Domicílios com abastecimento por poço raso, freático ou cacimba” o maior percentual está presente no município de Boa Viagem (2,37%) (Figura 24). Por sua natureza, esses sistemas de abastecimento são mais susceptíveis ao esgotamento durante períodos de seca prolongada. Ele também pode ser mais propenso a contaminações devido à proximidade com a superfície e à menor proteção contra poluentes. Durante os períodos de seca, a concentração de contaminantes pode aumentar, comprometendo em risco a qualidade da água e a saúde das famílias que dependem dessas fontes.

Esses sistemas de abastecimento são altamente dependentes das condições climáticas. Desse modo, a variabilidade e a imprevisibilidade das chuvas afetam diretamente a disponibilidade de água nos poços rasos, freáticos e cacimbas, tornando a gestão dos recursos hídricos um desafio contínuo para às comunidades. A utilização excessiva desses recursos pode levar à sobre exploração dos aquíferos superficiais, afetando o equilíbrio ecológico local. Durante os períodos de seca, a redução da recarga dos aquíferos pode ter impactos negativos duradouros no meio ambiente e na disponibilidade futura de água.

Figura 24 - Domicílios com abastecimento por poço raso, freático ou cacimba



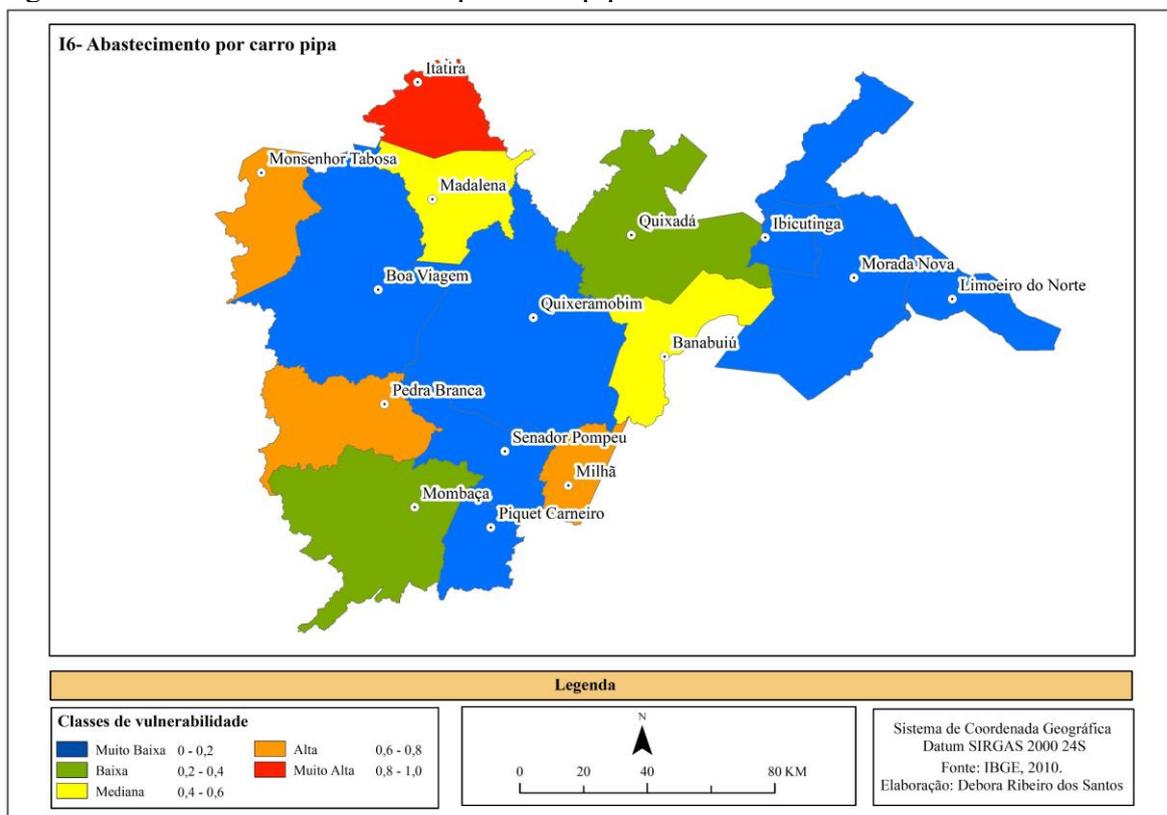
Fonte: IBGE (2022), elaborado pela autora.

No que diz respeito ao indicador “Domicílios abastecidos por carro pipa” o município com o maior valor com o uso desse serviço foi Itatira (13,25%) (Figura 25). Domicílios que dependem exclusivamente de carros-pipa (Figura 26) para o abastecimento de água são altamente vulneráveis à disponibilidade e à regularidade desse serviço. Durante os períodos de seca, a demanda por carros-pipa aumenta significativamente, e a capacidade do serviço pode ser limitada, levando a atrasos ou interrupções no abastecimento de água. O custo da água fornecida tende a ser mais alto em comparação com outras formas de abastecimento. As famílias de baixa renda podem enfrentar dificuldades financeiras adicionais para pagar por esse serviço, especialmente durante secas prolongadas, exacerbando sua vulnerabilidade socioeconômica. A água fornecida pode não ser boa qualidade, especialmente se a fonte da água não for controlada ou se os caminhões não forem devidamente higienizados. Isso pode aumentar o risco de doenças transmitidas pela água, afetando a saúde das comunidades mais vulneráveis.

A dependência de carros-pipa para o abastecimento de água cria uma situação de insegurança hídrica, onde as famílias não têm controle sobre a quantidade e a regularidade do fornecimento. Essa insegurança pode levar à práticas de racionamento de água, impactando negativamente a higiene e o bem-estar geral das famílias. A necessidade de esperar pela

chegada dos carros-pipa e a incerteza sobre o abastecimento podem interferir nas atividades diárias das famílias, como o trabalho, a educação e as tarefas domésticas. Essa interrupção pode ter efeitos negativos de longo prazo no desenvolvimento social e econômico das comunidades. A dependência de carros-pipa muitas vezes indica a falta de infraestrutura adequada de abastecimento de água, como redes de distribuição e sistemas de armazenamento. A falta dessa infraestrutura torna as comunidades mais vulneráveis a crises hídricas e limita sua capacidade de adaptação e resiliência durante períodos de seca.

Figura 25 - Domicílios abastecidos por carro pipa



Fonte: IBGE (2022), elaborado pela autora.

Figura 26 - Comunidade rural sendo abastecida por carro-pipa em Quixeramobim, CE



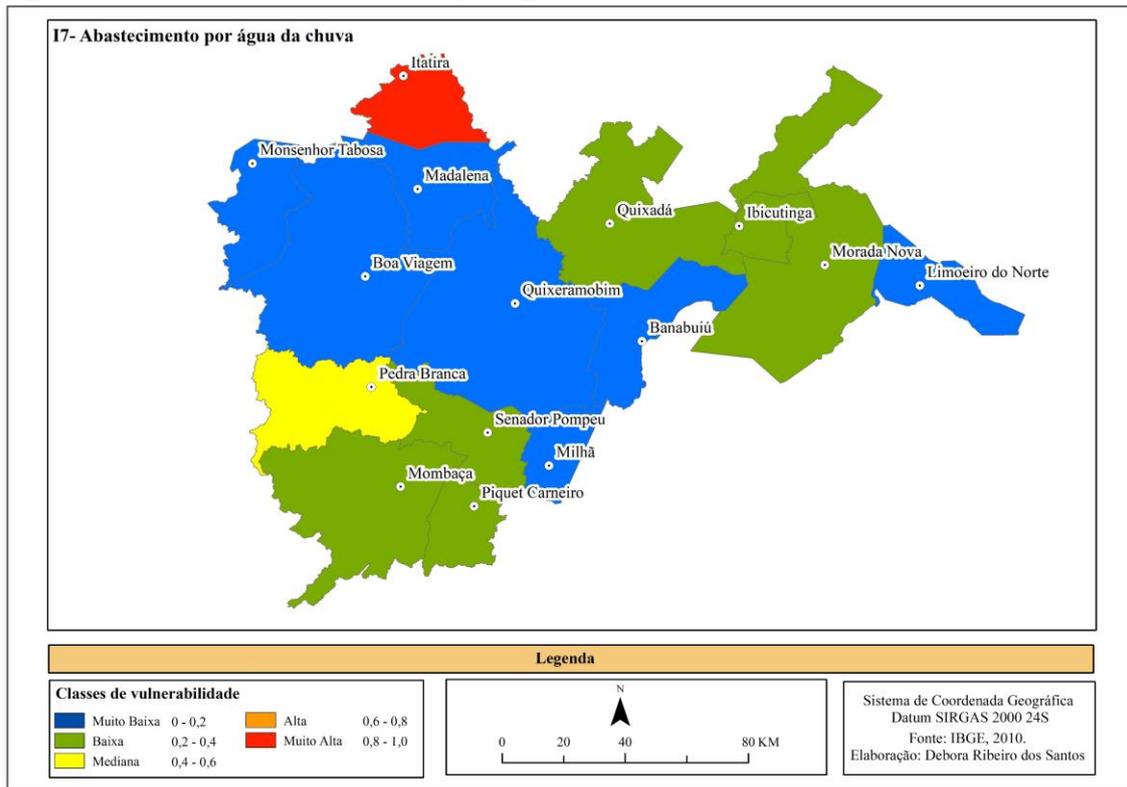
Fonte: autora, 2022.

Já no indicador “Domicílios abastecidos por água da chuva armazenada” o município que apresentara maior percentagem é Itatira (10,51%) (Figura 27). Esses domicílios que dependem exclusivamente da água da chuva armazenada são altamente vulneráveis à variabilidade climática. Durante os períodos de seca, as chuvas são insuficientes para reabastecer os reservatórios, deixando essas famílias sem uma fonte confiável de água. A capacidade de armazenamento de água da chuva é limitada pela infraestrutura disponível (cisternas, tanques, tambores, açudes etc.) (Figura 28).

