



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO-UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS-CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente

**IMPACTO DO PROGRAMA DE CISTERNAS E A MITIGAÇÃO DA SECA EM
MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

RECIFE, PE
2024

AMANDA CRISTIANE GONÇALVES FERNANDES

**IMPACTO DO PROGRAMA DE CISTERNAS E A MITIGAÇÃO DA SECA EM
MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de concentração: Gestão e Políticas Ambientais.

Orientadora: Dra. Ana Lúcia Bezerra Candeias.

**RECIFE, PE
2024**

Catálogo de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Fernandes, Amanda Cristiane Gonçalves.

Impacto do programa de cisternas e a mitigação da seca em municípios do semiárido paraibano / Amanda Cristiane Gonçalves Fernandes. - Recife, 2024.

96f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, 2024.

Orientação: Ana Lúcia Bezerra Candeias.

Inclui referências e anexos.

1. Desertificação; 2. Políticas públicas; 3. Cisternas. I. Candeias, Ana Lúcia Bezerra. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

AMANDA CRISTIANE GONÇALVES FERNANDES

**IMPACTO DO PROGRAMA DE CISTERNAS E A MITIGAÇÃO DA SECA EM
MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de concentração: Gestão e Políticas Ambientais.

Aprovada por videoconferência em: 18/12/2024.

Banca Examinadora

Prof^ª. Dra. Ana Lúcia Bezerra Candeias
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

Prof^ª. Dra. Werônica Meira de Souza
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

Prof^ª. Dra. Rafaella Chrystiane de Moura Matos
Universidade Maurício de Nassau-UNINASSAU

Prof^º. Dr. João Rodrigues Tavares Junior
Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

**RECIFE, PE
2024**

Dedicatória

Dedico esta obra à minha avó materna, às minhas tias maternas e à minha mãe, mulheres que enfrentaram as dificuldades impostas pela ausência de políticas hídricas no semiárido.

Agradecimentos

Ao Senhor dos Exércitos pelo seu amor infinito e por ter sempre renovado as minhas forças a cada manhã.

A minha orientadora Dra. Ana Lúcia Candeias, pelo seu acolhimento, carinho, amizade, delicadeza, presteza e disponibilidade em me ajudar na elaboração deste trabalho

A toda a minha família pela ajuda direta e indireta que me prestaram durante esse processo.

Aos Professores avaliadores do meu trabalho de conclusão de curso pela atenção e disponibilidade. Suas contribuições serão muito importantes.

Aos professores que cursei as disciplinas pela rede Prodema, que tanto me ajudaram e inspiraram ao longo de toda essa caminhada.

A todos os meus colegas da turma que passei e que durante esses dois anos fizeram parte da minha vida. Estes anos ficarão guardados na minha memória, pelo apoio e conhecimento que compartilhamos juntos durante toda essa jornada.

Aos sindicatos rurais dos municípios de Lagoa Seca, São Sebastião de Lagoa de Roça pela ajuda e disponibilidade em responder os questionários.

A Organização não governamental ASPTA.

RESUMO

O semiárido brasileiro, caracterizado por longos períodos de estiagem e escassez hídrica, enfrenta desafios significativos, incluindo a desertificação e degradação do solo. Dentro desse contexto, o Programa de Cisternas foi desenvolvido como uma política pública para mitigar os efeitos da seca, fornecendo água para consumo humano e atividades agrícolas. Este estudo teve como objetivo analisar a eficácia do Programa de Cisternas nos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça, no semiárido paraibano, avaliando seu impacto no processo de desertificação e nas condições socioeconômicas das famílias agricultoras. A metodologia utilizada incluiu uma pesquisa exploratória e descritiva, com aplicação de questionários semiestruturados aos representantes sindicais, além da análise de dados obtidos por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os resultados indicam que o programa tem desempenhado um papel crucial na mitigação dos impactos da desertificação, melhorando a qualidade de vida das famílias, fortalecendo a agricultura de subsistência e promovendo práticas agroecológicas. No entanto, desafios persistem, como o recente desmonte do programa e a fila de espera para a construção de novas cisternas, afetando diretamente o acesso à água potável em comunidades vulneráveis. Conclui-se que, para garantir a sustentabilidade dessas comunidades, é necessário fortalecer as políticas públicas voltadas para o semiárido, assegurando a continuidade e expansão das tecnologias sociais de captação de água. O estudo também ressalta a importância de iniciativas comunitárias na gestão dos recursos hídricos e na promoção de práticas agroecológicas como medidas fundamentais para a convivência com a seca.

Palavras-chave: desertificação, políticas públicas, cisternas, agricultura sustentável, semiárido brasileiro.

ABSTRACT

The Brazilian semi-arid region, characterized by long periods of drought and water scarcity, faces significant challenges, including desertification and soil degradation. In this context, the Cistern Program was developed as a public policy to mitigate the effects of drought by providing water for human consumption and agricultural activities. This study aimed to analyze the effectiveness of the Cistern Program in the municipalities of Esperança, Lagoa Seca, and São Sebastião de Lagoa de Roça, in the semi-arid region of Paraíba, assessing its impact on the desertification process and the socioeconomic conditions of farming families. The methodology included exploratory and descriptive research, applying semi-structured questionnaires to union representatives and benefited families, in addition to data analysis using Geographic Information Systems (GIS). The results indicate that the program has played a crucial role in mitigating the impacts of desertification, improving the quality of life of families, strengthening subsistence agriculture, and promoting agroecological practices. However, challenges remain, such as the recent dismantling of the program and the waiting list for the construction of new cisterns, directly affecting access to potable water in vulnerable communities. It is concluded that, to ensure the sustainability of these communities, it is necessary to strengthen public policies aimed at the semi-arid region, ensuring the continuity and expansion of social technologies for water harvesting. The study also highlights the importance of community initiatives in the management of water resources and the promotion of agroecological practices as fundamental measures for coping with drought.

Keywords: desertification, public policies, cisterns, sustainable agriculture, Brazilian semi-arid.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. HIPÓTESES.....	15
3. OBJETIVOS.....	15
3.1.OBJETIVO GERAL.....	15
3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
4.1.CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO.....	16
4.2.A DESERTIFICAÇÃO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	19
4.3.OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	21
4.4.A DELIMITAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO E SUAS MUDANÇAS.....	22
4.5.O DESENVOLVIMENTO DE POLÍTICAS HÍDRICAS E A CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO.....	23
4.6.OS EFEITOS DA ESCASSEZ HÍDRICA.....	25
4.7.DEMOCRATIZAÇÃO DO ACESSO À ÁGUA ATRAVÉS DAS POLÍTICAS HÍDRICAS.....	29
4.8.PROGRAMA DE CISTERNAS.....	33
4.9.DESMONTE DO PROGRAMA DE CISTERNAS.....	41
5. METODOLOGIA.....	45
5.1.DESENHO DA PESQUISA.....	45
5.2.LOCAL DA PESQUISA.....	46
5.3.ETAPAS DA PESQUISA.....	49
5.3.1. Identificação do processo de desertificação.....	49
5.3.2. Influência das cisternas no aspecto socioeconômico das famílias agricultoras.....	51
5.3.3. Descrição das práticas alternativas (agroecológicas) em períodos de	

estiagem e avaliação do Programa de Cisternas nos municípios	51
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
6.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO	52
6.1.1. Indicador de desertificação	52
6.1.2. Cobertura do solo	55
6.1.3. Impacto do programa de cisternas observados através da cobertura do solo e indicadores de desertificação	59
6.2. INFLUÊNCIA DAS CISTERNAS NO ASPECTO SOCIOECONÔMICO DAS FAMÍLIAS AGRICULTORAS	59
6.2.1. Estimativa da População	60
6.2.2. Rebanhos	61
6.2.3. Lavouras	64
6.2.4. IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	67
6.3. DESCRIÇÃO DAS PRÁTICAS ALTERNATIVAS (AGROECOLÓGICAS) EM PERÍODOS DE ESTIAGEM E AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE CISTERNAS NOS MUNICÍPIOS	70
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
8. REFERÊNCIAS	75
9. ANEXO I	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Precipitação acumulada do município de Esperança no período de 2004 -2020.....	10
Figura 2 – Precipitação acumulada do município de São Sebastião de Lagoa de Roça no período de 2004 -2020.....	11
Figura 3 - Precipitação acumulada do município de Lagoa Seca no período de 2004 - 2020.....	12
Figura 4 - Semiárido brasileiro com a delimitação de 2021.....	23
Figura 5 - Cisterna de placa de cimento referente ao programa P1MC.	32
Figura 6- Exemplo de cistern calçadão.....	37
Figura 7 - Exemplo de cisterna enxurrada.....	37
Figura 8 - Exemplo de barreira-trincheira.	38
Figura 9 - Exemplo de barragem subterrânea.....	39
Figura 10 -Exemplo de tanque de pedra.....	39
Figura 11 - Mapa de Localização da ASPTA e Distribuição das Áreas Urbanizadas nos Municípios de Interesse no Estado da Paraíba.	47
Figura 12 - Localização e distribuição das cisternas dos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Seb. de Lagoa de Roça no semiárido paraibano.	49
Figura 13 - Representação gráfica da degradação do carbono orgânico do solo (A), degradação da cobertura do solo (B), Produtividade do solo (C) e o indicador ODS 15.3.1 (D) para a área de interesse entre 2004 e 2020 (SRC SIRGAS 2000/UTM 25 S).....	53
Figura 14- Mapas de cobertura do solo para os municípios de Esperança, São Sebastião de Lagoa de Roça e Lagoa Seca, no semiárido paraibano nos anos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020.	58
Figura 15 - Estimativa da população dos municípios de interesse de 2001 à 2021.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Áreas de cobertura do solo (ha) por categoria entre os anos de 2000, 2005, 2010 e 2020 dos municípios de Esperança, São Sebastião de Lagoa de Roça e Lagoa Seca, Paraíba-Brasil.....	55
Tabela 2 - Quantitativo de rebanhos de diferentes espécies de 2000 ao ano 2022 dos municípios estudados.	61
Tabela 3 - Área plantada (ha) e quantidade (t) colhida da cultura do milho de 2003 à 2022 dos municípios estudados.....	64
Tabela 4 - Área plantada (ha) e quantidade (t) colhida da cultura do feijão de 2003 à 2022 dos municípios estudados.....	66
Tabela 5 - Indicadores Socioeconômicos e de Desenvolvimento Humano dos municípios de municípios do Semiárido Paraibano e do Brasil para os anos de 2000, 2010 e 2020.	68
Tabela 6 - Relação de perguntas e respostas aos questionários aplicados aos representantes dos sindicatos rurais dos municípios estudados.....	70

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas, provocadas tanto por fenômenos naturais quanto por atividades humanas, têm gerado impactos significativos em regiões vulneráveis, como o semiárido brasileiro. Caracterizada por precipitações anuais entre 200 e 800 mm e altos índices de evaporação, essa região enfrenta desafios como escassez hídrica e desertificação, intensificados pela variabilidade climática, práticas agrícolas insustentáveis e manejo inadequado do solo (IPCC, 2007; IBGE, 2010). Já em 1994, estimava-se que 22% do semiárido estavam afetados pelo processo de desertificação, com projeções indicando o agravamento desse cenário nas próximas décadas (Sá et al., 1994; Salazar et al., 2007).

Diante desses desafios, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram estabelecidos durante a 70ª Assembleia Geral das Nações Unidas, em setembro de 2015, como sucessores dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Os ODS representam uma nova agenda global, que amplia e revitaliza compromissos anteriormente assumidos, ainda não completamente implementados. Denominada Agenda 2030, essa iniciativa propõe um horizonte temporal claro para alcançar metas que conciliem desenvolvimento sustentável e bem-estar social, reafirmando o compromisso com um futuro mais equilibrado e inclusivo (Meireles, 2021).

Ao redor do mundo, diferentes tecnologias são empregadas para o armazenamento de água, atendendo a necessidades específicas de cada região. Em países com infraestrutura mais desenvolvida, como os Estados Unidos e a Austrália, reservatórios artificiais de grande porte e sistemas de irrigação sofisticados são comumente utilizados (Ssekyanzi et al., 2024). Na Índia e no continente africano, métodos como represas de pequeno porte e tanques de captação de água da chuva ajudam a garantir a segurança hídrica em áreas rurais (Dhingra et al., 2020). No entanto, a realidade socioeconômica e climática do semiárido brasileiro requer soluções acessíveis e adaptadas às características locais, como as cisternas (Pérez-Marin et al., 2017).

Segundo (Soares et al., 2011) a desertificação é o processo de degradação do solo que acontece em regiões áridas, semiáridas e subúmidas. É intensificada pela exploração excessiva dos recursos naturais, especialmente pelo uso inadequado da terra e práticas agrícolas insustentáveis (Akhtar-Schuster et al., 2022). Esse fenômeno reduz a produtividade do solo e a capacidade de retenção de água, agravando ainda mais as condições de vida em áreas vulneráveis. O armazenamento de água por meio de cisternas pode ser uma medida eficaz para mitigar o processo de desertificação, pois permite a prática de agricultura sustentável, mesmo em períodos de seca prolongada (Pari et al., 2023). A disponibilidade de água nas cisternas auxilia na irrigação de pequenas áreas agrícolas e no fortalecimento da cobertura vegetal, o que,

por sua vez, reduz a erosão do solo e melhora a retenção de umidade, dois fatores críticos para combater a desertificação (Lyu et al., 2020; Laub et al., 2024). Dessa forma, o acesso contínuo à água ajuda a manter o solo produtivo e mitiga os impactos da degradação ambiental.

Criado em 2003, o Programa de Cisternas no Brasil tornou-se uma alternativa viável e de baixo custo para mitigar os efeitos da seca, promovendo a segurança hídrica e alimentar para milhões de famílias (Carvalho, 2020). As cisternas, que captam e armazenam água da chuva, apresentam semelhanças com tecnologias usadas em outras regiões do mundo, como os tanques de captação da Índia, mas são ajustadas às condições climáticas e socioeconômicas do semiárido brasileiro (Leite et al., 2023). A Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) foi pioneira na implementação dessas tecnologias, e o programa foi internacionalmente reconhecido por sua eficácia, recebendo prêmios como o Prêmio Prata da UNCCD, em 2017.

O Programa de Cisternas é uma iniciativa voltada para o desenvolvimento ambiental e social, promovendo soluções sustentáveis para o semiárido brasileiro. Por meio do repasse de recursos financeiros do governo federal às unidades gestoras, as cisternas são implementadas com uma abordagem de gestão participativa, envolvendo ativamente as comunidades locais.