Durante longos períodos sem chuva, esses reservatórios podem se esgotar rapidamente, aumentando a vulnerabilidade das famílias à escassez de água. A qualidade da água da chuva pode ser comprometida por contaminantes presentes nos telhados e nas superfícies de coleta. Sem tratamento adequado, a água armazenada pode torna-se imprópria para consumo, aumentando o risco de doenças transmitidas pela água. A dependência exclusiva da água da chuva armazenada cria uma situação de insegurança hídrica. A imprevisibilidade da precipitação e a capacidade limitada de armazenamento forçam as famílias a racionar água, o que pode impactar a higiene, a saúde e o bem-estar geral. As

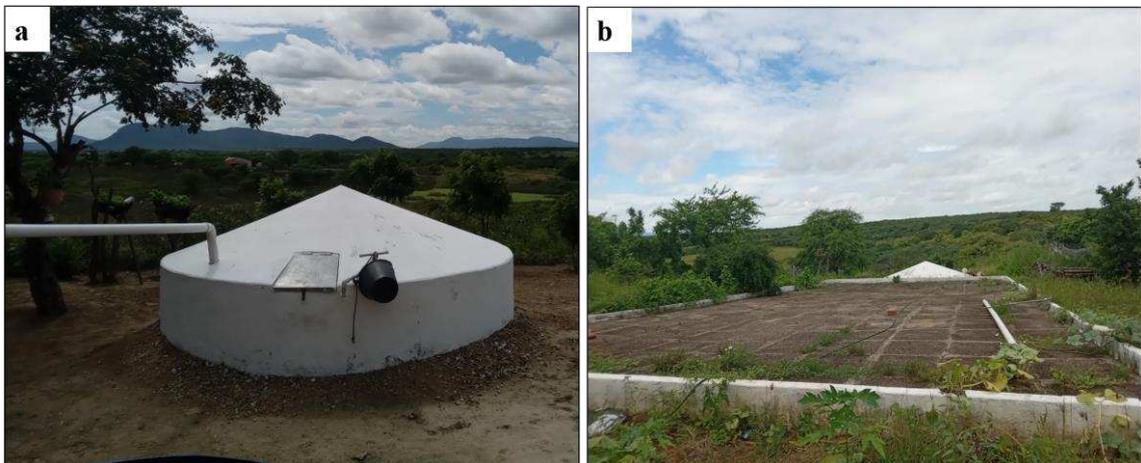
comunidades que dependem da água da chuva armazenada têm menos capacidade de se adaptar a períodos prolongados de seca. Sem alternativas de abastecimento de água, como poços profundos ou redes de abastecimento, essas comunidades são mais vulneráveis a crises hídricas.

Figura 27 - Domicílios abastecidos por água da chuva armazenada



Fonte: IBGE (2022), elaborado pela autora.

Figura 28 - Estruturas utilizadas no Município de Quixeramobim para armazenamento de água





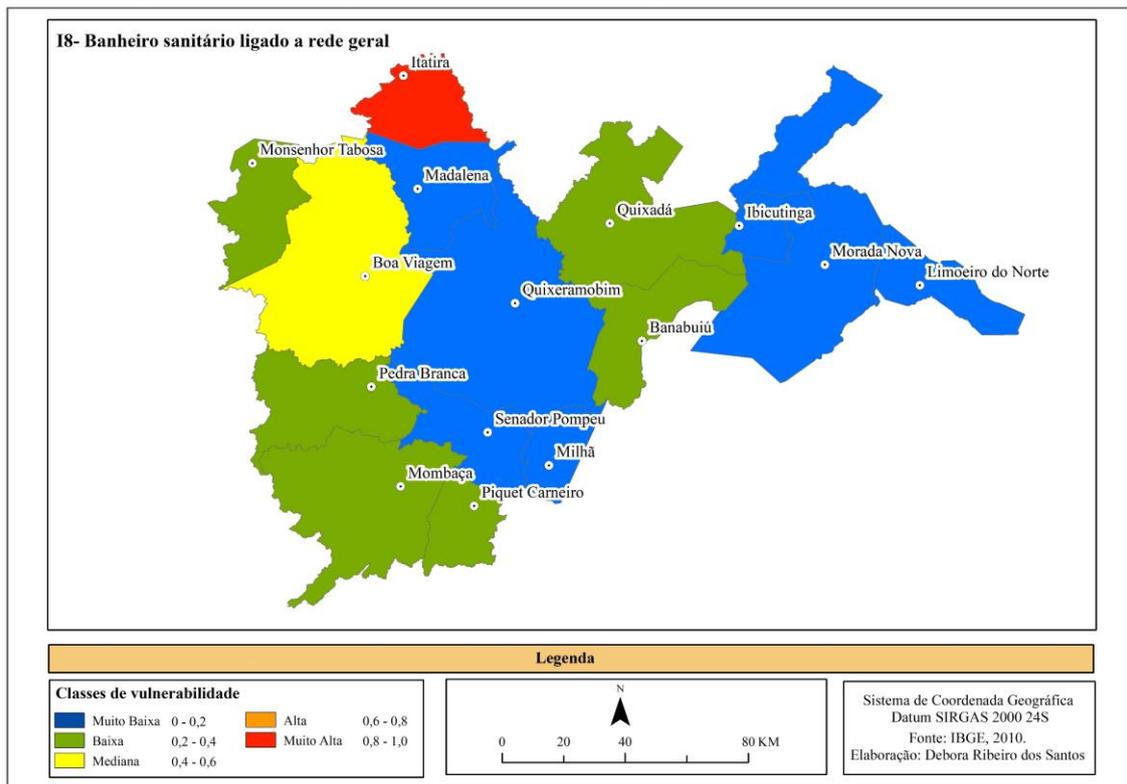
Legenda: a) Cisterna de placas para coleta e armazenamento das águas das chuvas; b) Cisterna de Enxurrada, para coleta e armazenamento das águas das chuvas; c) Tambor de alumínio para armazenar água da chuva; d) açude de pequeno porte, e) Tanque pra armazenar água da chuva f) Tanque de pedra em lajedo para armazenar água da chuva. Fonte: autora, 2023.

Para o indicador “Domicílios que não possuem banheiro ou sanitário ligado à rede geral de esgoto ou fossa séptica” o pior valor encontrado foi no município de Itatira (6,68%) (Figura 29). De acordo com Silva (2022) os moradores que não dispõem de um local adequado para satisfazer as suas necessidades fisiológicas impossibilitam o descarte adequada dos dejetos humanos e expõem a população a diversas doenças, como as diarreias infecciosas, a febre tifoide, a cólera, a salmonelose, entre outras doenças.

A ausência de sistemas de esgoto adequados pode levar à contaminação do meio ambiente local, incluindo fontes de água potável. Isto não afeta apenas a saúde da população, mas também a sustentabilidade ambiental da região, especialmente em contextos onde a água já é um recurso escasso. A falta de instalações de saúde adequadas pode ter um impacto negativo na segurança alimentar e nutricional das famílias. Na verdade, práticas de higiene inadequadas podem contaminar os alimentos, reduzindo a sua qualidade e segurança durante

os períodos de seca, quando a disponibilidade de alimentos já pode estar em risco. As famílias que não têm acesso a instalações sanitárias adequadas podem enfrentar estigma social e dificuldades adicionais durante crises como secas prolongadas. A falta de condições básicas de higiene afeta diretamente o bem-estar e a dignidade das pessoas, agravando a vulnerabilidade social em tempos de crise.

Figura 29 - Distribuição dos domicílios que não possuem banheiro ou sanitário ligado à rede geral de esgoto ou fossa séptica na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.



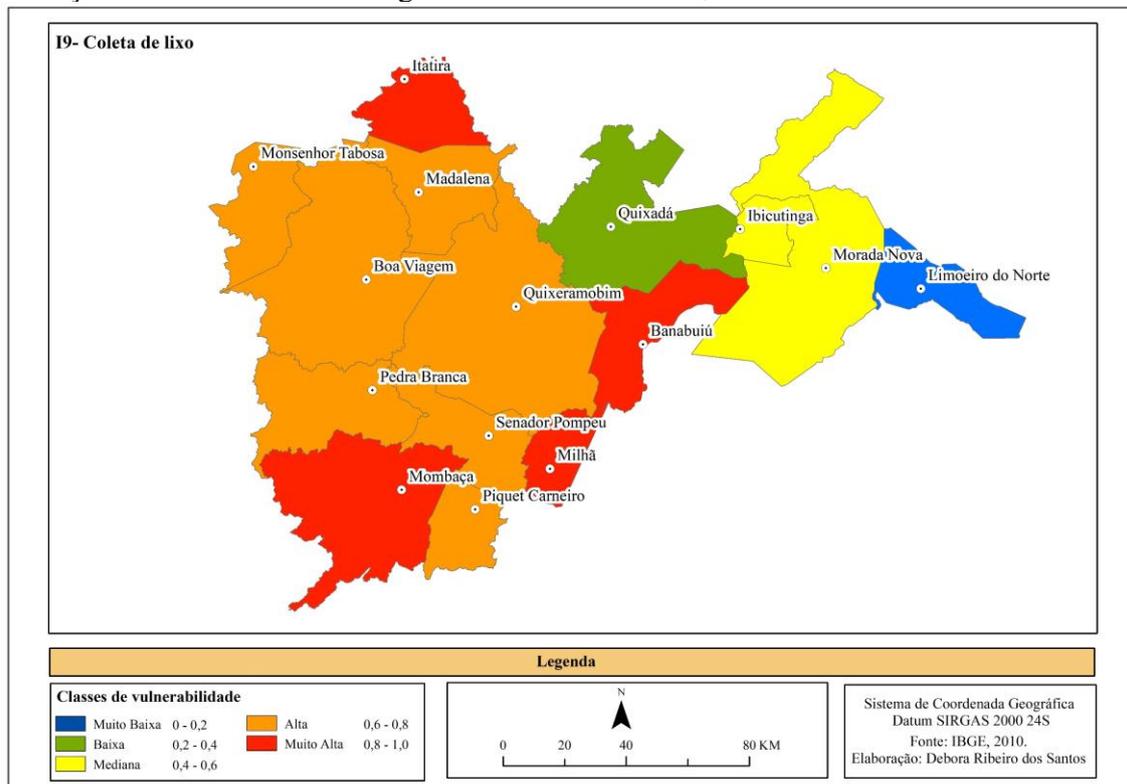
Fonte: IBGE (2010), elaborado pela autora.