As famílias beneficiadas passam por capacitações que abrangem diversas etapas do programa. Elas aprendem sobre a construção das cisternas, o manejo adequado da água e a adoção de práticas agroecológicas, que promovem a produção sustentável e preservam o meio ambiente. A compra dos materiais necessários é realizada na própria região, fomentando a economia local e contribuindo para a circulação de renda.

Além de fornecer uma solução para a escassez de água, o programa promove a subsistência e a autonomia dos pequenos agricultores, fortalecendo suas capacidades de produção e resiliência frente às adversidades climáticas. Dessa forma, o Programa de Cisternas não apenas atende às necessidades básicas de acesso à água, mas também impulsiona o desenvolvimento sustentável e a inclusão social no semiárido.

No entanto, o desmonte recente do programa federal e a fila de espera de 350 mil famílias por cisternas para consumo continuam sendo grandes desafios (Nunes, 2022). A construção de cisternas, além de ser uma solução prática, está alinhada a três dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU: erradicação da pobreza, fome zero e agricultura sustentável, e água potável e saneamento.

Esta dissertação busca compreender as ações do Programa de Cisternas e a mitigação dos efeitos da seca em comunidades rurais dos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça, no semiárido paraibano.

2. HIPÓTESES

- I. O Programa de Cisternas promove a captação e armazenamento de água da chuva, reduzindo a pressão sobre os recursos hídricos locais e mitigando os efeitos da seca e desertificação;
- II. O acesso contínuo à água potável e para a agricultura melhora as condições de vida das famílias, promovendo a segurança alimentar e fortalecendo a economia local através da agricultura sustentável;
- III. A gestão participativa e as capacitações fornecidas pelo programa incentivam a adoção de práticas agroecológicas, que são essenciais para a sustentabilidade e subsistência das famílias em períodos secos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a eficiência do Programa de Cisternas e a mitigação dos efeitos da seca em municípios do semiárido paraibano visando a sustentabilidade e subsistência das famílias em períodos secos.

3.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a minimização do processo de desertificação com o acesso às cisternas nos municípios estudados;
- Analisar a influência das cisternas no aspecto socioeconômico das famílias agricultoras;
- Descrever as práticas alternativas (agroecológicas) adotadas em períodos secos.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

Em busca de um melhor entendimento acerca do tema abordado nesta pesquisa, faz-se primordial o desenvolvimento deste capítulo, referencial teórico, e nesse contexto são desenvolvidas as sessões: características climáticas no semiárido, a desertificação e as mudanças climáticas, os impactos das mudanças climáticas, a delimitação do semiárido brasileiro e suas mudanças, o desenvolvimento de políticas hídricas e a convivência com o semiárido, os efeitos da escassez hídrica, democratização do acesso à água através das políticas hídricas, programa de cisternas, e o desmonte do programa de cisternas.

4.1 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO

A variabilidade da precipitação espaço-temporal é um dos problemas centrais no semiárido. Neste sentido, apesar de apresentar precipitações no decurso do ano, o clima quente, a aridez sazonal e as taxas de evaporação superior ao volume precipitado podem ocasionar a escassez hídrica (Ab'Saber, 1974).

Os cursos d'água são intermitentes para esta região. A baixa capacidade de retenção do solo com substrato cristalino e as precipitações curtas e torrenciais fazem com que o nível de escoamento superficial seja maior que a infiltração dessa água no solo (Toledo et al., 2014). As águas superficiais nessa região são limitadas, pois, os recursos hídricos não são suficientes para manter os rios perenes devido às altas evaporações, com exceção do rio São Francisco que consegue manter-se perene mesmo em períodos de baixa precipitação (Silva, 2018).

A região semiárida devido as suas características climáticas possuem uma vulnerabilidade natural ao processo de desertificação, no entanto, não é o principal motivo para o seu crescimento desenfreado nos últimos anos. No Brasil, a região semiárida possui um volumoso índice populacional, atividades de uso e ocupação de solo impactantes, práticas agrícolas inadequadas e mudança da vegetação nativa ocasionando o desequilíbrio ambiental. Ou seja, o aumento considerado da desertificação também acontece pelo resultado de ações antrópicas (Souza et al., 2015).

O semiárido paraibano apresenta características hídricas marcadas pela baixa disponibilidade de água e pela irregularidade no regime de chuvas, típico do clima semiárido. A precipitação média anual varia entre 400 e 800 mm, com anos de grande variabilidade, o que resulta em longos períodos de seca. Em anos de El Niño, a escassez hídrica é agravada, impactando ainda mais a segurança hídrica das comunidades locais. A região abrange grande

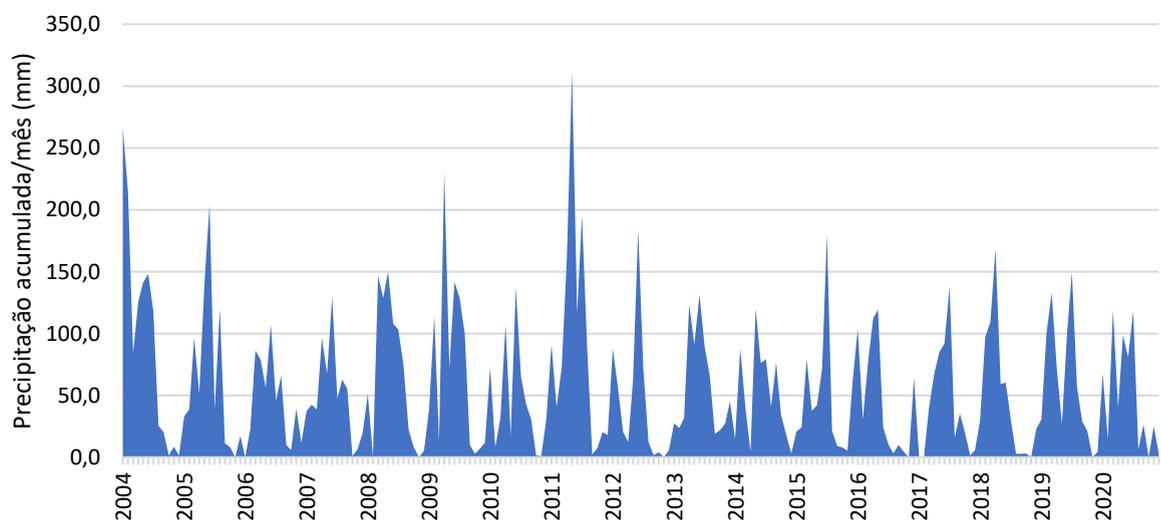
parte do estado da Paraíba, com destaque para as microrregiões do Cariri, Seridó e Sertão, que enfrentam desafios constantes para o abastecimento e a manutenção dos recursos hídricos (Ab'saber, 1980; De Oliveira Buriti & Barbosa, 2018).

Devido à ausência de rios perenes (rios que mantêm água durante o ano todo), a população do semiárido paraibano depende fortemente de reservatórios e açudes, que captam e armazenam a água das chuvas. Esses reservatórios, como o Açude Epitácio Pessoa (também conhecido como Açude de Boqueirão), são fundamentais para o abastecimento humano e para a agricultura. No entanto, a alta taxa de evaporação e a irregularidade das chuvas tornam esses açudes vulneráveis a períodos de seca prolongada (Oliveira, 2018).

Por se tratar de uma região com muitos afloramentos rochosos e solo cristalino existem muitas perfurações de poços e, conseqüentemente, o excesso de poços salinizados e aquíferos subterrâneos de difícil acesso. Grande parte dos poços perfurados na região semiárida da Paraíba encontra-se salinizada, o que torna a água imprópria para o consumo humano e limita seu uso. O aquífero subterrâneo, muitas vezes profundo e de difícil acesso, é uma das alternativas para amenizar a escassez, mas os altos níveis de salinidade e o custo de dessalinização dificultam seu aproveitamento (Costa, 2009).

De acordo com o período da implementação do Programa de Cisternas no ano de 2004 até 2020 os municípios estudados (Esperança, São Sebastião de Lagoa de Roça e Lagoa Seca) apresentaram variação na precipitação conforme apresentado pelas figuras 1, 2 e 3 respectivamente, abaixo:

Figura 1: Precipitação acumulada do município de Esperança no período de 2004 -2020.

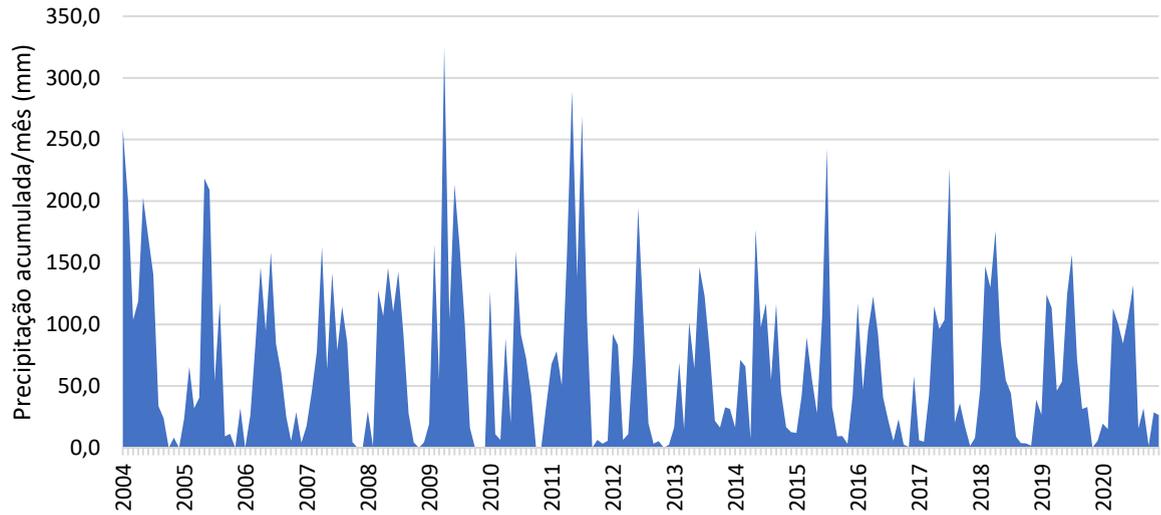


Fonte: AESA, 2022.

O município de Esperança apresentou variação da precipitação de 0 mm a 300mm e picos de maior precipitação nos anos de 2004 (250 mm) e 2011 (300 mm). Na figura 2 é

apresentada a precipitação acumulada do município de São Sebastião de Lagoa de Roça.

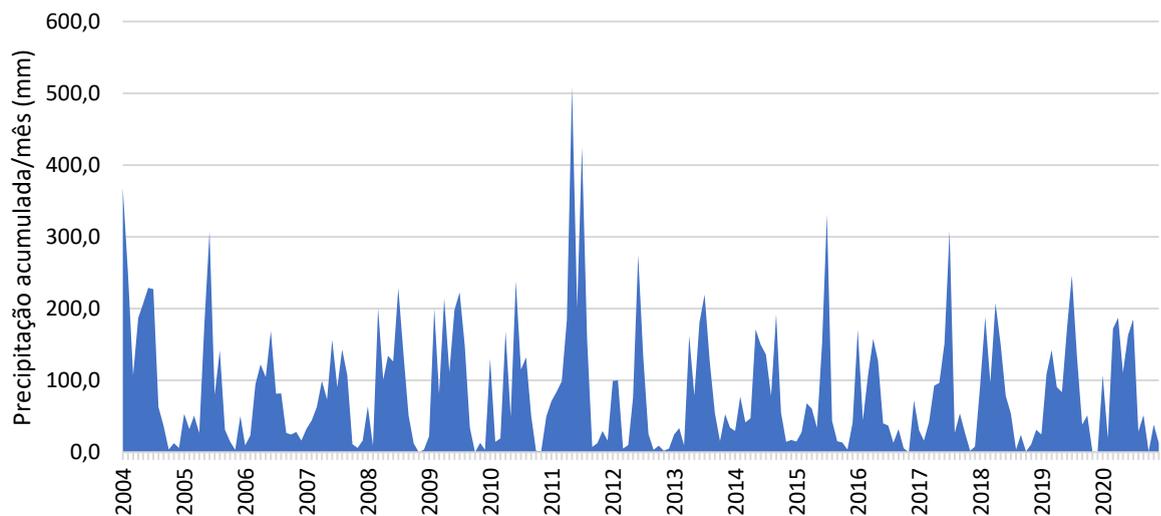
Figura 2: Precipitação acumulada do município de São Sebastião de Lagoa de Roça no período de 2004-2020.



Fonte: AESA, 2022.

O município de São Sebastião de Lagoa de Roça apresentou variação entre 0 mm a 311mm ao longo dos anos e pico de variação da precipitação 311mm em 2009, 289 mm em 2011 e 253mm em 2004. Na figura 3 é apresentada a precipitação acumulada do município de Lagoa Seca.

Figura 3: Precipitação acumulada do município de Lagoa Seca no período no período de 2004-2020.



Fonte: AESA, 2022.

O município de Lagoa Seca apresentou variação entre 0 mm a 499 mm ao longo dos anos e pico de variação da precipitação 499 mm em 2011, 381 mm em 2004 e 310mm em 2015. Na figura 3 é apresentada a precipitação acumulada do município de Lagoa Seca.

4.2 A DESERTIFICAÇÃO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A desertificação é um processo complexo de degradação da natureza que traz muitos problemas para as populações e autoridades, vez que sua evolução é bastante rápida e trás prejuizos cada vez maiores a todo o ecossistema, possibilitando o aumento de áreas desertificadas onde antes haviam áreas produtivas.

O fenômeno da desertificação é resultado de diversos fatores, tanto naturais como devido à ação humana no trato com a terra, ocasionando a perda de nutrientes do solo, reduzindo cada vez mais a vegetação local e contribuindo sobremaneira para o comprometimento da biodiversidade e conseqüentemente piorando a qualidade de vida das pessoas que vivem nestes biomas e dependem da produção oriunda da terra.

Assim sendo, pode-se considerar causas da desertificação: Mudanças Climáticas: Variações nos padrões de chuva e aumento das temperaturas podem contribuir para a diminuição da qualidade do solo, diminuindo sua capacidade de reter água e nutrientes; Atividades Humanas Insustentáveis: Práticas desordenadas de agricultura, pastoreio excessivo, desmatamento, mineração descontrolada e urbanização podem resultar na perda gradativa da qualidade do solo, pela perda de nutrientes; Exploração de Recursos Hídricos, vez que a má gestão dos recursos hídricos, incluindo a sobreexploração de aquíferos e a construção de represas, pode levar à salinização e ao empobrecimento do solo; Pobreza e pressão demográfica: ocorre devido ao fato de populações que muitas vezes recorrem a práticas insustentáveis de subsistência, contribuindo desta forma para a degradação do solo (Tavares, et.al, 2019).

São conseqüências da desertificação: perda da produtividade agrícola, vez que a desertificação empobrece o solo, tornando-o impróprio para o cultivo; Escassez de água, vez que a degradação do solo compromete os lençóis de água subterrâneos, fator determinante para aumentar a escassez de água potável; Perda da biodiversidade, vez que com solo sem nutrientes, torna-se impossível a manutenção da vegetação; migração, pois as populações locais acabam evadindo das regiões desérticas pela falta de qualidade do solo e ausência de água, em busca de condições melhores de sobrevivência; impactos socioeconômicos, vez que a desertificação tras prejuizos ao desenvolvimento local das áreas atingidas, dificultando o acesso ao desenvolvimento socioeconômico da população (Santos, 2005).

Analisando os aspectos relacionados às causas e consequências da desertificação, é possível verificar as possíveis ações preventivas que possibilitem a mitigação dos danos causados ao solo, evitando dessa forma o aumento de áreas desertificadas no semiárido brasileiro. Nesse contexto, o desenvolvimento de técnicas e práticas sustentáveis de utilização do solo, buscando sua conservação, tais como plantio direto, rotação de culturas e agroflorestamento, melhorando a fertilização da terra, dentre outras técnicas possíveis para a melhoria e manejo dos solos, com o intuito de garantir a preservação da natureza, a mitigação dos danos causados pela escassez de água, e consequentemente mitigando os problemas socioeconômicos das populações locais (Santos, 2005).

A desertificação está intimamente relacionada com as mudanças climáticas, também decorre do uso inadequado do solo e da aplicação de técnicas empregadas na agricultura, pecuária, construções civis e outros fatores. Esse processo de degradação de terras é muito comum em regiões áridas e semiáridas (Souza et al., 2015). No Brasil, a região semiárida alcançava o correspondente a 22% de sua área no processo de desertificação em 1994 (Sá et al., 1994; Sá et al, 2010).

No atual contexto de desertificação de grandes áreas do semiárido brasileiro, percebe-se a gravidade deste problema ecológico nos mais diversos setores da vida humana, vez que a desertificação atinge diretamente a vida de milhões de pessoas em todo o Brasil, bem como em todo o planeta Terra, onde o número de pessoas que sofrem com os problemas de escassez de água e consequências da desertificação já ultrapassa um bilhão de indivíduos. Analisando a desertificação em todo o globo terrestre, verifica-se que mais de cem países em todo o mundo já tem grandes problemas devido a este processo natural. O processo de desertificação é responsável pela perda anual da qualidade produtiva de pelo menos seis milhões de hectares de terras em todo o mundo, fator este que tras problemas não só locais nas áreas de desertificação, mas problemas ecológicos, econômicos e sociais em todo o planeta (Roxo, 2006; Roy et al., 2024).

Sá et al. (2004) em suas pesquisas evidenciam o caso do Estado da Paraíba como o espaço territorial brasileiro que mais sofre com a desertificação e todas as suas consequências. Frisa Sá et.al (2004) que as causas dessa desertificação no terrotório paraibano está diretamente ligada às modificações climáticas que foram se desenvolvendo durante os séculos, além do desmatamento excessivo da Caatinga, fator este atinge o bioma de maneira desastrosa, bem como as comunidades locais, que se vêem obrigadas a deixarem suas casas e comunidades para morar em outras localidades que garantam uma melhor subsistência (Araújo et al., 2005).

4.3 OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

No relatório do IPCC (Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas) são discutidos os seus impactos: alta emissão de gases de efeito estufa, redução de vazões em importantes bacias hidrográficas do semiárido, ocorrência de secas, aumento da precipitação em outras regiões ocasionando enchentes, ondas de calor e fragilidade das zonas costeiras. Estes impactos afetam diretamente na qualidade de vida, na economia e no meio ambiente.

Segundo Castro & Cavalcante (2011), o bioma Caatinga é considerado um dos biomas mais vulneráveis às mudanças climáticas. Suas características climáticas e de vegetação são fatores determinantes para esta vulnerabilidade, vez que em climas secos, a escassez de água é mais um fator que vai contra a sustentabilidade do bioma e a manutenção de sua vida animal e vegetal.

As mudanças climáticas têm causado impactos fortes na natureza e todo o planeta. Além disto, danos também são causados à sociedade, à economia local e mundial, vez que o meio ambiente com problemas afeta sobremaneira todo o sistema em que encontra-se inserido neste, seja ele sistema econômico, social, político, mercadológico, dentre outros (Liu et al., 2023)

Dentre os impactos mais devastadores das mudanças climáticas, pode-se destacar o aquecimento global, o derretimento das calotas polares e consequente elevação do nível e da temperatura dos mares, aumento da acidez das águas marítimas, alterações nos padrões de precipitação em todo o planeta, fatores estes que causam danos sérios à biodiversidade, segurança alimentar e saúde humana (Castro & Cavalcante, 2011).

As alterações climáticas também causam a diminuição da água potável, fator determinante para o deslocamento humano e migração, causando problemas sociais em diversas partes do mundo devido à grande quantidade de pessoas habitando em determinadas áreas que não suportam social e economicamente uma demanda tão grande de indivíduos em busca de subsistência e melhoria da qualidade de vida (Berlemann & Steinhardt, 2017)

Enfrentar as mudanças climáticas requer uma ação global coordenada, com o comprometimento de toda a sociedade mundial. Para implementar ações efetivas de combate às mudanças climáticas, é essencial promover mudanças significativas em vários aspectos sociais e econômicos globais. Exemplos dessas mudanças incluem a adoção de energia limpa e renovável, a conservação de ecossistemas críticos, a implementação de práticas agrícolas sustentáveis, a promoção de transportes mais eficientes e a adoção de políticas de adaptação que aumentem a resiliência das comunidades aos impactos inevitáveis. A experiência da Califórnia demonstra a importância de integrar medidas regulatórias, programas de incentivo e

investimentos em pesquisa e desenvolvimento tecnológico para alcançar esses objetivos. Essa abordagem coordenada e multidisciplinar é fundamental para enfrentar os desafios complexos e interdependentes das mudanças climáticas (Lewis & Rudnick, 2019).

Nesse sentido, é perceptível a necessidade cada vez maior de conscientização e a educação de toda a sociedade, tendo em vista serem esses dois pontos cruciais para promover mudanças de comportamento em escala individual e coletiva. (Castro & Cavalcante, 2011).

4.4 A DELIMITAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO E SUAS MUDANÇAS

Em busca de melhores maneiras para lidar com as características e necessidades de uma região bastante castigada com a escassez de água no Brasil, as ações governamentais em prol da delimitação do semiárido brasileiro se caracterizaram especialmente pela análise de fatores específicos para que determinada área seja incluída como semiárida, tais como índice pluviométrico, tipo de solo, vegetação, clima, dentre outros.

Em 2005 o Grupo de Trabalho criado pelo Ministério do Desenvolvimento estabeleceu critérios técnicos para a nova delimitação da região do semiárido brasileiro, a proposta foi promover a inserção de mais municípios para o acesso de políticas públicas.

Os critérios adotados basearam-se no índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; a precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; e o percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

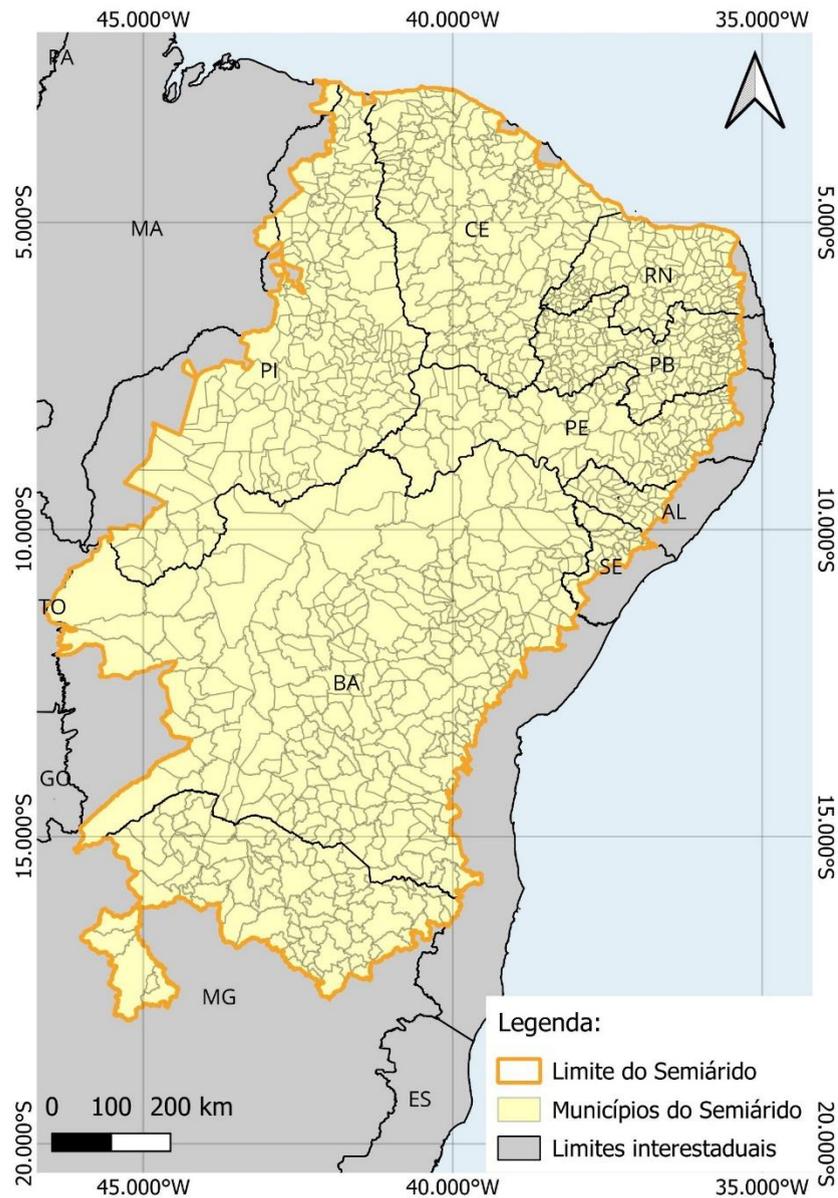
Com as mudanças em sua delimitação, o semiárido representa quase 18% do território brasileiro (SUDENE, 2024). Na figura 1 são apresentados os estados brasileiros e os municípios que estão compreendidos na região semiárida de acordo com a delimitação de 2024.

O Semiárido Brasileiro abrange os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, e é composto por 1.477 municípios (SUDENE, 2024). Na Paraíba, a região semiárida abrange uma área de aproximadamente 56.645 km², correspondendo a 75% do território do estado, com 199 municípios e uma população de aproximadamente 2.809.738 habitantes (SUDENE, 2024).

O semiárido paraibano abrange as mesorregiões do Agreste, Borborema e Sertão. As microrregiões que compreendem a mesorregião no Agreste são: Brejo Paraibano, Campina Grande, Curimataú Ocidental, Curimataú Oriental, Esperança, Guarabira, Itabaiana e Umbuzeiro; da mesorregião do Sertão são: Catolé do Rocha, Cajazeiras, Itaporanga, Patos, Piancó, Serra do Teixeira e Sousa; Na Borborema, as microrregiões estão compreendidas em: Cariri Ocidental, Cariri Oriental, Seridó Ocidental Paraibano e Seridó Oriental Paraibano;

(IBGE, 2017). Na figura 4 é apresentado o mapa do semiárido brasileiro com a recente atualização em 2021.

Figura 4- Semiárido brasileiro com a delimitação de 2021.



Fonte: Adaptado de SUDENE, 2024.

4.5 O DESENVOLVIMENTO DE POLÍTICAS HÍDRICAS E A CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO

As intervenções estatais na região nordeste sempre foram marcadas pela resistência e luta contra a seca, suas ações eram pautadas no centralismo e nos recortes fragmentados das políticas públicas (Passador et al, 2010).

Foram criados vários órgãos como a Inspeção de Obras Contra a Seca (IOCS), a

Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) e o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) (Araújo et al., 2015).

As políticas hídricas para o semiárido brasileiro nos últimos dez anos têm se concentrado em resolver problemas crônicos de escassez e gestão ineficiente dos recursos hídricos. O semiárido brasileiro, onde está localizada a maior parte do bioma da Caatinga, é caracterizado por chuvas irregulares, longos períodos de estiagem e baixíssima disponibilidade de água potável. Neste contexto, diversas iniciativas foram implantadas para mitigar os efeitos da seca, garantir o abastecimento e melhorar a qualidade de vida das populações locais (Dias, 2020).

Entre as políticas mais relevantes destacam-se:

O Programas de construção de cisternas têm sido uma das iniciativas de maior impacto social e ambiental na região. O Programa Cisternas, iniciado na década de 2000, manteve investimentos nos últimos anos para levar infraestrutura de captação de água da chuva às populações rurais. Cisternas de consumo humano e para produção agrícola têm garantido segurança hídrica e alimentar para milhões de pessoas, além de reduzir a dependência de carros-pipa em períodos de seca extrema (Pontes, 2010).

Uma das maiores e mais polêmicas obras de infraestrutura hídrica do Brasil, o Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) se destaca por canalizar água do São Francisco para abastecer quatro estados do Nordeste (Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte). Iniciado em 2007, o projeto teve trechos finalizados nos últimos dez anos, embora ainda enfrente desafios quanto à manutenção e à expansão do acesso à água nas áreas mais distantes dos eixos principais (Nascimento Júnior, 2020).

Em consonância com o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), o semiárido tem buscado desenvolver comitês de bacias hidrográficas, promovendo uma gestão participativa dos recursos hídricos. Os consórcios intermunicipais e a criação de normas de gestão integrada das bacias do semiárido têm sido alternativas para gerir a água de forma sustentável e coordenada entre os estados e municípios da região (Silva, 2021).

Nos últimos anos, programas de dessalinização, como o Programa Água Doce, têm sido implementados para oferecer água potável às comunidades que dependem de poços salinizados. A dessalinização, embora tenha um custo elevado, proporciona água potável a localidades onde as fontes são contaminadas por alto teor de sal. Além disso, políticas de reúso de água, especialmente para agricultura e consumo animal, vêm sendo promovidas, permitindo melhor aproveitamento dos recursos (Silva, 2024).