Os Municípios que apresentaram as piores condições em relação ao indicador “Domicílios que não possuem lixo coletado por serviço de limpeza ou caçamba” foram, Itatira (46,56%), Banabuiú (41,52%) Mombaça (40,69%) e Milhã (39,94%) (Figura 30). Esse indicador está diretamente relacionado à sua saúde. Os resíduos sólidos constituem um problema de saúde porque favorecem a propagação de animais transmissores de doenças, contribuem para a propagação de certos parasitas e permitem a contaminação humana através do contato direto com esses resíduos ou através da massa de água por estes poluídas. (Silva, 2022, Brasil, 2004).

Assim, a falta de coleta regular de lixo pode levar ao acúmulo de resíduos sólidos nas proximidades das residências, criando um ambiente propício para a proliferação de vetores de

doenças, como mosquitos, roedores e outros animais. Durante períodos de seca, quando a disponibilidade de água para higienização é reduzida, o risco de surtos de doenças transmitidas por esses vetores pode aumentar significativamente. O descarte inadequado de resíduos resulta na contaminação do solo e das fontes de água locais, especialmente em áreas onde as chuvas são escassas e a água de superfície é limitada. A poluição dos recursos hídricos agrava a escassez de água potável durante a seca, aumentando a vulnerabilidade das comunidades à falta de água de qualidade. Além disso, a presença de lixo não coletado pode afetar a qualidade de vida dos residentes, contribuindo para um ambiente insalubre e prejudicando o bem-estar geral da população

Figura 30 - Distribuição dos domicílios que não possuem lixo coletado por serviço de limpeza ou caçamba na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.

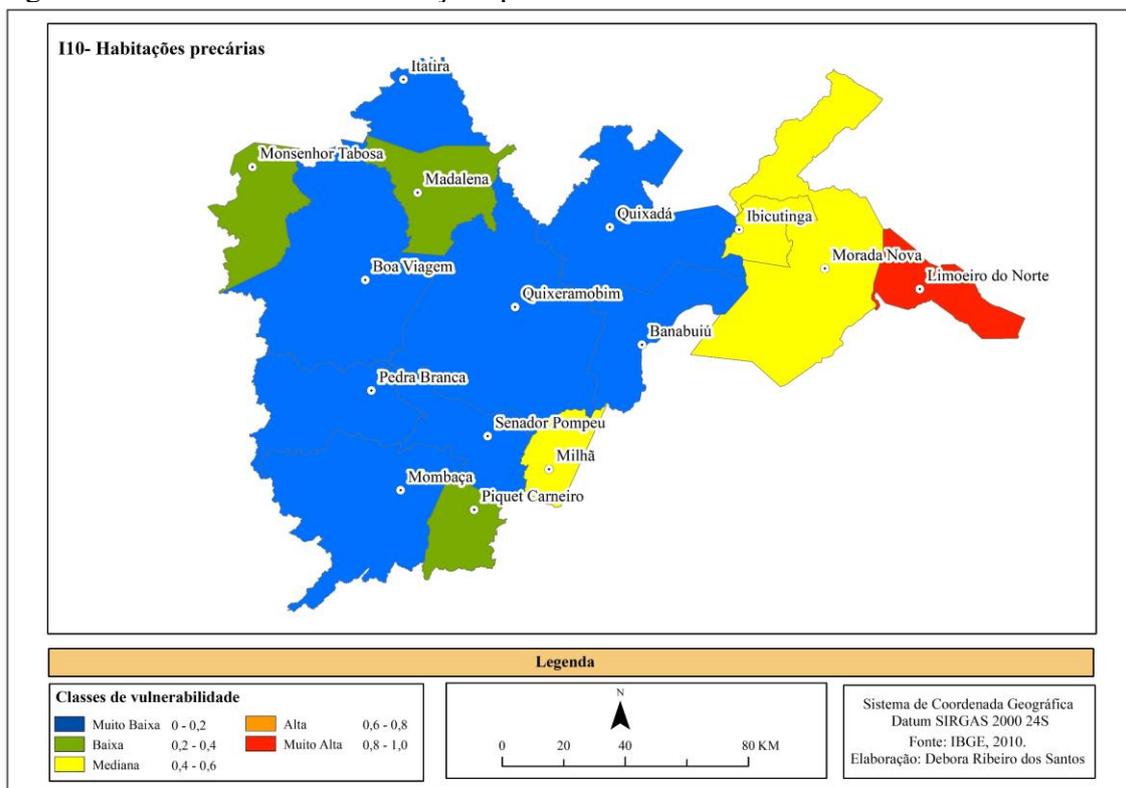


Fonte: IBGE (2022), elaborado pela autora.

Por fim, quanto ao indicador que apresenta “Domicílios com habitações precárias” Limoeiro do Norte (0,21%) apresentou os valores mais altos na análise (Figura 31). Habitações precárias são muitas vezes construídas com materiais de baixa qualidade e técnicas inadequadas, tornando-as mais vulneráveis aos efeitos de condições climáticas extremas, incluindo calor intenso durante a seca. Essas estruturas não conseguem proporcionar proteção adequada contra a exposição prolongada ao calor, o que afeta a saúde e

o bem-estar dos moradores. Além disso, essas habitações muitas vezes não possuem saneamento e abastecimento de água adequados. Durante períodos de seca, a falta de acesso a água potável e saneamento básico podem agravar os problemas de saúde, aumentando o risco de doenças transmitidas pela água e condições de higiene inadequadas. Os moradores frequentemente têm recursos financeiros limitados e acesso restrito a serviços e apoios sociais. Isso reduz sua capacidade de adaptar e mitigar os impactos da seca, como a implementação de medidas de conservação de água ou a compra de água de outras fontes.

Figura 31- Domicílios com habitações precárias



Fonte: IBGE (2022), elaborado pela autora.

Portanto, a vulnerabilidade também ocorre quando a população carece de um conjunto de ativos, recursos ou estruturas, de modo que sua ausência ou insuficiência sugere que o padrão de vida das famílias é baixo (Costa; Marguti, 2015). Além disso, Olímpio (2013) e Cardoso (2011) relatam que os grupos vulneráveis enfrentam desafios no acesso a bens sociais e condições básicas necessárias à vida, como habitação, solo urbanos e uma gama de equipamentos, serviços e amenidades.

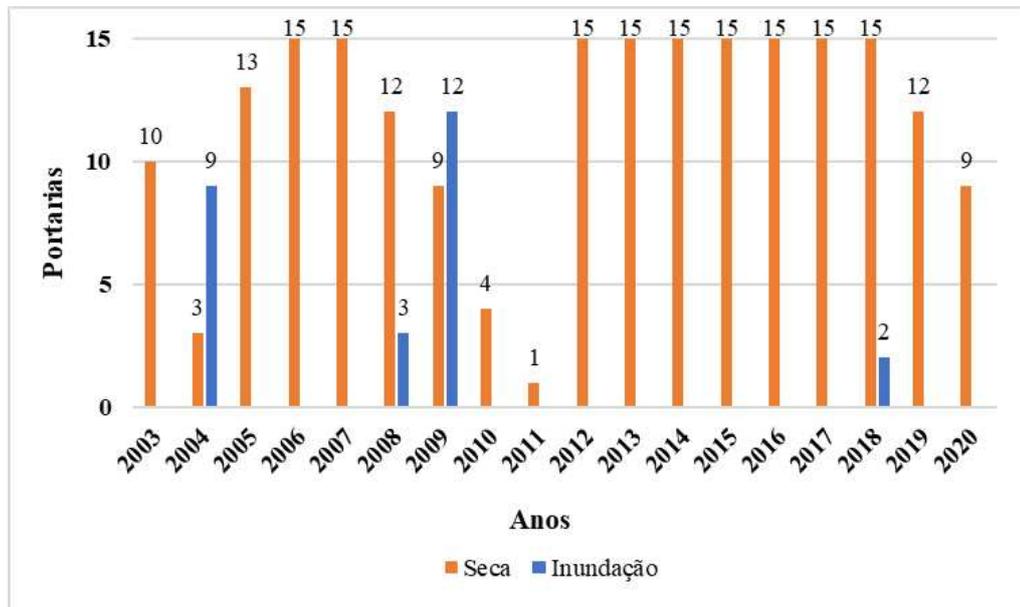
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Distribuição espaço temporal dos desastres por secas

De 2003 a 2020, os municípios da bacia do Banabuiú receberam 234 Portarias de Reconhecimento de Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP) (Figura 32). Dos quais 208 foram referentes a eventos naturais associados à escassez de água e 26 desencadeados por inundações.

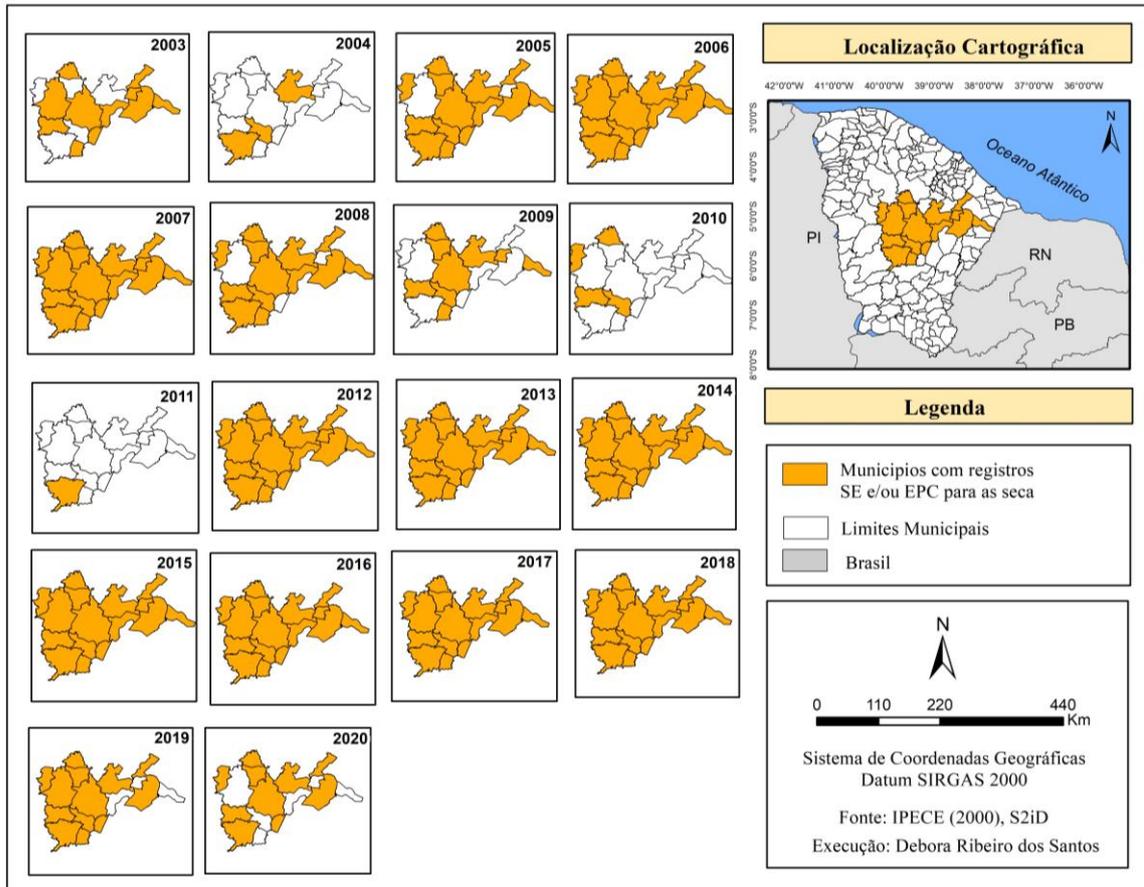
No entanto, a variabilidade interanual e intraanual da precipitação é responsável pelos cenários observados ao longo do período investigado. A Figura 33 mostra a distribuição temporal das portarias para secas registradas na bacia do rio Banabuiú. Todos os anos analisados apresentaram crises relacionadas à seca, sendo mais intensas entre 2006-2007 e 2012-2017, quando todos os municípios foram severamente afetados.

Figura 32. Distribuição temporal das Portarias de Reconhecimento de SEs e ECPs (2003-2020).



Fonte: Baseado em dados do Sistema Integrado de Informação sobre Desastres (2003 – 2020), autora.

Figura 33. Distribuição espacial e temporal de SEs e ECPs para secas.



Fonte: Baseado em dados do Sistema Integrado de Informação sobre Desastres (2003 – 2020), autora.

Em 2003, 10 municípios registraram crises causadas por secas. Olímpio e Zanella (2015) observaram que as crises hídricas desse ano estavam concentradas na porção central do estado do Ceará, onde está localizada a bacia do Banabuiú. No entanto, Silva (2023) classificou o acumulo de precipitações de 2003 na sub-bacia do Banabuiú como chuvoso. Tais impactos são devidos à irregularidade da precipitação entre os meses da estação das chuvas. Em 2004, apenas três municípios sofreram perdas graves devido à escassez de água, uma vez que as condições neutras do ENOS e do Dipolo do Atlântico induziram a condições mais chuvosas (Olímpio; Zanella, 2015).

Entre 2005 e 2007, foram reconhecidos 43 decretos, causados por perdas associadas aos volumes reduzidos armazenados nos reservatórios em toda a sub-bacia. Naqueles anos, as condições oceânicas e atmosféricas eram desfavoráveis para chuvas regulares de intensidade suficiente para repor as reservas de água. Nesse cenário, a seca pode não gerar impactos significativos a princípio, mas sua persistência causa crises graves na estabilidade social, econômica e ambiental (Olímpio, 2017).

Os anos de 2008 e 2009 foram considerados chuvosos e muito chuvoso,

respectivamente (Silva, 2023). No entanto, as chuvas não geraram reservas de água suficientes, dado os baixos volumes armazenados nos anos anteriores (Olímpio; Zanella, op. Cit). Em 2010, um episódio intenso de El Niño favoreceu a ocorrência de um ano seco no estado do Ceará, mas com efeitos mais intensos nas regiões Norte e Centro-Sul (Olímpio, Zanella, 2015). Silva (2023) classificou este ano como seco na sub-bacia do Banabuiú. No entanto, os impactos foram menos graves do que em anos secos anteriores devido às reservas de água de 2008 e principalmente do ano de 2009, como relata os autores Nys, Engle e Magalhães. “O ano de 2010 foi seco, com quebra de safra. Mas os reservatórios estavam cheios, devido aos dois anos chuvosos anteriores, de modo que não foi um grande problema no tocante ao abastecimento d’água” (Nys; Engle; Magalhães, 2016, p.33).

O ano de 2011 apresentou uma condição chuvosa (Silva, 2023): apenas o município de Mombaça recebeu reconhecimento de sua crise devido à escassez de água. No entanto, Cortez, Lima e Sakamoto (2017) enfatizam que a distribuição da precipitação não foi favorável ao abastecimento de água dos reservatórios. Com isso, observa-se que apesar da quantidade de precipitação ter sido propícia a uma boa média, a distribuição espaço temporal não foi equilibrada, o que dificultou o armazenamento de água nos reservatórios. Esta situação mostra a importância não só da quantidade, mas também da distribuição adequada das precipitações para garantir o abastecimento de água nas áreas que apresentam vulnerabilidade a seca.

A partir de 2012 até 2017, iniciou-se uma seca prolongada na área de estudo. A redução nas reservas de água e as perdas agrícolas levaram à declaração de desastres em todos os municípios da sub-bacia e todos os anos, totalizando 90 registros. Desse modo, as condições meteorológicas eram bastante adversas em vários estados incluindo o Ceará, principalmente nos anos de 2012 e 2013 como relata Nys; Engle; Magalhães (2016).

A escassez relativa de precipitação observada no Nordeste do Brasil desde 2010 (e, especialmente, em 2012-2013) refletiu-se na água disponível nos reservatórios. Os reservatórios atingiram níveis perigosamente baixos, colocando em risco a capacidade das comunidades de receber abastecimento adequado de água potável e água para outros usos (. p. 188).

Assim, a falta de chuva levou à redução do abastecimento de água, à escassez de água para consumo humano, dessedentação animal e para irrigação. A seca também causou perdas socioeconômicas, afetando a produção agrícola, a pecuária e a vida das comunidades rurais, o que exigiu a utilização de diferentes medidas e mudança no comportamento. O Jornal UOL (2017) publica artigo sobre a situação da crise vivenciada pelas famílias na região durante esse período (Figura 34).

Figura 34 – Repercussão na mídia da seca na região

Na área rural de Quixeramobim (CE), carcaças de bois e jumentos ficam abandonadas ao sol, na pior seca enfrentada no Nordeste (8.fev.2017)
Imagem: Evaristo Sá/AFP

Fonte: Disponível em: Jornal Uol, (2017). <https://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2018/03/03/seca-de-2012-a-2017-no-semiarido-foi-a-mais-longa-da-historia.htm>.

O ano de 2012 foi considerado extremamente seco, 2015 foi muito seco, 2014, 2016 e 2017 foram secos, e 2013 foi normal (Silva, 2023). Como resultado, todos os municípios em todos os anos obtiveram o reconhecimento de declarações de emergência. Os anos de 2018 e 2019 foram classificados como normais, no entanto, a irregularidade da precipitação ao longo de toda a estação chuvosa causou crises hídricas em todos os municípios no primeiro ano e 12 registros de crise hídrica no segundo.

Em 2020, nove dos municípios obtiveram registro de reconhecimento. Cortez, Lima e Sakamoto (2017) definem o período de 2010 a 2016 como uma seca multianual e consideram a mais grave do último século. Os autores também enfatizam que os impactos poderiam ter sido mais graves se os reservatórios não tivessem sido recarregados em 2009. Esta recarga permitiu que os reservatórios armazenassem água, essencial para satisfazer as necessidades hídricas da região durante a seca prolongada e ajudou a minimizar os impactos econômicos e sociais da seca

Nesse este período, as estratégias utilizadas para mitigar os efeitos da seca foram a distribuição de água por meio de carro-pipa mostrada na Figura abaixo e a abertura de poços para abastecimento doméstico (Cortez; Lima; Sakamoto, 2017). A situação foi mais crítica para os agricultores, pois a agricultura de sequeiro, cuja produção depende inteiramente da regularidade das chuvas, predomina na região.