O Programas de desenvolvimento agrícola adaptados ao clima semiárido, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF Semiárido), têm

incentivado a adoção de técnicas de produção mais sustentáveis. Sistemas de irrigação por gotejamento, plantio de culturas adaptadas à seca e a agroecologia têm sido impulsionados como parte das políticas de segurança hídrica e alimentar para a região (Guimarães, 2023).

A ideia de "convivência com o semiárido" orienta muitas das políticas recentes, buscando transformar a visão da seca como um problema a ser combatido para uma realidade com a qual é possível conviver. Iniciativas de educação ambiental, capacitação técnica e apoio ao desenvolvimento de práticas de conservação da água têm empoderado comunidades para melhor gerirem seus recursos e adotarem técnicas de captação e uso sustentável (Santos, 2023).

Apesar dos avanços, os desafios permanecem grandes. A infraestrutura de algumas obras é frequentemente precária, como no caso da transposição do São Francisco, e a gestão de recursos hídricos precisa se adaptar às mudanças climáticas, que agravam a aridez do semiárido (Rosa, 2020). A ampliação das tecnologias de dessalinização e a maior integração das comunidades às políticas de gerenciamento de água estão entre as prioridades para o próximo período. Políticas sustentáveis e investimentos consistentes são cruciais para garantir o abastecimento hídrico do semiárido, promovendo segurança e desenvolvimento econômico para a população da região.

4.6 OS EFEITOS DA ESCASSEZ HÍDRICA

A região semiárida possui dois principais entraves naturais que dificultam o seu desenvolvimento: a escassez hídrica e a erosão dos solos. A sua variabilidade climática é fortemente vulnerável ao acontecimento de eventos extremos (Montenegro & Ragab, 2010). Não obstante, apresenta duas estações bem definidas ao ano, os períodos chuvosos com chuvas rápidas e torrenciais e os períodos secos. Em virtude dessas características climáticas e geológicas seus cursos d'água possui caráter intermitente (Nunes, 2018).

Os efeitos da escassez hídrica dificultam a qualidade de vida e o desenvolvimento socioeconômico desta região. É imprescindível a criação de políticas hídricas para o acesso democrático da água (Cirilo et al., 2010).

A água é uma parte fundamental de todos os aspectos da vida (Nações Unidas, 2021). Sendo ela, fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, para a produção de energia e alimentos, para a construção de ecossistemas saudáveis e para a sobrevivência da espécie humana (Nações Unidas, s.d.). As grandes civilizações do passado e do presente, assim como as do futuro, dependem e dependerão da água para sua sobrevivência econômica e biológica, pois está intrinsecamente ligada aos três pilares do desenvolvimento sustentável e integra

valores sociais, culturais, econômicos e políticos (Nações Unidas, 2021).

A ascensão de um padrão consumista de vida a partir do século XX, o aumento da população e a expansão dos setores agropecuários, de energia e industriais, provocou mudanças nos padrões de consumo e conseqüentemente um crescimento da demanda mundial por água (Silva et al, 2017). E que, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) existe um risco evidente de uma crise global de escassez da água, devido ao consumo excessivo como também às mudanças climáticas ocorridas (Nações Unidas, 2021), existindo uma alta correlação entre a ocorrência de eventos extremos (secas e cheias) em diferentes partes do planeta. A escassez de água no mundo é agravada em virtude da desigualdade social, da falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais (CETESB, s.d), como também com as desigualdades de acesso a esse recurso essencial à vida.

De acordo com os últimos números de 2020, 26% da população mundial (2 bilhões de pessoas) não tinham acesso a serviços de água potável gerenciados com segurança, e estima-se que 46% (3,6 bilhões) não tinham acesso a saneamento gerenciado com segurança (UNESCO, 2023). E conforme as Nações Unidas (2023), chegamos à metade da população mundial sem acesso à água potável, saneamento e higiene.

Para a UNESCO (2023) é difícil prever com precisão as tendências futuras da demanda. Burek et al. (2016) estimaram que a demanda global geral por água continuará a aumentar a uma taxa anual de cerca de 1%, resultando em um aumento de 20% a 30% até 2050, com uma margem de erro de mais de 50%. O relatório do Programa de Monitoramento Conjunto (UNICEF, 2019) indica que 1,8 bilhão de pessoas têm acesso a serviços básicos de água potável desde 2000, mas há grandes desigualdades na acessibilidade, disponibilidade e qualidade desses serviços.

Os dados mostram que oito em cada 10 pessoas que vivem em áreas rurais não têm acesso a esses serviços; além disso, em um a cada quatro países com estimativas para diferentes grupos de renda, a cobertura de serviços básicos entre os mais ricos era pelo menos duas vezes maior do que entre as pessoas mais pobres (UNICEF, 2019). Pois, o território brasileiro possui recursos hídricos em abundância, mas a má distribuição geográfica deste recurso, bem como a superexploração e falta de programas adequados de manejo, e à falta de acesso à infraestrutura de saneamento causaram graves crises de escassez hídrica em diversas regiões do país (Mattiuzi, 2018).

No Brasil, as situações de maior déficit hídrico ocorrem no Semiárido (Brasil, 2021). Biomas brasileiros estão ameaçados devido às ações antrópicas e resultados irreversíveis para sua manutenção e sustentabilidade. Há riscos de desertificação na Caatinga, seca prolongada na

Amazônia e perda de biodiversidade na Mata Atlântica. Já o Cerrado, bioma conhecido como “berço das águas brasileiras”, pode sofrer escassez hídrica até 2050, de acordo com um estudo publicado recentemente na *Sustainability* (Pacto, 2023).

A escassez de água está se tornando endêmica, como resultado do impacto local do estresse hídrico físico, juntamente com a aceleração e a disseminação da poluição da água doce (UNESCO, 2023). Apresentando nos últimos anos, uma crise de água e saneamento, sendo uma ameaça para todos, pois a má gestão da água aumenta ou multiplica os riscos em todos os aspectos da vida (Nações Unidas, 2021).

A ONU alerta que, com essa tendência de escassez hídrica, as estatísticas mostram que o problema deve atingir até 2,4 bilhões de pessoas até 2050 em razão do mau uso dos recursos naturais (ONU, 2023), o que têm acelerado a diminuição da oferta da água, com severa escassez em inúmeras regiões do mundo e conseqüente ocorrência de graves danos à vida e à saúde dos seres humanos, suas relações e ambientes, rurais e urbanos, bem como à fauna e à flora, trazendo, ainda, prejuízos diretos à economia, à agricultura, ao desenvolvimento social e ao ordenamento dos territórios (ANA, 2018). Culturalmente tratado como um bem infinito, a água é um dos recursos naturais que mais tem dado sinais de que não subsistirá por muito tempo às intervenções humanas no meio ambiente e às mudanças do clima (Brito, 2018).

Nas primeiras décadas do século XXI, o tema do acesso à água ganhou importância geopolítica e econômica crescente, associado às preocupações sobre os efeitos dos processos de mudança climática e aos riscos de concretização de uma crise hídrica global (Cunha, 2020). Considerando que a escassez de água é um problema do tempo presente, no campo e nas cidades, com trajetória de agravamento para o futuro (ANA, 2018), apresentando um quadro preocupante não só porque a falta de água é um fator que limita o desenvolvimento sustentável, mas também porque condena milhões de pessoas à vida de pobreza, com condições de saúde precárias e limitadas oportunidades de trabalho e renda no campo (Azevêdo, 2015).

A preocupação com a escassez de água ganhou espaço na agenda das políticas públicas, em termos mundiais, a partir dos últimos anos da década de 1980, tendo ajudado a justificar inúmeras ações governamentais (Ribeiro; Santos; Silva, 2019). Pois, a água é uma variável de grande peso nas equações estratégicas, e isso a torna um elemento de poder, um instrumento que pode ser manipulado pelos políticos de acordo com seus interesses (Azevedo, 2015).

Todavia, não se pode deixar de evidenciar que da escala global à escala regional, o tema da escassez se impôs: a falta de água se constituiu como o principal problema a ser enfrentado (Cunha, 2020). Desta forma, essa escassez hídrica apresenta contornos sociais, geográficos e ambientais, mas predominantemente político-econômicos, devido à liberalização-

mercantilização-privatização da água, que, por sua vez, influencia o desenvolvimento de políticas hídricas (Pedrosa, 2018).

O Brasil foi marcado pelos esforços na elaboração tanto de discursos renovados fundamentados nas ações voltadas ao desenvolvimento regional, quanto de formular e executar políticas públicas inovadoras (Cunha, 2020). Sendo, detentor de 14% das reservas de água, refletir acerca da governança global da água, exerce um papel fundamental num mundo com escassez de recursos hídricos (Wolkmer; Pimmel, 2013).

Esses discursos e essas políticas alimentaram-se fortemente das críticas produzidas às estratégias de combate à seca e às grandes políticas hídricas e projetos de modernização econômica, destinados à região do semiárido. Num cenário marcado por grande experimentação social e pelo debate em torno da sustentabilidade e da degradação ambiental (Cunha, 2020).

Estas políticas hídricas devem ser consideradas não apenas nos termos das críticas formuladas pelos defensores da noção de convivência, mas também a partir dos desafios atuais que se colocam para a democratização do acesso a água (Pedrosa, 2018).

De modo que o Brasil, no período de 1990-2016, através das Políticas Sustentáveis de Desenvolvimento, teve um marco legal, com a construção conceitual, teórica e operacional, com a Política Nacional de Recursos Hídricos, através da Lei nº 9.433/1997, implementada nos estados como a “Lei das Águas” (Azevêdo, 2015).

Sendo considerada uma das mais importantes leis hídricas democráticas do mundo, pois propôs um modelo de gestão sustentável, compartilhada, descentralizada e participativa (Buriti et al, 2020), ou seja, a gestão de recursos hídricos deverá ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (Wolkmer; Pimmel, 2013). A partir disso, também foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh). Anteriormente a esta Lei, a gestão das águas era regida pelo Código das Águas de 1934 (Figueiredo et al, 2023).

A Lei das Águas foi fundada, cujos objetivos principais foram: o controle do uso por meio de instrumentos de outorga e de cobrança pelo uso da água bruta; preparação de planos de recursos hídricos para as bacias hidrográficas e os estados; estruturação de entidades gestoras e organismos de bacia; instituição de programas de obras estruturadoras (Azevêdo, 2015).

Assim, possibilitando uma maior abrangência de articulação entre os entes políticos e trazendo uma visão mais global sobre as questões ambientais integrando a gestão dos recursos hídricos com o meio ambiente para garantir a manutenção do meio ecologicamente equilibrado e o desenvolvimento sustentável (Kalogiannidis, 2023).

4.7 DEMOCRATIZAÇÃO DO ACESSO À ÁGUA ATRAVÉS DAS POLÍTICAS HÍDRICAS

No Brasil, a partir da Lei das Águas, as políticas públicas começaram a relacionar a escala nacional/global (rios e aquíferos transfronteiriços) e a escala local/regional (rios e aquíferos nacionais) (Wolkmer; Pimmel, 2013). Nessa perspectiva, as leis que regem a gestão e o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil são criadas com o objetivo de democratizar o acesso à água, garantindo a vida, a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável, especialmente em regiões com déficits hídricos e comunidades rurais carentes. Essa abordagem enfatiza a participação social e a integração de diferentes níveis de governo e da sociedade civil na gestão compartilhada dos recursos hídricos, promovendo práticas de sustentabilidade e justiça social (Jacobi & Barbi, 2007).

Mas, vinte anos após a normatização de uma lei específica para a regulação e a gestão do recurso hídrico, diversos fatores ainda contribuem para dificultar a consolidação dessas novas instâncias de tomada de poder (Pavão; Nascimento, 2019). A questão da democratização do acesso à água tem sido colocada como um dos principais problemas da governança global e na escala internacional, os debates têm se concentrado em torno do que se tem chamado de mercantilização ou comodificação da água (Pedrosa, 2018).

Pois, como aponta Wolkmer e Pimmel (2013) a Lei 9.433/97 mantém o poder decisório entre os que detêm o conhecimento técnico científico, inviabilizando a possibilidade de consolidar um espaço para interlocução que possibilite compartilhar a responsabilidade com segmentos que sempre tiveram presença assimétrica a gestão pública.

Comparando-se as regiões do país, pode-se afirmar que, em função das dificuldades históricas, os maiores avanços na gestão dos recursos hídricos ocorreram no Nordeste (Azevêdo, 2015) e que a maioria das políticas hídricas praticadas no Nordeste brasileiro ao longo do Século XX foram formuladas no âmbito do paradigma do combate às secas (Pedrosa, 2018).

O desenvolvimento da coordenação política da Articulação Semiárido Brasileiro (ASA), passou a aglutinar um conjunto de organizações da sociedade civil empenhadas em alcançar objetivos comuns, pautando-se na necessidade de implementação de novas políticas públicas direcionadas à qualidade de vida e a democratização do acesso à água e à terra, entre outras demandas (Cavalcante; Souza, 2022).

Com base em experiências de algumas das entidades que lhe dão sustentação a ASA –

Brasil, em 1999, lançou um documento com o Título de Declaração do Semiárido, onde foi considerado o ponto de partida para construção de um programa para a convivência com a região do semiárido. Segundo o documento, a proposta para um programa de convivência estava fundamentada em duas premissas: conservação, uso sustentável e recomposição ambiental dos recursos naturais da região; a quebra do monopólio de acesso à terra, água e outros meios de produção (Pedrosa, 2018).

Em 2001, a ASA idealizou o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), e no ano de 2003, com o apoio do governo federal, foi incluído no programa Fome Zero por intermédio do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) (Cunha, 2020), em 2005, 2007 e 2008 foram celebradas outras parcerias, com financiamento do Governo Federal, da ONU, da Federação Brasileira de Bancos, bem como de organizações estrangeiras e nacionais, podendo ser visto como um processo de contraposição social às decadentes práticas de abastecimento de água observadas no sertão semiárido (Azevêdo, 2015).

Considerando o objetivo de democratização do acesso à água nas comunidades rurais do semiárido, é fundamental considerar dois aspectos interligados: os indicadores de qualidade, quantidade e regularidade do abastecimento que caracterizam as infraestruturas hídricas implantadas pelos Programas, e o potencial destas iniciativas na redução das desigualdades de acesso à água na região (Cunha, 2020). A democratização da água no semiárido brasileiro é um dos principais alicerces do arcabouço das ações e diretrizes do paradigma da convivência (Pedrosa, 2018).