Figura 35 – Carro-pipa para abastecimento de comunidades rurais em Quixeramobim, CE.



Fonte: autora, 2022.

Vale ressaltar que as medidas de redução de risco empreendidas até agora têm sido insuficientes e não alcançam toda a população. Como aponta Olímpio (2013), grandes projetos de obras hidráulicas estão relacionados a interesses específicos, como o abastecimento das capitais, centros industriais e agroindústrias. Garantir o abastecimento de água para essas atividades é vital para manter a economia e gerar empregos e renda. No entanto, eles não podem sobrepor-se ao direito humano fundamental de acesso à água potável, conforme recomendado na Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

Nos municípios do Semiárido brasileiro, famílias de baixa renda instaladas em terras degradadas representam segmentos significativos da população, com baixos níveis de escolaridade e sem os recursos necessários para adaptar suas atividades produtivas à dinâmica climática.

Podemos observar que a seca é um dos principais desafios enfrentados principalmente pelas populações do rurais. Esse fenômeno afeta diretamente a disponibilidade de recursos hídricos, prejudicando tanto o acesso à água para consumo humano quanto para a irrigação de lavouras e dessedentação de animais. Com a escassez hídrica, a produtividade agrícola cai drasticamente, colocando em risco a subsistência e a renda de milhares de famílias que dependem da agricultura para sobreviver. Para muitos agricultores e pecuaristas, essa perda

representa não apenas um impacto econômico, mas também social, já que a criação de animais é muitas vezes a principal fonte de sustento. Com menos produção e menos renda, as populações rurais enfrentam dificuldades para permanecer no campo.

A segurança alimentar também é diretamente afetada pela seca. A falta de chuva reduz a disponibilidade de alimentos produzidos localmente, como milho, feijão e mandioca, que são fundamentais para a dieta das famílias rurais. Com isso, aumenta-se a dependência de alimentos trazidos de outras regiões, muitas vezes a preços mais altos, agravando a vulnerabilidade econômica dessas comunidades. Outro impacto significativo é na saúde das populações rurais. A escassez de água potável e o aumento do consumo de água de má qualidade elevam os riscos de doenças, como a diarreia e outras infecções. Além disso, o estresse gerado pela incerteza sobre a subsistência e o futuro afeta o bem-estar mental das pessoas, especialmente em períodos de seca prolongada, o que agrava ainda mais as condições de vida no campo.

As secas prolongadas reforçam as desigualdades sociais no campo. Enquanto grandes proprietários de terra têm mais recursos para mitigar os impactos da seca, por meio de tecnologias de irrigação e armazenamento de água, os pequenos agricultores e famílias de baixa renda ficam mais vulneráveis. A necessidade de políticas públicas eficazes de convivência com o semiárido, como construção de cisternas e projetos de irrigação, torna-se essencial para minimizar os efeitos devastadores da seca sobre essas populações.

Perante o exposto, destaca-se a importância da implementação de medidas para reduzir os riscos, principalmente ações que visem reduzir as vulnerabilidades e ações para mitigar os impactos dos desastres, aumentando a resiliência da população que vive na região semiárida. Desse modo, a participação ativa das comunidades no planejamento e implementação destas medidas é essencial para garantir que as soluções sejam adaptadas às necessidades locais e culturalmente apropriadas. Juntas a estas ações, pode-se criar uma base sólida para um desenvolvimento mais sustentável e inclusivo, fortalecendo a capacidade das comunidades para enfrentar os desafios apresentados pelo clima semiárido (Cortez; Lima; Sakamoto, 2017).

4.2 Vulnerabilidade social à seca na sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú-Ce

A utilização de indicadores de vulnerabilidade é uma ferramenta que atualmente está sendo utilizada para identificar locais onde grupos sociais vivem em situações precárias e pode mostrar a o nível de vulnerabilidade dessa área diante dos riscos e perigos existentes. A medição da vulnerabilidade por meio de indicadores, além da pesquisa, é uma ferramenta de

comunicação para transmitir rapidamente as informações da realidade à sociedade e criar uma ferramenta que motive as ações dos atores envolvidos nos resultados quando os recursos são alocados (Olímpio; Zanella; Santos, 2017).

Segundo Steinmann, Hayes e Cavalcanti, citados por Silva (2022), os indicadores e índices visam facilitar a avaliação e gestão de situações complexas, pois permitem a representação de uma grande quantidade de informações, desempenham um papel fundamental na tomada de decisões. Além disso, são vitais para o monitoramento contínuo e a revisão de políticas e programas, garantindo que as ações implementadas estejam alinhadas com os objetivos pretendidos e ajustadas conforme necessário para melhorar os resultados.

A avaliação da vulnerabilidade é compreendida como uma estimativa dos grupos sociais em resistir e se adaptar as adversidades e promover seu bem estar (Olímpio, 2017). É importante ressaltar que nas áreas mais vulneráveis da sociedade, as condições socioeconômicas mais adversas estão presentes na população. E a maioria destes grupos estão em ambientes biofísicos frágeis e são afetados pelas condições desses ambientes (Olímpio; Zanella; Santos, op. Cit).

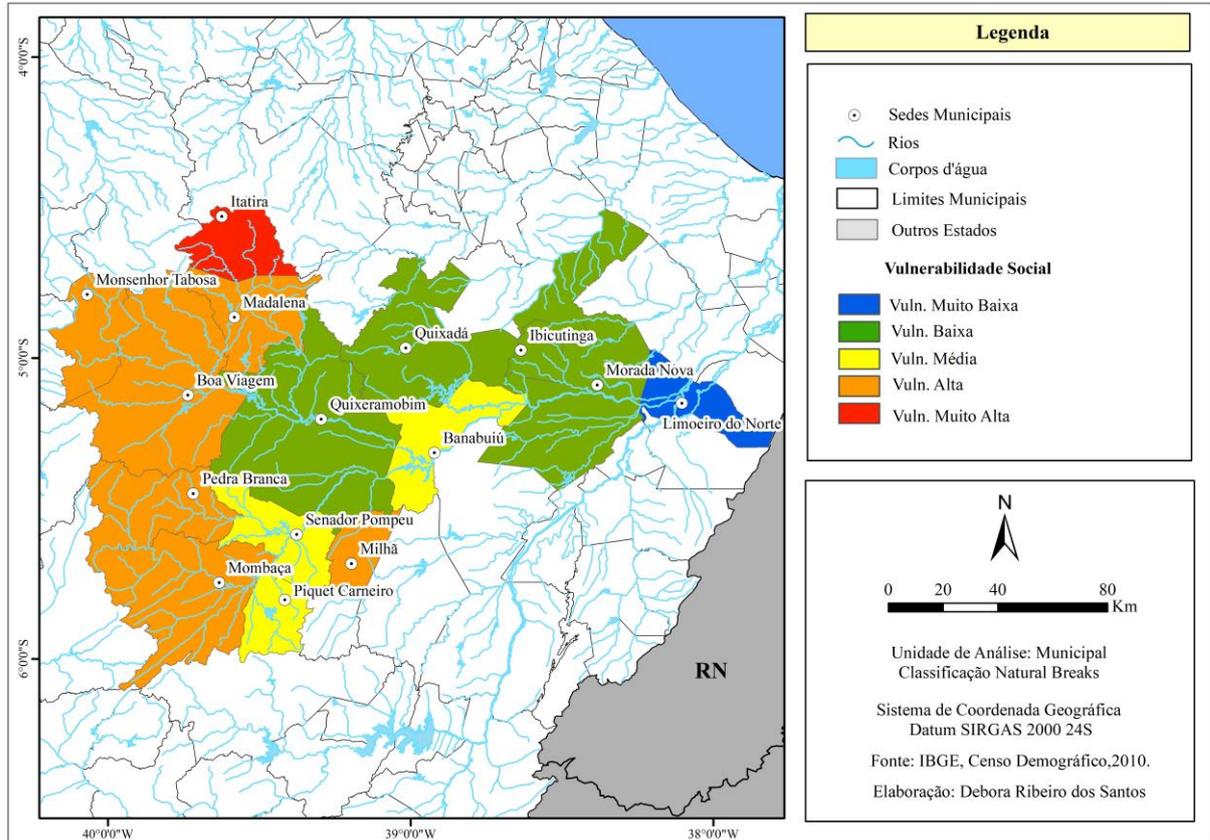
A vulnerabilidade social permite compreender a distribuição do risco, ou seja, a relação entre os fatores físicos, sociais e suas relações (Cutter, 2011). Assim, avaliar a vulnerabilidade de uma população e os seus padrões de distribuição espacial é indispensável na gestão de riscos, no planejamento e implementação de políticas públicas e medidas de adaptação. Dessa forma, foi criado o índice de vulnerabilidade social com base nesses indicadores, que mostra um conjunto de parâmetros interligados e mostra as condições de cada município.

Como já mencionado, o mapa de vulnerabilidade social, foi baseado na análise e combinação de indicadores sociais e no acesso a serviços públicos básicos, através deles foi possível identificar as diferenças socioeconômicas na área da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú e assim apresentar onde se encontra as piores e melhores condições de vida.

Assim, de acordo com o procedimento metodológico adotado na pesquisa, a determinação da vulnerabilidade social ocorreu a partir da construção do Índice Municipal de Vulnerabilidade Social por meio da análise de 10 indicadores já mencionados no texto, os resultados apresentam cinco classes que variam de “muito alta, alta, média, baixa e muito baixa”, indicando a condição que favoreça ou não a capacidade dos grupos sociais de resistir e de adaptar-se às adversidades, bem como de promover o seu bem-estar e desenvolvimento da população, a sobreposição dos indicadores resultará no grau de vulnerabilidade social a qual a população está inserida.

O mapa abaixo apresenta os índices de vulnerabilidade social da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, ilustrando os municípios que têm níveis relativamente altos de vulnerabilidade social, assim como, os que têm níveis mais baixos (Figura 36).

Figura 36 - Vulnerabilidade Social da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, CE.



Fonte: IBGE (2022), autora.

Conforme a metodologia aplicada, o município de Itaira foi identificado com vulnerabilidade social muito alta, apresentando forte desigualdade social e indicando situações graves de pobreza. Nesse município, predominam famílias com pessoas nas faixas etárias infanto-juvenil, com baixo nível educacional. Além disso, há uma significativa carência no acesso a infraestruturas adequadas e aos serviços públicos essenciais, exacerbando ainda mais as dificuldades enfrentadas pela população local.

Os municípios classificados com alto nível de vulnerabilidade social foram, Monsenhor Tabosa, Madalena, Boa Viagem Pedra Branca, Mombaça e Milhã estes também enfrentam uma série de dificuldades que afetam diretamente na qualidade de vida de seus habitantes. Possuem precariedade e déficit nos setores de infraestrutura, equipamentos e serviços, habitação e educação.

A falta de infraestrutura adequada dificulta o acesso a serviços básicos, como água

potável e saneamento. Ademais, o déficit habitacional resulta em condições habitacionais inadequadas, faltando muitas vezes as condições mínimas de segurança e conforto. No setor da educação, a falta de recursos e de ambientes adequados põe em perigo o desenvolvimento das crianças e dos jovens, limitando as suas oportunidades.

As áreas que apresentam vulnerabilidade social média são Senador, Piquet Carneiro e Banabuiú. Embora esses municípios enfrentem desafios, o nível de vulnerabilidade em comparação com aqueles que possuem alta vulnerabilidade. Nesses Municípios, as condições de vida são relativamente melhores, no entanto, algumas áreas ainda apresentem situações críticas que necessitam de melhorias na infraestrutura a qual pode ser insuficiente para todos os moradores. A educação, embora presente, muitas vezes carece de qualidades e recursos suficientes para atender às necessidades da população. Além disso, as habitações podem apresentar problemas de qualidade, como construções precárias e falta de manutenção e acesso inadequado a serviços básicos.

Por outro lado, os Municípios com baixa vulnerabilidade social são Morada Nova, Quixeramobim, Quixadá e Ibicuitinga. Estes territórios possuem melhores condições de vida quando comparados aos anteriores. Esses municípios que apresentam média a baixa vulnerabilidade, em caso de crises econômicas ou de um crescimento populacional desordenado, podem rapidamente adentrar nos níveis mais alto de vulnerabilidade social. A infraestrutura existente, que muitas vezes já é insuficiente, pode não ser capaz de suportar a pressão adicional, levando a uma deterioração dos serviços básicos como emprego e renda, educação e o saneamento. Assim, com a infraestrutura sobrecarregada, os moradores podem enfrentar dificuldades crescentes em acessar serviços essenciais, resultando em um agravamento das condições de vida e aumento da desigualdade social

O Município que apresenta menor vulnerabilidade social é Limoeiro do Norte. As condições mais amenas deste território são resultado do porte econômico deste município, uma vez que atua como centralizador de investimentos públicos e privados, os quais produzem uma maior estrutura de oportunidades para a população, incluindo serviços de saúde, educação e melhor infraestrutura. A presença de instituições de ensino superior, como universidades e centros de pesquisa, contribui para a formação de mão de obra qualificada, estimulando assim o mercado de trabalho local.

Este Município beneficia-se de uma rede de transportes mais desenvolvida, facilitando o comércio e o acesso a bens e serviços, sendo polo educacional, de saúde e de insumos voltados ao agronegócio. A diversidade econômica, com setores bem definidos como a agricultura, o comércio e os serviços, ajuda a estabilizar a economia local, tornando a menos

vulnerável a crises.

Diante o exposto, em qualquer caso, o planejamento é um componente essencial para manter e desenvolver condições favoráveis para a população residente. É essencial continuar a investir na construção de políticas de gestão de risco, que promovam a inclusão social e o desenvolvimento sustentável. Também é necessário a elaboração de estudos que considerem as especificidades das populações rurais nesse contexto, como aqueles voltados para a avaliação das estratégias de convivência com o semiárido, o acesso à água por meio de cisternas, e a implementação de tecnologias de irrigação adaptadas à agricultura familiar. Também é relevante investigar o impacto das políticas de incentivo à produção agrícola sustentável. Assim, esses estudos poderiam explorar, ainda, a inclusão de indicadores de vulnerabilidade social, possibilitando identificar potencialidades e fragilidades, para a formulação de políticas mais sólidas, adaptadas à realidade dessa região.

5 CONCLUSÃO

Nesta pesquisa buscou-se analisar a distribuição espaço-temporal de desastres naturais relacionados à seca e identifica os diferentes níveis de vulnerabilidade social dos municípios que compõem a sub-bacia do Rio Banabuiú, a fim de identificar os municípios que apresentam menores e maiores capacidade de resposta e adaptação. Para isso, analisou-se a vulnerabilidade social da população através da sistematização de indicadores sociais.

Perante os resultados verificou-se que mesmo em nível local, a sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú apresenta uma significativa variabilidade na distribuição espaço-temporal da precipitação mesmo em um âmbito local. Destaca-se que a sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú apresenta áreas notavelmente mais secas, especialmente na porção norte, compreendendo os Municípios de Itatira e Madalena. Contrapondo essa condição, as áreas centrais e sul, notadamente nos Municípios de Pedra Branca, Senador Pompeu, Mombaça e Milhã, demonstraram uma marcante concentração de chuvas ao longo do período analisado.

Essas descobertas desempenham um papel fundamental no aprimoramento do monitoramento e análise de desastres naturais, sobretudo aqueles provocados pela seca, uma vez que estes eventos são os mais recorrentes na região. Aprofundar-se nesses padrões de variabilidade pluviométrica não apenas contribui para uma compreensão mais abrangente do clima local, mas também oferece subsídios valiosos para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação, visando a minimização dos impactos causados por eventos climáticos extremos.

Através da análise das portarias que reconhecem de SE e ECP, constatou-se que a região é mais afetada por desastres naturais causados pela seca. Das 234 ordens de reconhecimento emitidas, 208 foram devido à seca, o que evidencia a prevalência e gravidade deste tipo de desastre na região. As secas frequentes têm efeitos devastadores na agricultura, a principal atividade econômica em muitas localidades, levando a perdas de colheitas, redução da produção alimentar e aumento da insegurança alimentar. Além disso, a escassez hídrica afeta o abastecimento urbano e rural, prejudicando a saúde pública e a qualidade de vida da população. Estes eventos destacam a necessidade de políticas públicas eficazes na gestão dos recursos hídricos e de infraestruturas resilientes. Para mitigar os efeitos destas catástrofes naturais, é essencial implementar estratégias de adaptação e mitigação, tais como a construção de bacias hidrográficas, o desenvolvimento de tecnologias agrícolas resistentes à seca e a criação de programas de gestão de bacias hidrográficas. A combinação destas ações pode ajudar a reforçar a resiliência da população afetada, reduzir a sua vulnerabilidade e melhorar a sua capacidade de resposta a desastres naturais.

Quanto à vulnerabilidade social da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú, observou-se predomínio de alta vulnerabilidade social. Contudo, o Município de Itatira destaca-se pelos maiores níveis de vulnerabilidade social da região, apresentando os piores indicadores socioeconômicos. Isto resulta numa capacidade reduzida de adaptação e resposta a eventos extremos como as secas

A alta vulnerabilidade social presente nos Municípios de Monsenhor Tabosa, Madalena, Boa Viagem, Pedra Branca, Mombaça e Milhã revela áreas de grande desigualdade social. As famílias de baixos rendimentos que vivem nestes países sofrem de infraestruturas, habitação e sistemas educativos inseguros. A falta de serviços básicos e o investimento insuficiente em melhorias estruturais tornam estas populações particularmente vulneráveis aos desastres naturais, agravando as dificuldades econômicas e sociais.

Os Municípios com vulnerabilidade social média são Senador, Piquet Carneiro e Banabuiú, cujos detém nível moderado de exposição a desastres naturais. Embora as infraestruturas nestas áreas sejam relativamente melhores, ainda são necessárias melhorias significativas para aumentar a resiliência das comunidades e garantir um acesso mais eficaz aos serviços essenciais durante as crises.

Por outro lado, a baixa vulnerabilidade social, observada em municípios como Morada Nova, Quixeramobim, Quixadá e Ibicuitinga, indica áreas menos expostas a desastres naturais e melhores condições de bem-estar para a população, esses municípios apresentam infraestrutura mais sólida e serviços públicos mais eficientes o que contribuem para uma

melhor qualidade de vida e uma capacidade de resposta mais eficaz a potenciais situações de emergência.

Limoeiro do Norte apresenta menor vulnerabilidade social muito baixa, com melhores condições socioeconômicas da região. Graças à investimentos significativos em infraestruturas, educação e saneamento básico, este Municípios têm uma maior capacidade de adaptação e resposta a desastres naturais. Contudo, é importante ressaltar que, apesar da baixa vulnerabilidade social, esse município ainda necessita de atenção constante e de políticas eficazes de gestão e prevenção de riscos para manter e melhorar suas condições de resiliência, garantindo que continuem a proporcionar um ambiente seguro e estável aos seus moradores.

Portanto, são extremamente necessárias a gestão eficaz e eficiente dos recursos hídricos e a rápida implementação de projetos que possam reduzir os impactos causados pelo déficit hídrico. É fundamental priorizar a implementação de tecnologias sociais de convivência com a seca, que têm apresentado bons resultados na conservação da água. A participação de todos os agentes sociais neste processo é essencial para o sucesso destas iniciativas. Com esta pesquisa esperamos contribuir para o debate e o planejamento de ações que ajudem a gerenciar os riscos existentes na sub-bacia do Rio Banabuiú.