Uma das principais políticas hídricas com maior expansão na região do semiárido foi a açudagem. A construção de reservatórios superficiais se expandiu largamente em todos os estados do nordeste, principalmente na década de 60, século XX (Silva, 2020).

A partir dos anos 80, o exército brasileiro assumiu uma ação emergencial hídrica que ao longo de décadas tornou-se uma política pública para a região. O transporte de água por meio de carros adaptados “carros-pipa” para as famílias carentes e que estão localizadas em locais de difícil acesso (Carvalho Neto, 2019).

Com a construção de grandes reservatórios ou de poços subterrâneos houveram construções de canais e adutoras. Um exemplo é a adutora do Pajeú que visa atender uma demanda hídrica para 19 municípios do estado de Pernambuco (Montenegro & Montenegro, 2012).

A construção de dois grandes eixos principais constitui a obra da Transposição do Rio São Francisco. A partir da criação de dois canais, o primeiro no eixo Leste, que atende à

demanda de água para o Sertão e a região Agreste de Pernambuco e da Paraíba e o segundo no eixo Norte atende à demanda hídrica para os sertões de Pernambuco, Ceará, Paraíba e Rio Grande do Norte (Castro, 2011).

Ferreira (2019) destaca em seu estudo as etapas para o processo de transferência das águas do rio São Francisco. Em 2017 foi inaugurada a primeira fase da obra para a região nordeste.

A criação de tecnologia social perpassa pelos saberes ancestrais. Por serem desenvolvidos e aprimorados de geração em geração não se sabe a origem ou quem são os seus inventores. Os clãs como forma de sobrevivência precisavam desenvolver ferramentas e mecanismos que os ajudassem a fixar-se em uma determinada região para produzirem seu próprio alimento e reproduzirem (Menezes & Souza, 2011; Rocha Filho et al., 2016).

Segundo Selva (2011) as tecnologias sociais são instrumentos ou mecanismos de fácil adaptação, replicação e custo baixo. Estas tecnologias conseguem ser transformadoras, uma vez que são criadas com o objetivo de solucionar problemas sociais que refletem diretamente na qualidade de vida promovendo a inserção social.

A partir dos anos 90 as tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva têm sido essenciais para o abastecimento de águas para as famílias da zona rural. A captação da água acontece a partir dos telhados das casas podendo ter adaptações como é o caso das cisternas de alvenaria, cisterna de tela e cisterna de placa de cimento. (ASA, 2019).

Devido à falta de acesso ao saneamento na zona rural, as tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva tem um papel ainda mais importante, a partir da sua implantação houve a diminuição da água contaminada e sua suscetibilidade à contaminação por agentes transmissores (Gomes et al., 2011; Medonça et al., 2012)

Em 2003 houve a criação do Programa de Cisternas através do P1MC (Programa Um Milhão de Cisternas) consiste na construção de cisternas de placa de cimento com capacidade para 16 mil litros de água. Estimativas da Articulação do Semiárido Brasileiro apontam que consegue atender as necessidades básicas (água para beber e cozinhar) de uma família com até 5 membros por um período entre 6 a 8 meses (ASA, 2019).

Em 2007 a implantação do programa P1+2 (Programa Uma Terra e Duas Águas) possibilita o armazenamento de água voltada para o plantio e para a dessedentação animal. Trata-se de uma cisterna de placa de cimento retangular com capacidade para armazenar 52 mil litros de água. Foi a partir desse programa que outras tecnologias também foram desenvolvidas como a barragem subterrânea em que a sua construção é uma espécie de parede dentro da terra que serve para reter a água do escoamento superficial e a parte que infiltra no solo é conhecida

também como a “caixa d’água do sertão” (Berrêdo et al., 2008).

Na figura 5 é apresentado um modelo de cisterna referente ao Programa P1MC com capacidade para 16 mil litros.

Figura 5 - Cisterna de placa de cimento referente ao programa



Fonte: Autora, 2023.

Esta cisterna é referente ao Programa P1MC possui capacidade de 16 mil litros. A própria comunidade recebe capacitação para a sua construção, inclusive, as mulheres que são chefes de família (grupo prioritário) constroem sua cisterna. A durabilidade dessa tecnologia consegue alcançar em média 40 anos quando realizada as manutenções conforme as orientações compartilhadas nas capacitações. Trata-se do acesso à primeira água (água de beber) (ASA, 2019).

Outra técnica que se difundiu entre os anos de 2010 em diante foi a perfuração de poços artesianos. No entanto, pelas características da região semiárida, o solo possui embasamento predominantemente cristalino e a água encontrada é do tipo salobra ou considerada imprópria para o consumo, precisando passar por um processo de tratamento como a dessalinização (Silva et al, 2010).

Em 2012 através da criação do Programa Água Doce houveram as instalações de dessalinizadores nas comunidades rurais associados aos poços artesianos, têm-se constituído em política governamental, em esferas federal e estadual (Formoso, 2010).

4.8 PROGRAMA DE CISTERNAS

O Programa de Cisternas surge a partir de reivindicações de organizações, igrejas, ONGs e agricultores que exigiam ações efetivas de políticas hídricas para a região do semiárido, de caráter permanente. Foi criado o Programa P1MC (Programa Um Milhão de Cisternas) e, logo em seguida, o P1+2 (Programa Uma Terra e Duas Águas) (Carvalho et al., 2019).

Essas tecnologias sociais hídricas possuem funções importantes como o armazenamento e captação de água de chuva. Além disso, proporciona um pouco de autonomia hídrica para as famílias agricultoras da região (Coutinho, 2010). Por outro lado, o custo para sua fabricação é barato, fácil replicação e adaptável em lugares de difícil acesso à água permitindo o máximo de aproveitamento da água da chuva (Malvezzi, 2007). O principal objetivo do programa é democratizar o acesso à água e com boa qualidade (Costa, 2013).

Em comunidades da zona rural é possível ver famílias com acesso às cisternas que conseguiram melhorar a sua qualidade de vida. Houveram benefícios ambientais diminuindo a quantidade de pragas nas produções e a salinização dos solos. As famílias ao serem beneficiadas com as cisternas recebem capacitações para a gestão das águas e práticas agroecológicas. Possibilitando uma melhor qualidade na alimentação permitindo desdobramentos positivos na saúde (Malvezzi, 2007).

Segundo a Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) estima-se investimentos em torno de R\$1,25 bilhão para suprir a necessidade dessas tecnologias na região do semiárido. Seria necessário a implementação de mais de 350 mil cisternas para cobrir o déficit remanescente.

De acordo com Diniz & Lima (2007) com o acesso a cisterna, as famílias conseguiriam acesso a água com padrões de potabilidade aceitáveis.

O P1MC foi instituído através do Programa Nacional de Apoio a Captação de Água de Chuva e outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água, a partir da Lei 12.873/2013 (Arsky et al, 2020). Este programa foi destinado às famílias com renda de até meio salário mínimo por membro da família, incluídas no Cadastro Único do Governo Federal, e que contenham o Número de Identificação Social (NIS) (Azevêdo, 2015) e tinha como objetivo construir um milhão de cisternas para captar e armazenar água da chuva em cinco anos a partir de 2001, procurando atender cinco milhões de pessoas que convivem com a insuficiência hídrica e os flagelos sociais da seca (Pedrosa, 2018).

As cisternas construídas pelo P1MC têm capacidade para armazenar 16 mil litros de água que, segundo orientação do Programa, devem ser utilizados para beber, cozinhar e escovar os dentes (ASA, 2001); e que de acordo com técnicos a água armazenada é suficiente para

abastecer uma casa com cinco pessoas durante 8 meses. A construção da cisterna é realizada por pessoas da própria comunidade que são capacitadas no âmbito do programa. Em algumas regiões são realizados mutirões que além de construir cisternas qualificam a população local e resgatam um importante mecanismo de combate à seca que é a solidariedade (Gomes; Heller, 2016).

Mas, levando em consideração o aproveitamento de água de chuva proporcionado pelo programa ainda mantém diferentes fatores de risco à saúde, sendo as condições de tratamento bastante precárias em algumas situações (Gomes; Heller, 2016), pois existem limitações técnicas, visto que a água acumulada em muitas cisternas não passa por barreiras sanitárias e que não há desinfecção da água antes de ela ser disponibilizada para o consumo. Poucas famílias realizam a cloração diária em potes, garrafas e filtros – procedimento recomendado pelo P1MC (Azevêdo, 2015).

As tecnologias aplicadas neste Programa são eficazes e de baixo custo, facilitando a utilização minuciosa da água e dos solos, e garantindo água de boa qualidade. Essas práticas são essenciais para promover a sustentabilidade em comunidades rurais carentes e regiões com escassez hídrica (Sangamneri et al, 2021).

Sendo bem avaliado pela população que é atendida, bem como por gestores. No entanto, é importante dotar as cisternas de dispositivos que propiciem a manutenção da qualidade da água e se preocupar com a complementação das necessidades de água para o conjunto de usos em um domicílio rural, que inclusive envolvem usos para a produção (Gomes; Heller, 2016).

O P1MC possibilita inúmeros avanços não só para as famílias, mas para as comunidades rurais do Semiárido Brasileiro como um todo, como o aumento da frequência escolar, a diminuição da incidência de doenças em virtude do consumo de água contaminada e a diminuição da sobrecarga de trabalho das mulheres nas atividades domésticas, tornando cada família independente, autônoma e com a liberdade de escolher seus próprios gestores públicos (ASA, 2001).

As ideias de autonomia, independência e liberdade são importantes neste contexto, pois informam uma visão de mundo que pressupõe que a garantia do direito à água de qualidade pode se realizar fora da esfera de influência do Estado, percebida, no geral, como pernicioso (Cunha, 2020).

Mesmo que a construção de cisternas seja o aporte principal do P1MC, seus objetivos possuem uma maior amplitude, uma vez que procuram enriquecer a participação, formação e capacitação de membros das comunidades contempladas e a articulação institucional (Pedrosa, 2018).

Nesse contexto, inserem-se as tecnologias sociais, que são soluções econômicas e de fácil implementação, com grande apelo e impacto social. Essas tecnologias reduzem progressivamente a dependência de políticas paliativas e assistencialistas, promovendo ganhos significativos em termos de autonomia (Cavalcante et al, 2022).

Embora os programas sejam relevantes, estão muito aquém do ponto desejável ou necessário para promover transformações significativas; com efeito, o alcance social ainda se mostra pequeno diante da problemática da escassez de água para o consumo humano na região do semiárido (Azevêdo, 2015). O P1MC valoriza em suas diretrizes a construção de um sentido de cidadania e convivência com a região, mas, uniformizar o programa para todo o semiárido brasileiro significa diluir as particularidades internas, contextos ambientais, econômicos e culturais (Pedrosa, 2018).

O P1MC evidenciou-se uma participação subalternizada das famílias beneficiadas e observou-se que as águas de chuva armazenadas nas cisternas não têm sido suficientes para suprir as necessidades de parte das famílias. Constatou-se, ainda, que a distribuição de água por carro-pipa continua sendo uma prática comum no semiárido paraibano. Ressalte-se, ainda, a vulnerabilidade da população rural do semiárido e a exclusão do acesso às políticas públicas (Azevêdo, 2015).

É importante ressaltar que, como os objetivos práticos do P1MC (água potável para beber e cozinhar, melhoria na saúde e na qualidade de vida, entre outros) acompanham objetivos mais políticos e menos gerais (fortalecimento da sociedade civil, autonomia, liberdade de escolher gestores públicos). Não se articula um discurso consistente de combate às desigualdades de acesso à água (Pedrosa, 2018). Ao contrário, a alternativa da cisterna propõe um modelo de acesso à água, próprio para as comunidades rurais do semiárido, com déficits de qualidade e quantidade (Gomes; Heller, 2016) quando comparados com indicadores de acesso à água nas cidades do semiárido, por exemplo.

Outro programa de grande relevância para as políticas públicas de combate à escassez de água potável para as comunidades do semiárido é chamado de “Uma Terra e Duas Águas para um Semiárido Sustentável (P1+2)”.

O Programa P1+2 não veio substituir o Programa P1MC, mas sim complementá-lo. O Programa P1MC tem como principal objetivo o armazenamento de água para o consumo humano, tendo sido complementado pelo Programa P1+2 cujo objetivo inclui o armazenamento de água para cultivo das lavouras e manutenção das atividades agrícolas no semiárido. (ASA, 2014)

Para um melhor entendimento sobre o que vem a ser o P1+2, tem-se que este é um:

Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2) é uma das ações para promover a convivência com o semiárido colocadas em prática pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA Brasil)¹ no curso dos últimos 15 anos. Ele foi concebido para fortalecer os efeitos e dar sequência ao Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) e está voltado a dinamizar processos de desenvolvimento rural na região. (Souza 2014, p.13)

A principal função dos programas nacionais de combate à escassez de água, especialmente os programas de cisternas aqui citados, é desenvolver a capacidade do povo que reside no semiárido em criar métodos e técnicas capazes de utilizar-se das águas disponíveis e assim garantir a vida de todo um povo que sofre com as secas. Nesse sentido, verifica-se que o Programa P1+2 tem como objetivo garantir o acesso à água para as comunidades que vivem no semiárido, possibilitando a estas o acesso à água e também à terra, vez que com a implantação do referido Programa, é possível garantir também água para a produção de alimentos de maneira sustentável, além de manter a água necessária para o consumo humano e animal. (Gnadlinger et.al, 2007).

Verifica-se, assim, que os Programas P1MC e P1+2 são comprovadamente eficientes para o combate à escassez de água no semiárido, vez que com a implantação das cisternas, foi possível acumular água suficiente para garantir a manutenção das populações rurais, bem como animais e plantações de subsistência das famílias, evitando-se também o êxodo rural.

Desde que foi inaugurado, em 2007, até março de 2014, o P1+2 já havia construído 25.917 cisternas-calçadão, 8.736 cisternas-enxurrada, 6.560 barreiros-trincheira, 1.053 barragens subterrâneas, 827 tanques de pedra, 1.813 barraginhas e 503 bombas d'água popular (BAPs) (ASA, 2014).

Em se tratando do Programa P1+2, evidenciando seu propósito de manutenção da agricultura familiar junto à garantia de água para consumo da população, criando desta forma uma tecnologia social capaz de mudar a situação do homem que vive no semiárido, tem-se que os modelos de cisternas desenvolvidos se classificam em: cisterna calçadão, cisterna enxurrada, barreiro trincheira, tanque de pedra, barraginha e a bomba d'água popular. (Souza 2014, p.13)

Importante mencionar que os reservatórios do Programa P1+2 têm o propósito também de atender comunidades, e não famílias de forma isolada, como o programa das cisternas que deu início ao trabalho de combate à escassez de água no semiárido brasileiro.