É importante destacar que a presente pesquisa apresentou algumas limitações importantes, principalmente relacionadas à insuficiência de dados atualizados, uma vez que grande parte das informações utilizadas foi baseada em censos anteriores, com pouca contribuição do censo de 2022. Isso impacta a precisão das análises, especialmente em um contexto onde as condições sociais e econômicas podem ter sofrido alterações significativas. Além disso, o índice de vulnerabilidade social utilizado possui limitações, pois compara os municípios entre si, ordenando-os de acordo com sua posição relativa. No entanto, isso não significa que os municípios com menor vulnerabilidade estejam em boas condições; apenas que estão relativamente melhores que os outros. Essa comparação relativa pode mascarar desafios reais enfrentados por essas localidades, limitando a capacidade de identificar necessidades específicas de intervenção.

Para dar continuidade e aprimorar o estudo, é fundamental realizar uma análise que avalie a fragilidade ambiental da região da sub-bacia, e também entender como os impactos estão distribuídos entre as áreas rurais e urbanas. É necessária uma gestão de risco a desastres mais eficaz, com a cooperação de todos os agentes sociais relevantes, para desenvolver estratégias abrangentes e integradas que abordem todas as fases da gestão de riscos, desde a prevenção e preparação até a resposta e recuperação.

São necessárias informações adicionais, levantamentos de campo mais detalhados e

mapas em escalas apropriadas que permitam análises mais precisas. Estas medidas contribuem significativamente para o ordenamento do território da região estudada, promovendo uma gestão mais sustentável e resistente dos recursos hídricos e dos riscos a eles associados e focada na vulnerabilidade social à seca na hidrográfica do Rio Banabuiú-CE.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, M. et al. **Juventude, violência e vulnerabilidade na América Latina: desafios para políticas públicas**. Brasília: UNESCO/BID, 2002.
- AB'SÁBER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, v. 13, p. 7-59, 1999.
- AFONSO, R. A. et al. **Geologia da folha Quixeramobim SB.24-V-D-III**. Ceará: UFC/CPRM, 2007. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/pgb/rel_quixeramobim.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.
- ALMEIDA, L. Q. **Riscos Ambientais e Vulnerabilidades nas Cidades Brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações**. São Paulo, SP: Cultura Acadêmica: 2012.
- ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidade Socioambiental dos Rios Urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará**. Rio Claro: UNESP, 2010. 278 p. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.
- ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 23, n.1, p. 43-59, 2006.
- ANDRADE, A. R. et al. Variabilidade sazonal da precipitação pluviométrica de Santa Catarina. **Acta Scientiarum**. Maringá, PR. 21(4), p. 923-928, 1999.
- ANDRADE, M. C. **A problemática da seca**. Recife: Líber Gráfica, 1999.
- ANDRADE, M. C. de. **A terra e o homem no Nordeste**. 8ª ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011.
- BANCO MUNDIAL. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2019**. Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Org. Rafael Schadeck – 2. ed. – Florianópolis: FAPEU, 2020.
- BAPTISTA, N. Q; CAMPOS, C. H. A convivência com o Semiárido e suas potencialidades. *In*: CONTI, I. L; SCROEDER, E. O. (org). **Convivência com o semiárido brasileiro. Autonomia e Protagonismo Social Cooperação Brasil-Espanha, Programa Cisternas-BRA**, 2013, p. 2010-2014.
- BRAGA, C. C. et al. Tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 149-157, 2003.
- BRANDÃO, R. D. L.; FREITAS, L. C. B. Geodiversidade do Estado do Ceará- Programa

Geologia do Brasil Levantamento da Geodiversidade. **Revista geológica Brasil**, p.40-58, 2014.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. **Manual do Saneamento**. 3ed. rev. – Brasília: Fundação Nacional da Saúde. p. 408, 2004.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Defesa Civil. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília, 2007.

BRASIL. Decreto n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos [...]. **Diário Oficial da União**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em 20 de jun. de 2023.

BRASIL. Decreto n° 10.593, de 24 de dezembro de 2020. **Diário Oficial da União**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20192022/2020/Decreto/D10593.htm#art2iv. Acesso em 03 de mar. de 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo demográfico de 2010: resultados do universo – características da população e dos domicílios**. In: Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. 2010a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>. Acesso em: 20 jun. 2023.

BRASIL. Lei n° 14.750, de 12 de setembro de 2023. Altera a Lei n° 12.340, de 1° de dezembro de 2010. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 13 set. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112608.htm. Acesso em: 10 de julho 2024.

BRASIL. Ministérios da Integração Nacional. **Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos**: livro base. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.

BRASIL. Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres - S2ID. **Série Histórica**. 2013. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>. Acesso em 20 nov. 2023.

BRASIL. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE. *As secas do Nordeste: uma abordagem histórica de causa e efeito*. Recife: Departamento de Recursos Naturais, 1981.

BUENO, C. A. R.; FIGUEIREDO, I. M. Z. A relação entre educação e desenvolvimento para o banco mundial: a ênfase na —satisfação das necessidades básicas para o alívio da pobreza e sua relação com as políticas para educação infantil. **Ix ANPED SUI**, 2012.

CARDOSO, A. L. **Desigualdades urbanas e políticas habitacionais socioeconômicas**. Rio de Janeiro: UFRJ. 2011. Disponível em: www.observatoriodasmegacidades.ufrj.br/textos.htm. Acessado em: março, 2024.

CASTRO, A. L. C. et al. **Manual para a decretação de situação de emergência ou de estado de calamidade pública- Volume I**. 2007. Disponível em:

<https://www.defesacivil.rs.gov.br/upload/arquivos/201511/04145516-02-manual-para-decretacao-de-situacao-de-emergencia-ou-de-estado-de-calamidade-publica-volume-1.pdf>. Acesso em: 14 set. 2023.

CASTRO, A. L. C. et al. **Manual de desastres - Volume I - Desastres naturais. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa**. Brasília. 2003. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Desastres_Naturais_VolI.pdf. Acesso em: 18 ago. 2023.

CASTRO, J. **Sete palmos de terra e um caixão: ensaio sobre o Nordeste, área explosiva**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 1967.

CASTRO, M.; PEIXOTO, M. N. O.; PIRES DO RIO, G. A. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro: UFRJ, v.28, n.2, p.11-30, 2005.

CEARÁ. ASSEMBLEIA LEGISLATIVA. **Caderno da sub-bacia hidrográfica do rio Banabuiú**: informações sobre saneamento básico. Fortaleza. INESP, 2009.

CEPAL. **Panorama Social de América Latina 1999-2000**. Santiago-Chile: Publicación de las Naciones Unidas, 2002.

Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH. **Diagnóstico Banabuiú**. Fortaleza: COGERH, 2022. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2022/08/DIAGN%C3%93STICO-BANABUI%C3%9A-OFICIAL.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2024.

CONTI, I. L; PONTEL, E. Brasileiro—autonomia, convivência com o. Semiárido; social, e. Protagonismo. Transição paradigmática na convivência com o Semiárido. *In*: CONTI, Írio Luiz; SCHROEDER, Edni Oscar (Org.). **Convivência com o semiárido brasileiro**, 2013, p. 29.

CORREA, M. G. G; GALVANI, E. Variabilidade Espacial e Sazonal da Precipitação Pluviométrica na Bacia Hidrográfica no Rio Piquiri-PR. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 34, p. 21-30, 2017.

CORREIA, L. A. M. B. **Vulnerabilidade socioambiental**: análise da cidade de Natal/RN a partir do índice geral de vulnerabilidade socioambiental por bairro. 2016, 105 fls. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2016.

CORTEZ, H. S; LIMA, G. P; SAKAMOTO, M. S. A seca 2010-2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos. **Parcerias Estratégicas**, v. 22, n. 44, p. 83-118, 2017.

COSTA, L. R. et al. Abordagem geoambiental na análise da degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú- CE. **Revista GeoAmazônia**. v. 4, n. 8, p. 27-45, Belém, 2016.

COSTA, L. R. F. **Fragilidade ambiental nos sistemas ambientais e sítios urbanos no vale do Rio Banabuiú** – CE. 2017, 231 fls. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. (Org.). **Atlas da vulnerabilidade social nas regiões metropolitanas brasileiras**. Brasília: Ipea, 2015.

CPRM. **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2003.

CURRAN, D. Beck's creative challenge to class analysis: from the rejection of class to the discovery of risk-class. **Journal of Risk Research**, v.21, n. 1, 29-40, 2018.

CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**. v.93, p. 59-69, 2011.

CUTTER, S. L. A; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, 84: 242 – 261. 2003. Disponível em: <https://www.d.umn.edu/~pfarrell/Natural%20Hazards/Readings/Cutter.%20Socail%20Vulnerability.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2024.

DANTAS, E.W.C. Sistema de cidades em terra semi-árida. In: ALMEIDA, M.G; RATTS, A.J.P (Org.). **Geografia – leituras culturais**. Goiânia: Alternativa, 2003.

DA SILVA, D.F. **Análise de aspectos climatológicos, agro econômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE)**. 2009, 218 fls. Tese (Doutorado em Recursos naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

DESCHAMPS, M. Estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba. **Cadernos MetrÓpole**, n. 19, p. 191-219. 2008.

DUARTE, F. C. **Segregação socioespacial e distribuição desigual de riscos ambientais na cidade de Itaocara, RJ**. 101 fls. Monografia (Bacharelado em Ciências Sociais) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro Campos dos Goytacazes – RJ, 2009.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária**. Solos do Brasil. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/solos-do-brasil>. Acesso em: 22 abr. 2023.