Especificando cada um destes modelos de reservatórios, tem-se:

- a) Cisterna calçadão: esse modelo de cisterna é desenvolvida com uma estrutura capaz de armazenar até 52 mil litros de água oriunda da captação das chuvas, através do uso de

um calçadão de cimento de 200 m², tendo a função de armazenar água para ser utilizada nas pequenas culturas agrícolas domésticas, bem como para uso animal (Souza 2014, p.13). Na figura 6 a seguir mostra um exemplo de cisterna de calçadão, muito utilizadas em regiões semiáridas brasileiras.

Figura 6 - Exemplo de cisterna calçadão.



Fonte: AS-PTA(2012)

- b) Cisterna enxurrada: é o modelo de cisterna bastante semelhante à cisterna calçadão, porém possui a característica de utilização do terreno sem pavimentação para a captação de água. “Antes de entrar na cisterna, a água das chuvas que escorre pela área de captação passa por duas ou três pequenas caixas que funcionam como decantadores” (Souza 2014, p.13). A seguir é apresentada a figura 7.

Figura 7 - Exemplo de cisterna enxurrada.



Fonte: AS-PTA(2012).

- c) Barreiro-trincheira: é um modelo de local de armazenamento de água do tipo barreiro com capacidade para 132 mil litros, feito a partir de escavação profunda na terra, coberto por lona de plástico que impede a absorção da água no solo. Geralmente é construído em terrenos planos. Para evitar a evaporação da água por conta do clima quente e seco das regiões semiáridas, é utilizado uma cobertura feita com telhas e fibrocimento. Possui um custo baixo para sua execução e tm potencial de manutenção de armazenamento de água por longos períodos (Souza 2014, p.13). A seguir é apresentada a figura 8.

Figura 8 - Exemplo de barreira-trincheira.



Fonte:<https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/tecnologias-de-convivencias-com-as-secas/tecnologia-apropriada-barreiro-trincheira>

- d) Barragem subterrânea: modelo de reservatório que capta água que escorre na superfície da terra, bem como oriunda de pequenos riachos, ficando essa água acumulada no sub solo, porém não se confunde com lençóis freáticos. “A umidade adquirida no período chuvoso permanece por um tempo maior no solo, onde podem ser plantadas fruteiras, hortaliças, etc. Essa tecnologia vem transformando a paisagem em propriedades de muitas famílias do semiárido.” (Souza 2014, p.13). A seguir é apresentada a figura 9.

Figura 9 - Exemplo de barragem subterrânea.



Fonte: AS-PTA (2012).

- e) Tanque de pedra: modelo de reservatório feito a partir de uma escavação em terrenos rochosos, fendas, ou mesmo em buracos naturais capazes de armazenar grande volume de água. Utiliza-se das formações rochosas locais, aumentando-se a capacidade através da construção de paredes de pedra e concreto, para garantir maior volume de armazenamento (Souza 2014, p.12). A seguir é apresentada a figura 10.

Figura 10 -Exemplo de tanque de pedra.



Fonte:<https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/tecnologias-de-convivencias-com-as-secas/tecnologia-apropriada-tanque-de-pedra>

- f) Barraginha: são reservatórios em forma de pequenos açudes construídos em terrenos caracterizados pela erosão, em forma semicircular medindo em torno de 16 metros de diâmetro. Importante evidenciar que para a melhor eficácia do armazenamento de água através do uso do método de barraginhas, é interessante que sejam construídas várias pequenas barragens seguidas, no decorrer de uma topossequência, garantindo dessa forma que quando a anterior tenha seu limite atingido e inicie o fenômeno do sangramento, garanta as seguintes de também irem chegando aos seus limites máximos (Souza 2014, p.13).
- g) Bomba d'água popular (BAP): por fim, tem-se a bomba d'água popular, cuja função é retirar água dos lençóis freáticos que possuem poços artesianos desativados. Na verdade, este não é um modelo de reservatório, mas sim um equipamento manual que possibilita a retirada de água através do uso de uma roda e força física do indivíduo.

Analisando os modelos acima descritos, verifica-se o potencial de ações capazes de reduzir sobremaneira os problemas advindos da escassez de água, através do desenvolvimento de tecnologias que podem ser consideradas simples, porém disruptivas (que interrompem o decurso até então considerado natural do processo de seca em áreas semiáridas) em seu contexto de aplicação, vez que são modelos inovadores que garantem aos habitantes do semiárido brasileiro sobreviverem aos prolongados períodos de seca sem a necessidade de abandonar suas casas, cidades, famílias, etc.

Embora os programas sejam relevantes, estão muito aquém do ponto desejável ou necessário para promover transformações significativas; com efeito, o alcance social ainda se mostra pequeno diante da problemática da escassez de água para o consumo humano na região do semiárido brasileiro (Azevêdo, 2015).

Para Cunha (2020), mesmo que se considere a questão da oferta de água como uma variável importante, uma alternativa aos enquadramentos dominantes da escassez é priorizar, como tema de investigação e de luta política, a visibilização da desigualdade do acesso à água e a serviços sanitários como uma das dimensões estruturantes das relações cotidianas entre diferentes grupos sociais.

Ressalta-se que a convivência com o semiárido não se limita apenas a melhoria das condições de acesso à água. É preciso abarcar um conjunto mais amplo de necessidades, pois conviver com a natureza semiárida significa ter um ambiente ecologicamente equilibrado, acesso à água potável, acesso à terra para produzir agroecologicamente, com autonomia e participação nos espaços de poder, entre outros aspectos. Sem esses e demais requisitos, certamente convivência torna-se precária e muito difícil (Cavalcante, 2022).

O desenvolvimento é uma questão complexa e múltipla. As estratégias nacionais de desenvolvimento não podem negligenciar a necessidade de adoção de mecanismos que melhorem a gestão dos recursos hídricos no semiárido. Além disso, o Estado tem uma importância fundamental na promoção de planos de desenvolvimento sustentável nessas localidades, com a participação de atores governamentais e não governamentais (Azevêdo, 2015).

4.9 DESMONTE DO PROGRAMA DE CISTERNAS

Desde o início da sua execução até o ano de 2018 foram implementadas mais de 950 mil cisternas em todo o semiárido brasileiro. Nos anos de 2013 e 2014 apontam para os maiores quantitativos dessas implementações ultrapassando a marca de mais de 100.000 unidades. A partir de 2015 seguiu uma redução desses quantitativos até 2018 onde foram construídas apenas 16,7 mil cisternas, o menor número desde o início do programa.

Em 2019, o valor recebido foi de R\$ 26,47 milhões, segundo o Portal da Transparência. Esse montante, no entanto, é referente a convênios estabelecidos nos governos anteriores.

Os recentes cenários de crise hídrica enfrentados nos diferentes contextos do território brasileiro são indicativos da existência de fragilidades no funcionamento do sistema hídrico (Pavão; Nascimento, 2019). E isso, foi observado pela significativa descontinuidade das políticas públicas de convivência com o semiárido, por meio de um desmonte progressivo do Programa Cisternas, o qual teve um decréscimo considerável da quantidade de novas cisternas construídas durante a gestão do último governo (2019-2022) como a redução de aportes financeiros para manter as tecnologias já instaladas (Cavalcante, Sousa, 2022).

Apesar da importante incidência das organizações da sociedade civil na execução de políticas públicas de convivência com o semiárido, mediante o financiamento do Estado sob os dois primeiros mandatos do governo Lula da Silva (2003-2010), foi a partir do governo de Dilma Rousseff (2011-2016) que tais políticas sofreram a primeira iniciativa de desarticulação (Cavalcante; Sousa, 2022), com a criação do Programa Água para Todos (PAPT), em 2011, distribuindo cisternas de polietileno e ocorrendo uma redução dos investimentos destinados ao programa. Mas, o recorde negativo na execução, do dinheiro efetivamente gasto, foi de Michel Temer (PMDB), em 2017. Segundo relatório de monitoramento da Câmara Interministerial de Segurança Alimentar (Caisan), apesar de aprovado na LOA um orçamento da ordem de R\$ 248,8 milhões, ao final daquele ano o saldo efetivamente disponível para novas contratações foi reduzido a R\$ 49,05 milhões (Brasil, 2021). Mas, é sobretudo com início do governo de Jair

Bolsonaro (2019-2022) que as políticas de convivência sofreram uma nova e dura tentativa de desmonte (Cavalcante; Sousa, 2022).

De acordo com Sauer, Leite e Tubino (2020), o último governo foi responsável pelo desmantelamento e desinstitucionalização de uma série de políticas para o campo, em âmbitos produtivos, alimentares, hídricos, fundiários, sociais e ambientais. Foi o governo que apresentou os piores números em termos de cisternas implantadas, comprometendo significativamente a execução e expansão das políticas de convivência com o semiárido (Cavalcante; Sousa, 2022).

A implementação de políticas públicas constitui-se num importante instrumento de promoção do acesso à água no Semiárido. Com o Programa Cisternas, teve-se a viabilidade de construção de milhares de cisternas cujo intuito é garantir segurança hídrica nas regiões, bem como beneficiar diversas famílias com a promoção do acesso à água para o consumo humano e para a produção de alimentos por meio da implementação de tecnologias sociais simples e de baixo custo, universalizando, dessa forma o acesso a água. Esse Programa Cisternas, surgiu, inicialmente em 1993 como um recurso à escassez hídrica, criada por organizações não governamentais do Semiárido.

Segundo Castro (2021), o principal responsável pelos desmontes do Programa Cisternas foram os sucessivos cortes orçamentários, que ocorreram com a intencionalidade de minar os recursos para a continuidade das políticas sociais. Que de acordo com Ferreira (2021) em 2020 a União possuía 63 milhões de reais orçados para essa finalidade, que foi posteriormente reduzido para 32 milhões para, enfim, não ocorrer a liberação do montante previsto.

No ano de 2003, o Governo Federal, sob o comando do presidente Luiz Inácio Lula da Silva, adota a iniciativa e a batiza de Programa Cisternas atingindo o índice de mais de 5 milhões de brasileiros, assim com a criação do programa foram mais de 1,3 milhão de cisternas construídas e 1.200 municípios atendidos.

A política de construção de cisternas consoante Macêdo (2022, p. 236), apresentou-se como a principal ação do Governo Federal desde 2003 voltada para a questão da Convivência com o Semiárido, proporcionando uma visível melhoria da qualidade da água consumida pelas famílias, incorporada como elemento principal dos programas de segurança alimentar e nutricional, integrando uma diversidade alimentar e melhoria na qualidade dos alimentos, associada à diminuição da ocorrência de doenças de veiculação hídrica, redução do tempo e do esforço despendido para buscar água diariamente, todos esses benefícios faz parte da estratégia das políticas de combate à pobreza junto às famílias beneficiadas.

Mas o que deveria ser um conjunto de práticas alicerçadas de instrumentos necessários para possibilitar melhores condições de vida para sua população não teve o efeito pretendido,

com a eleição do então presidente Jair Bolsonaro (2019-2022), em que todos os ganhos sociais acumulados registrou uma descontinuidade dessas políticas públicas, podendo ser observadas pelo decréscimo considerável da quantidade de novas cisternas construída, assim o desmonte, ou seja, a redução histórica de recursos destinados à segurança hídrica e alimentar, a construção de cisternas praticamente estacionou, fazendo ressurgir o cenário de escassez de décadas atrás para famílias que ainda não tiveram acesso à tecnologia.

Andrade (2020), Vale (2020), Nogueira, Milhorce e Mendes (2020), Castro (2021), Macêdo (2022), Gomes (2022) e Diniz, Santos e Rozendo (2022) realizaram estudos sobre o tema comentam sobre algumas das pormenores relacionadas a esse desmonte em específico, de modo a destacar que o programa “foi praticamente paralisado na gestão Bolsonaro”, conforme apurado por Lourenço, Grisa e Schmitt (2022, p. 40).

Para os autores Sauer, Leite e Tubino (2020, p. 286), o governo Bolsonaro procurou “aplicar uma agenda econômica ultra-neoliberal, que inclui o sucateamento, desmonte e descaracterização do aparelho estatal”, com consequências para as políticas públicas voltadas para o campo, em que se insere o Programa Cisternas e um conjunto de demais políticas sociais.

Esse desmonte institucional das políticas públicas voltadas ao Semiárido significa nas palavras de Fontenele, Oliveira e Cavalcante (2019, p. 368), particularmente “o caminho para a desconstrução da redução da desigualdade e promoção da igualdade de oportunidades”, foi algo planejado com a construção e entrega de novas cisternas como também com a desarticulação e descontinuidade de demais políticas públicas com grande impacto na região, a exemplo dos programas Bolsa Família, PAA e PNAE, entre outros, de grande relevância para a garantia de soberania e segurança alimentar no Semiárido, como observado por Esmeraldo et al. (2017).

Para Ferreira (2021), o desmonte do Programa Cisternas impactou não apenas na quantidade de unidades entregues, mas também no abandono de regras e critérios previamente estabelecidos para sua execução, o qual contava com ampla participação e fiscalização popular, segundo demonstrado por Küster e Marti (2009) e Aguiar et al. (2019). Após analisar os rumos do programa e as manobras políticas do governo Bolsonaro, Ferreira (2021, on-line) argumenta que:

Na prática, o vácuo com a perda de participação e controle social por conselhos municipais e ONGs favorece o uso político da distribuição de cisternas. O caminho então se abre para o emprego de verba de emendas parlamentares para municípios escolhidos a dedo pelos congressistas. Em seguida, com critérios para a entrega das cisternas sob responsabilidade das administrações locais, amplia-se o risco de interesses paroquiais ficarem acima das reais necessidades das famílias.

Com o desmonte do Programa Cisternas restou salientar a provisão de serviços públicos que implicam diretamente no agravamento do cenário recente de aumento da situação de extrema pobreza no país, mais grave ainda nas áreas rurais do Semiárido devido a seca e grande dificuldade da população ao acesso a água, se dando devido a redefinição de necessidade e prioridade dos recursos destinados ao programa e dentre as prioridades, não considerou a necessidade da continuidade gerando diversos impactos ambientais observados com o desmonte citamos: agravamento dos quadros de fome e subnutrição; injustiça hídrica e negação do direito à água; desabastecimento das comunidades; suspensão das atividades nos quintais produtivos; migração e êxodo rural; mortandade de animais; disseminação de doenças associadas à qualidade da água dentre vários outros.