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, n. 1, 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25215>. Acesso em: 6 jan. 2023.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Paz e Terra. 1996.

FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acesso em: 19 jan. 2024.

GALLINA, V; TORRESAN, S; CRITTO, A; SPEROTTO, A. A review of multi-risk methodologies for natural hazards: consequences and challenges for a climate change impact assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 168, p. 123-132, 2016.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 5 dez. 2023

Instituto Nacional do Semiárido. Semiárido Brasileiro. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiario-brasileiro>. Acesso em: 12 jan. 2024.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, 2021.

JENKS, George F. Optimal data classification for choropleth maps. **Department of Geography, University of Kansas Occasional Paper**, 1977.

KAZTMAN, R. (Coord.). **Activos y estructuras de oportunidades. Estudios sobre las raíces de la vulnerabilidad social en el Uruguay**. Montevideo: Oficina del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Oficina de la CEPAL em Montevideo, LC/MVD/R, 1999.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais – conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

LIMA, J. R. et al. A influência dos aspectos geomorfológicos nas áreas degradadas suscetíveis à desertificação no estado do Ceará, Brasil. São Paulo. **Paisagem e Ambiente: Ensaios**. n. 38. p. 57-69. 2016.

LOIOLA, M. I. B et al. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. **Revista Ecologi@**, v. 4. p. 14-19, 2012.

MAIA, R. P. et al. Geomorfologia do campo de inselbergues de Quixadá – NE do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.2, n.16, 2015. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/651/469>. Acesso em: 16 jun. 2023.

MARCELINO, E. V. *et al.* Mapeamento de risco de desastres naturais do Estado de Santa Catarina. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 17, n. 8, p. 72-89, fev. 2006.

MARANDOLA JR, E; HOGAN, D. J. Natural Hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Revista Ambiente & Sociedade**. Campinas, v. 7, n. 2, 2004.

MARENGO, J. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. **Parcerias Estratégicas**, n. 27, p. 149-175, 2008.

MARENGO, J. A. et al. Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 °C'. **Natural Hazards**. Springer Netherlands, n. 103, v. 2, p. 2589–2611, 2020.

MARENGO, J. A; CUNHA, A. P; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**, São Paulo, ano 3, v.1, 2016.

MENDES, J. M. Risco, vulnerabilidade social e resiliência: conceitos e desafios. **Revista de**

Gestão e Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 7, n. esp., p. 463-492, jun. 2018.

MONTEIRO, J.B. A influência de teleconexões e sistemas meteorológicos produtores de precipitação no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.15, p.312-332, 2022.

MONTEIRO, J. B. **Desastres naturais no Ceará: uma análise de episódio pluviométricos extremos**. 2016, 255 fls. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFC, 2016.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. Desnaturalizando o desastre: as diferentes concepções teóricas que envolvem o conceito de desastre natural. **Revista Casa da Geografia de Sobral/CE**, v. 21, n. 1, p. 40-54, jun. 2019.

MORAES, B. C. et al. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazônica**, 35, p.207-214. 2005.

MOURA, M. O. et al. Desastres hidrometeorológicos na região Nordeste do Brasil: distribuição espaço-temporal dos reconhecimentos de Estado de Calamidade Pública. **Revista Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 26, n. 2, p. 259-271. 2016.

NEVES, Frederico de Castro. A seca na história do Ceará. In.: SOUZA, Simone de (Org.). **Uma nova história do Ceará**. Edições Demócrito Rocha. Fortaleza, 2000.

NUNES, L. H. **Urbanização e Desastres Naturais: abrangência América do Sul**. São Paulo: Oficina de Textos. 2015.

NUNES, L; MEDEIROS, P. Análise histórica da severidade de secas no Ceará: efeitos da aquisição de capital hidráulico sobre a sociedade. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 17, n. 1, p. 18, 2020.

NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos- CGEE; Banco Mundial, p. 292. 2016.

OLÍMPIO, J. L. S; COSTA, M. C. L; ZANELLA, M. E. Desastres naturais associados à dinâmica climática e à formação do território cearense. **Ateliê Geográfico**, v. 9, n. 3, p. 176-202, 2015.

OLÍMPIO, J. L. S. **Desastres naturais associados à dinâmica climática no Estado do Ceará: subsídios à gestão dos riscos de secas e de inundação**. 2013, 228 fls. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

OLÍMPIO, J. L. S. **Análise multicritério do Risco de Desastres Naturais: um estudo sobre a seca na região Nordeste do Brasil**. 2017, 244 fls. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

OLÍMPIO, J. L. S; ZANELLA. M. E. Distribuição espaço-temporal dos desastres naturais associados à dinâmica climática no estado do Ceará. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 30, p.110-131, 2015.

OLÍMPIO, J. L. S; ZANELLA. M. E; SANTOS. J. O. Avaliação da vulnerabilidade aos perigos naturais: o caso do Estado do Ceará, Brasil. **Revista da ANPEGE**, v. 13, n. 20, p. 53-82, 2017.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Rio de Janeiro, 1983.

ROCHA, B.N.; CURI, R.L.C.; MARGUTI, B.O.; COSTA, M.A. A dimensão de gênero do índice de vulnerabilidade social (IVS): alguns apontamentos teóricos e analíticos. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v. 16, p. 83-92, 2017.

RODRIGUES, L.; NEVES, S. Caracterização físico-ambiental da paisagem na bacia hidrográfica do rio Turvo - São Paulo, Brasil. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 17, n. 2, p. 52-72, 2023.

ROSA, V. S; COSTA, L. C. Banco de dados de vulnerabilidade socioambiental da região metropolitana de Fortaleza – Ceará. *In*: COSTA, L. C. M; DANTAS, C. W. (Orgs.). **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

ROSENDO, E. E. Q. **Desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade à seca na região semiárida brasileira**. 2014, 137 fls. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SANTOS, D. R. **Desastres Naturais Associados ao Clima na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú /CE**. 2021, 61 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Instituto Federal do Ceará, Campus Quixadá, 2021.

SILVA, B. W. F. **Variabilidade interanual das precipitações e eventos extremos na sub-bacia do rio Banabuiú, CE**. 2023, 49 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Instituto Federal do Ceará, Campus Quixadá, 2023.

SILVA, F. G; FERREIRA, E. J. Análise geográfica das áreas de risco no Brasil: uma proposta de investigação. *In*: V Congresso de Desenvolvimento Social, Montes Claros/MG, 2016. *In*: **Anais eletrônico** [...]. Montes Claros/MG, 29 a 01 de julho, 2010. p. 5-18.

SILVA, Í. B.; MENDES, L. M. S. Análise do Potencial Erosivo por Compartimentos Morfopedológicos como Subsídio ao Planejamento do Uso e Ocupação da Terra do Alto Banabuiú-Ceará. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 1, p. 1226, 2022.

SILVA, J.B. Discutindo o rural e o urbano. **Revista da ANPEGE**. v.7, n. 8, 2011.

SILVA, T. S. **Vulnerabilidade socioambiental frente aos riscos de desastres climáticos na região pluviométrica do Cariri/Curimataú paraibano**. 2022, 141fls. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba. - João Pessoa, 2022.

SILVA, V. M. D. A. *et al.* O desastre seca no Nordeste Brasileiro. **POLÊMICA**, v. 12. n. 2, p. 284-293, 2013.

SOUSA, F. C. et al. Vulnerabilidade social em contextos de riscos naturais: uma revisão

sistemática da literatura. **RECH-Revista Ensino de Ciências e Humanidades – Cidadania, Diversidade e Bem-estar**, ano 4, v. 4, n. 2, p.486-509, 2020.

SOUZA, L. B; ZANELLA, M. E. **Percepções de Riscos Ambientais: teorias e aplicações**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: Souza, M. J. N. et. al. (Org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará** Fortaleza: FUNECE, p.13-98, 2000.

SOUZA, M. S. Ceará: bases de fixação do povoamento e crescimento das cidades. DANTAS, Eustógio, Wanderley, Correia (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**, v. 2, p. 13-31, 2005.

SOUZA, T. S.; NASCIMENTO, P. S. Análise da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica na região hidrográfica do Recôncavo Sul (BA). **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 27, p. 1-18, jul./dez.2020.

STOCO, S. **Família, Educação e Vulnerabilidade Social: o caso da Região Metropolitana de Campinas**. 217 fls. Tese (Doutorado em Educação) — Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Campinas - SP, 2011.

SUDENE. Relatório Final Preliminar para delimitação do Semiárido. Ministério do Desenvolvimento Regional. 2021. 272p. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-deconteudo/02semiariadorelatorionv.pdf>. Acesso em 25 de Mai de 2023.

TELES, V. Riscos naturais e sociedade: estudo de caso no concelho de Braga. **Territorium**, Coimbra, v. 8, p. 77-92, 2001.

TOMINAGA, L. K.; AMARAL, R.; SANTORO, J.; (Org.). **Desastres Naturais: Conhecer para Prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

THOURET, J. C. Avaliação, prevenção e gestão dos riscos naturais nas cidades da América Latina. VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: **Contexto**, p. 83-113, 2007.

WINSEMIUS, H. C. et al. Disaster risk, climate change, and poverty: assessing the global exposure of poor people to floods and droughts. **Environment and Development Economics**, v. 23, n. 3, p. 328-348, 2018.

VEYRET, Y; RICHMOND, N. M. O risco, os riscos, In: VEYTET, Y. (Org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

ZANELLA, M.E. **Episódios pluviométricos intensos e os impactos socioambientais causados no estado do Ceará no ano de 2009**. IN: Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos – ENG, 2010.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, volume especial, p. 126-142, 2014.

ZANELLA, E. M. et al. Vulnerabilidade socioambiental de Fortaleza In: COSTA, L. C. M;

DANTAS, C. W. (Org.). **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.