Portanto, caso não destinem para o Programa Cisternas novos investimentos muitas expectativas para uma igualdade plena de soberania hídrica, alimentar, produtiva, financeira e política do Semiárido e para a superação da pobreza, da miséria e da fome na região e que a construção de ações prioritárias para à manutenção e ao fortalecimento da Convivência com o Semiárido, retome um processo de direitos às populações que habitam a região, de modo que traga um novo cenário de justiça sociais e ambientais para a população, já que as cisternas são tecnologias sociais.

5. METODOLOGIA

Neste capítulo estão descritos os aspectos metodológicos utilizados para a realização desta pesquisa.

5.1 DESENHO DA PESQUISA

Este estudo é de caráter bibliográfico, exploratório e descritivo. Serão utilizados artigos científicos, relatório técnicos da Articulação do Semiárido Brasileiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e acesso nas plataformas do Portal Café/CAPES. A pesquisa bibliográfica está inserida no meio acadêmico e busca aprimorar o conhecimento a partir de um estudo investigativo de obras publicadas (Amaral, 2007).

Este trabalho é, também, de caráter exploratório. Realizar a aplicação de questionário semiestruturado para as famílias agricultoras e representantes dos sindicatos rurais de cada município em estudo para obter respostas das perguntas e hipóteses levantadas para a pesquisa. Segundo Gil (2008) as pesquisas exploratórias conseguem responder de forma mais precisa a formulação de problemas ou hipóteses. Envolve entrevistas, levantamento bibliográfico e entrevistas não padronizadas.

É descritiva pois a partir do levantamento dos dados em SIG será possível desenvolver mapas para a caracterização da área, levantamento e distribuição de cisternas e acompanhamento da minimização do processo de desertificação nos municípios estudados.

O Geoprocessamento, como também pode ser chamado as Geotecnologias, se utilizam de técnicas como o Sistema de Informação Geográfica - SIG, o Sistema de Posicionamento Global e o Sensoriamento Remoto (Câmara, 2001). Para os Recursos Hídricos, o seu gerenciamento pode se dar a partir do uso dos SIGs - (Sistemas de Informação Geográfica) como ferramenta de inventário, permitindo um melhoramento do gerenciamento desses recursos e na modelagem da complexa interação entre o fenômeno e a tomada de decisões (Calijuri e Lorentz, 2003).

As informações obtidas pelos questionários foram submetidas ao CEP (**CAAE: 70802423.6.0000.5208**) o comprovante de recepção da submissão ao CEP se encontra nos anexos. A partir da descrição das características de determinada população ou fenômeno e da relação entre variáveis baseiam-se as pesquisas descritivas (GIL, 2002).

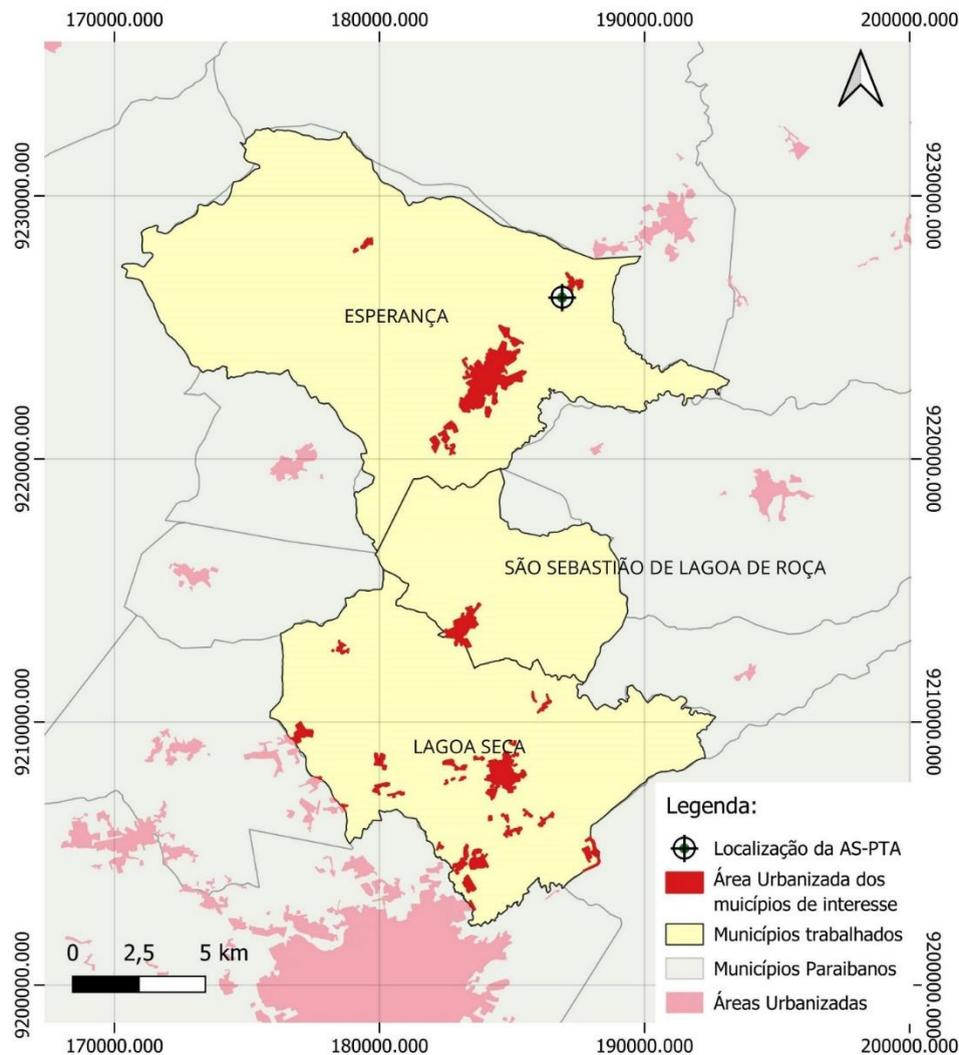
5.2 LOCAL DA PESQUISA

A escolha dos municípios de Esperança, São Sebastião de Lagoa de Roça e Lagoa Seca, no semiárido paraibano, para a realização desta pesquisa baseou-se em critérios técnicos e estratégicos que visam garantir a relevância e a viabilidade do estudo. Inicialmente, a intenção foi trabalhar com uma área representativa do semiárido paraibano, uma região que enfrenta desafios significativos em termos de variabilidade climática, escassez de água e degradação do solo. Os municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça foram escolhidos para este estudo por estarem inseridos no semiárido paraibano, pertencendo ao território do Polo da Borborema. Essa região apresenta uma predominância de zonas rurais em relação às áreas urbanas e compartilha características climáticas semelhantes, com padrões de seca e escassez hídrica comuns. Além disso, esses municípios foram diretamente beneficiados pelo Programa de Cisternas, o que os torna relevantes para analisar o impacto das políticas hídricas na melhoria das condições de vida das famílias agricultoras da região

Buscando dados específicos sobre a implementação de cisternas, identificou-se a AS-PTA (Figura 8) como uma entidade próxima que possui informações detalhadas sobre o Programa de Cisternas na região. A AS-PTA, através de seu Programa de Desenvolvimento Local do Agreste da Paraíba, concentra suas ações em 13 municípios, dentro da área de abrangência do Polo Sindical e das Organizações da Agricultura Familiar da Borborema. Este programa apoia o aprimoramento das capacidades técnicas, metodológicas, socio-organizativas e políticas das organizações vinculadas ao Polo, promovendo um desenvolvimento rural sustentável baseado na agroecologia. A seguir é apresentada a figura 11.

Dentre os municípios abrangidos pela AS-PTA, optou-se por Esperança, São Sebastião de Lagoa de Roça e Lagoa Seca devido à sua contiguidade e por estarem localizados no mesmo bioma da Caatinga. Esta escolha facilita a análise comparativa e integrada dos dados, além de garantir que os municípios selecionados compartilhem características ecológicas e socioeconômicas semelhantes. A proximidade geográfica também possibilita uma gestão mais eficiente dos recursos e das atividades de campo durante a pesquisa.

Figura 11 - Mapa de Localização da ASPTA e Distribuição das Áreas Urbanizadas nos Municípios de Interesse no Estado da Paraíba.



Fonte: AS-PTA, 2020.

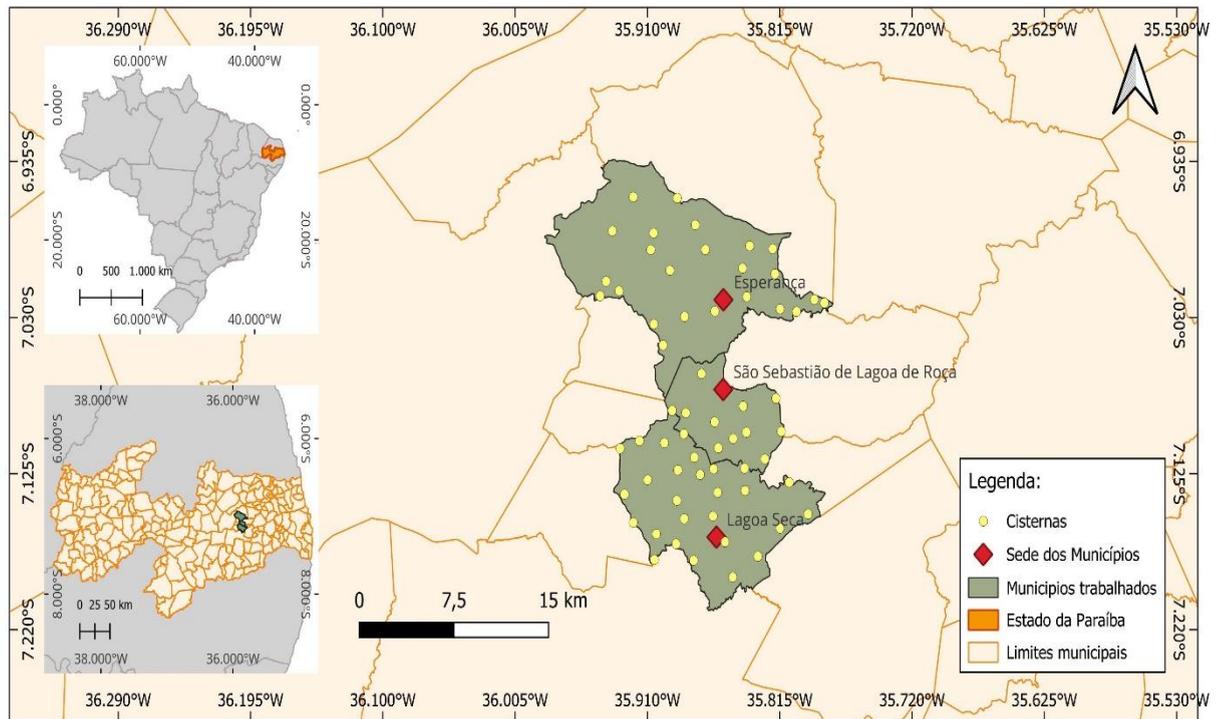
O município de Esperança possui uma extensão territorial de 157,851km², está situada na mesorregião do Agreste paraibano e microrregião de Esperança. Possui 3,61km² de área urbanizada. Seu bioma é a Caatinga. Em 2022, a população era de 31.231 habitantes e a densidade demográfica era de 197,85 habitantes por quilômetro quadrado. Em 2021, o salário médio mensal era de 1,5 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 13,83%. Em 2010, a taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade era de 97,3%. Em 2021, o PIB per capita era de R\$ 15.193,67. A taxa de mortalidade infantil média na cidade é de 19,85 para 1.000 nascidos vivos. As internações devido a diarreias são de 32 para cada 1.000 habitantes. Apresenta 62,7% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 48,2% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 21,7% de domicílios urbanos

em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

O município de Lagoa Seca possui uma área de unidade territorial de 108,219 km², e está situada na mesorregião do Agreste paraibano e microrregião de Campina Grande. Possui 3,58km² de área urbanizada. Seu bioma é a Caatinga. Em 2022, a população era de 27.730 habitantes e a densidade demográfica era de 256,24 habitantes por quilômetro quadrado. Em 2021, o salário médio mensal era de 1,9 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 8,39%. Em 2010, a taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade era de 97,4%. Na comparação com outros municípios do estado, ficava na posição 113 de 223. Em 2021, o PIB per capita era de R\$ 11.171,49. A taxa de mortalidade infantil média na cidade é de 8,62 para 1.000 nascidos vivos. Apresenta 52,4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 73% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 7,8% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio).

Em São Sebastião de Lagoa de Roça a unidade a área da unidade territorial corresponde 46,372 km², está situada na mesorregião do Agreste Paraibano e microrregião de Esperança. Possui 0,83 km² de área urbanizada. Seu bioma é a Caatinga. Possui uma estimativa populacional de 11.793 pessoas (IBGE, 2010). Na figura 9 é apresentada a localização dos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça e a distribuição de cisternas. Em 2022, a população era de 11.040 habitantes e a densidade demográfica era de 238,07 habitantes por quilômetro quadrado. Em 2021, o salário médio mensal era de 1,8 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 6,57%. Em 2010, a taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade era de 98,4%. Em 2021, o PIB per capita era de R\$ 8.970,65. Apresenta 30,4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 77,6% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 12,1% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Na figura 12 é apresentada a localização dos municípios em estudo.

Figura 12 - Localização e distribuição das cisternas dos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Seb. de Lagoa de Roça no semiárido paraibano.



Fonte: Adaptado de AS-PTA, (2023).

Sinalizados em pontos amarelos no mapa da (figura 12) encontra-se a distribuição das cisternas do PIMC nos três municípios em estudo. Destaca-se que todas as cisternas implementadas pelo Programa de Cisternas são georeferenciadas e estes dados estão disponível na Plataforma pública da ASA (Articulação do Semiárido) e nas Unidades Gestoras como, por exemplo, a ONG AS-PTA que atuou diretamente na implementação das cisternas do programa nesta região. Destaca-se que nos municípios em estudo, é possível ter cisternas oriundas dos fundos rotativos solidários, parcerias municipais e estaduais. Para esse estudo, abordaremos apenas as cisternas do Programa de Cisternas PIMC.

5.3 ETAPAS DA PESQUISA

5.3.1 Identificação do processo de desertificação

Foi utilizado o software gratuito o QGIS 3.30.0 em conjunto com o *plugin Trends.Earth* (2022) para a aquisição dos dados necessários para visualização da degradação do solo como indicador de desertificação da área de trabalho em relação ao indicador ODS 15.3. O plugin QGIS suporta monitoramento de mudanças de terra, incluindo tendências de urbanização e mudanças de produtividade, cobertura de terra e carbono orgânico do solo. A ferramenta pode suportar monitoramento de degradação de terra para relatórios ao Global Environment Facility

(GEF) e à Convenção das Nações Unidas para Combater a Desertificação (UNCCD), bem como rastrear o progresso em direção à meta 15.3 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS), Neutralidade da Degradação de Terra (LDN). Este indicador foi derivado por intermédio de três subindicadores distintos, sendo: produtividade biológica, carbono orgânico do solo (COS) e mudanças na utilização e cobertura da terra. Para a obtenção dos conjuntos de dados padrão relativos à produtividade biológica e ao COS, recorre-se às informações fornecidas pelo plugin Trends.Earth, sendo que os dados referentes à produtividade biológica foram baseados na análise do MODIS NDVI, enquanto as informações relacionadas ao COS foram obtidas a partir de fontes como SoilGrids e CCI-LC da Agência Espacial Europeia. Todos os subindicadores foram gerados com base na diferença entre os anos de 2004 e 2020 (período do Programa de Cisternas). Os resultados foram plotados em forma de mapas temáticos recortados para os municípios de Lagoa Seca, São Sebastião de Lagoa de Roça e Esperança.

Paralelamente, para a identificação e avaliação da cobertura do solo, foram utilizados os dados de cobertura do solo da Coleção 8 do projeto MapBiomias que são obtidos a partir de imagens de satélite, principalmente das plataformas Landsat (5, 7 e 8) e, mais recentemente, Sentinel-2. As imagens de satélite são processadas para gerar mapas anuais de uso e cobertura do solo.

O software Q gis atua no pré-processamento, as imagens de satélite são submetidas a correções geométricas e atmosféricas para eliminar distorções e interferências, melhorando a qualidade das imagens para a análise subsequente. Este processo é crucial para assegurar que as imagens representem com precisão a superfície terrestre. A classificação das imagens é realizada utilizando algoritmos de aprendizado de máquina, como o Random Forest. Estes algoritmos são treinados com amostras de referência que incluem dados de campo e imagens de alta resolução. A classificação automática identifica e categoriza as diferentes classes de cobertura do solo, como florestas, áreas agrícolas e urbanas, corpos d'água, entre outros. Após a classificação, são aplicados filtros temporais para corrigir possíveis erros e garantir a consistência dos dados ao longo dos anos. A validação dos mapas gerados é feita comparando-os com dados de referência, o que envolve análises de precisão para confirmar a acurácia das classificações. Este processo assegura que os resultados finais sejam confiáveis e representativos das mudanças no uso da terra ao longo do tempo (MapBiomias, 2024).

Os dados são integrados e são revisados por especialistas de diferentes áreas. A colaboração interdisciplinar garante que os mapas reflitam a realidade de forma precisa e atualizada, assim, subsidiando de forma precisa os resultados desta pesquisa. Sendo assim, foram plotados mapas de cobertura do solo através da plataforma do MapBiomias entre os anos

2000 e 2020 com intervalo de 5 anos entre imagens.

5.3.2 Influência das cisternas no aspecto socioeconômico das famílias agricultoras

Foi realizado um levantamento dos dados do censoagropecuário no período compreendido (2000-2020) baseados no Censo IBGE. A partir da obtenção desses dados estes foram comparados entre as décadas e expostos em tabelas.

5.3.3 Descrição das práticas alternativas (agroecológicas) em períodos de estiagem e avaliação do Programa de Cisternas nos municípios

O questionário foi aplicado a representantes dos sindicatos rurais de agricultores dos municípios estudados, totalizando três participantes, de forma virtual, através do *Google Forms*, enviados por *WhatsApp* ou por *e-mail*. O tamanho da amostra não foi o foco principal da pesquisa; esta se baseou na análise de conteúdo (Bardin, 2005). O questionário será aplicado para dois representantes de cada município em estudo, totalizando um tamanho amostral de seis participantes. As famílias agricultoras vivem em comunidades e, em sua maioria, fazem parte dos sindicatos rurais, possuindo estilo de vida e costumes similares.

A aplicação do questionário só aconteceu após o parecer de aprovação do CEP (**CAAE: 70802423.6.0000.5208**). Após a aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, o questionário foi aplicado no período seco. Os desafios encontrados para a aplicação do questionário é a resistência de algumas pessoas em fornecer informações, no entanto, o pesquisador deste estudo por ter trabalhado próximo as comunidades e conhecer as famílias conseguiu com mais facilidade dialogar com os representantes dos sindicatos rurais de cada município trabalhado.

Os dados foram processados através da estatística descritiva e organizados em tabelas. O questionário que foi aprovado pelo CEP(**CAAE: 70802423.6.0000.5208**) encontra-se nos Anexos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este estudo investigou a relação entre os sub indicadores do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 15.3, que trata da desertificação, e as dinâmicas socioeconômicas e ambientais nas áreas de estudo. A pesquisa utilizou dados da plataforma MapBiomass, informações do Censo Agropecuário do IBGE e a análise de questionários aplicados em sindicatos rurais para compor um panorama detalhado sobre a degradação do solo e suas implicações na sustentabilidade rural.

6.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROCESSO DE DESERTIFICAÇÃO

Com base no indicador 15.3, foram identificadas áreas críticas de degradação do solo que apresentam perdas significativas de vegetação nativa e solos expostos à erosão. As análises realizadas na plataforma MapBiomass revelaram que os municípios investigados apresentam uma alta taxa de conversão de áreas naturais em terras agrícolas ou pastagens degradadas, especialmente em regiões semiáridas. A redução da cobertura vegetal foi correlacionada com níveis elevados de suscetibilidade à desertificação, destacando a necessidade de práticas mais sustentáveis de uso do solo.

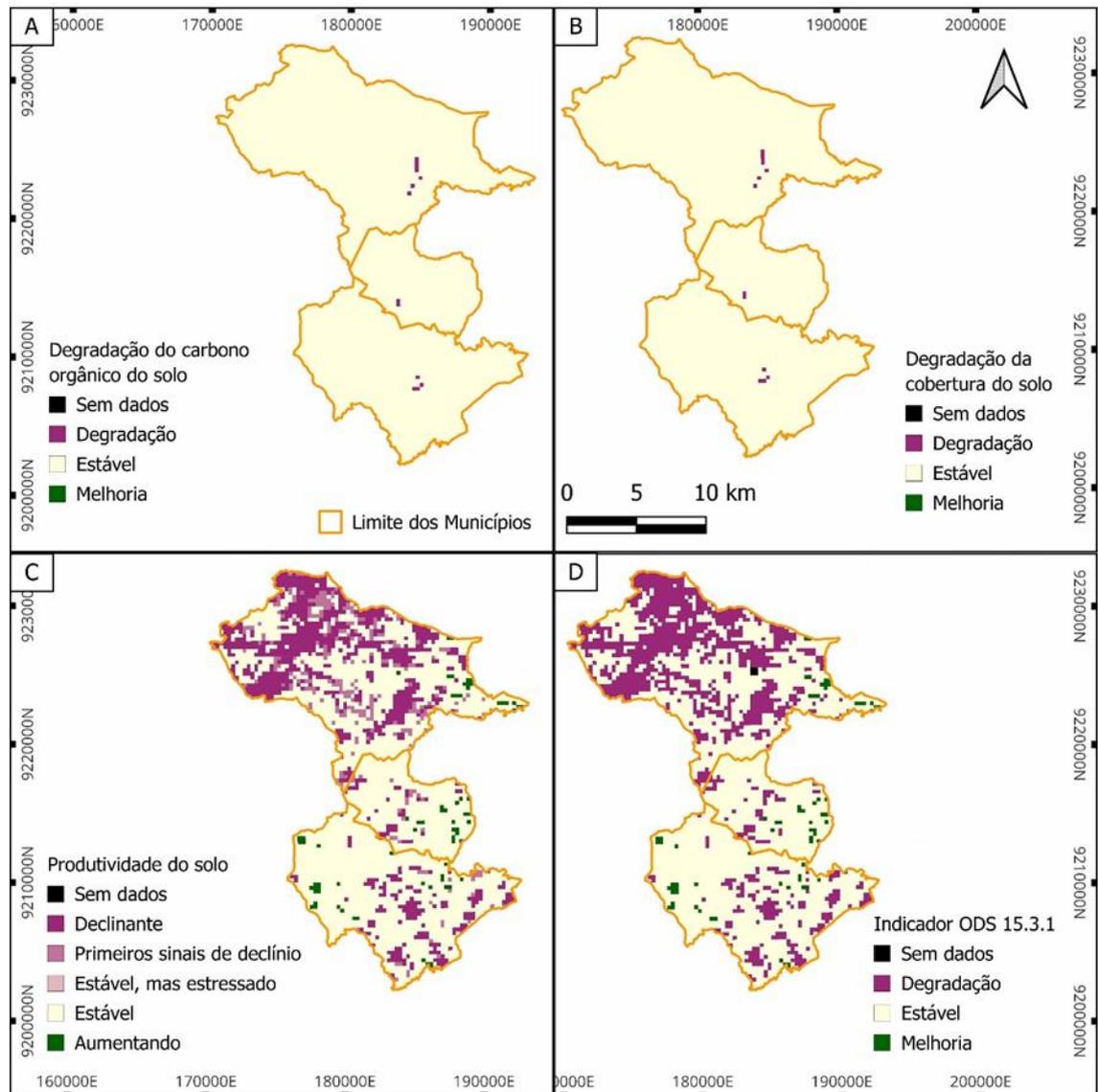
6.1.1 Indicador de desertificação

A Agenda 2030 é composta por 17 objetivos e 169 metas a serem atingidos até 2030.

Dentre eles temos a meta 15.3 "...combater a desertificação, restaurar a terra e o solo degradado, incluindo terrenos afetados pela desertificação, secas e inundações, e lutar para alcançar um mundo neutro em termos de degradação do solo." Na Figura 13 é apresentado o quadro de imagens de indicadores de desertificação pertencente aos municípios estudados.

Os mapas fornecidos mostram a avaliação da degradação do solo em uma região específica, considerando três subindicadores: carbono orgânico do solo (COS) (Figura 13^a), cobertura do solo (Figura 13B) e produtividade do solo (Figura 13C). Estes subindicadores são utilizados para calcular o Indicador ODS 15.3.1 (Figura 13D), que mede o progresso na luta contra a desertificação e na restauração de terras degradadas, alinhando-se à meta 15.3 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. As etapas principais para o desenvolvimento dos mapas são: coleta dos dados, processamento e análise dos dados, classificação e visualização, validação dos dados. Utilizou-se o software Qgis 3.30.

Figura 13 - Representação gráfica da degradação do carbono orgânico do solo (A), degradação da cobertura do solo (B), Produtividade do solo (C) e o indicador ODS 15.3.1 (D) para a área de interesse entre 2004 e 2020 (SRC SIRGAS 2000/UTM 25 S).



Fonte: Dados da pesquisa, 2023.

Para a coleta dos dados do Carbono Orgânico do Solo (COS) foram obtidos a partir de uma bases de dados existentes, como o *SoilGrids*. Para a Cobertura do Solo foram extraídos da plataforma MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) e Produtividade do Solo foram derivados de séries temporais de índices de vegetação, como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), disponíveis em plataformas como o *Google Earth Engine* ou o USGS.

Para o processamento dos dados os três subindicadores são normalizados para permitir a comparação entre variáveis com diferentes escalas. Foi utilizado o Cálculo do Índice

Composto: um índice integrado de degradação do solo é calculado combinando os subindicadores. Uma fórmula ponderada pode ser utilizada, dependendo da importância relativa de cada subindicador para a região estudada. Foi realizada uma análise espacial a partir da crigagem dos dados utilizando o software GIS (como QGIS 3.30 que é usado para calcular a extensão espacial da degradação).

Para a classificação e validação dos dados os valores do índice composto são categorizados em níveis de degradação (por exemplo, leve, moderado, severo). O mapa é gerado pelo GIS, onde os dados são representados espacialmente com uma legenda clara e padronizada.

Foi observado nos subindicadores de degradação do carbono orgânico do solo e da cobertura do solo, figuras 13^a e 13B, respectivamente, uma predominância absoluta da estabilidade na área estudada, corroborando com as análises realizadas por Cherif et al. (2023) que analisou áreas da Grécia com o mesmo plugin e não encontrou alterações significativas para estes subindicadores. Ao contrário do que ocorreu com o subindicador de produtividade do solo (Figura 13C), no qual muitas áreas apresentaram declínio ou sinais iniciais de declínio, enquanto poucas mostram aumento na produtividade. Isso pode ser um reflexo da pressão agrícola e das condições ambientais adversas ocorridas entre os anos de 2004 e 2020 como apontado no estudo de Pereira (2023) sobre a variabilidade do clima, do uso e cobertura das terras no estado da Paraíba.

O indicador ODS 15.3.1 (Figura 13D) compila os subindicadores anteriores para fornecer uma visão geral da degradação do solo. A prevalência de áreas em degradação destaca os desafios enfrentados na região para alcançar a meta de um mundo neutro em termos de degradação do solo. Áreas estáveis e de melhoria são limitadas, indicando a necessidade de intervenções eficazes.

No geral, os mapas (Figura 13) indicam que a região enfrenta desafios significativos em termos de degradação do solo, com uma predominância de áreas em declínio ou estáveis. As intervenções para melhorar a cobertura do solo e a produtividade são cruciais para alcançar os objetivos da Agenda 2030 e garantir a sustentabilidade ambiental da região.

A análise dos dados indica que a região estudada enfrenta desafios significativos relacionados à degradação do solo, principalmente no que diz respeito à produtividade. Segundo Reith et al. (2021), a degradação do solo, avaliada através de subindicadores como produtividade, cobertura do solo e carbono orgânico do solo, é um problema global que afeta diretamente a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental. Em regiões semiáridas, a pressão agrícola e as condições climáticas adversas são fatores críticos que contribuem para o declínio da produtividade do solo.

Estudo têm mostrado que a conservação e manejo sustentável do solo são essenciais para mitigar a degradação. Por exemplo, a pesquisa de Terefe et al. (2020) sugere que práticas de manejo sustentável, como a rotação de culturas e o uso de técnicas agroecológicas, podem melhorar a resiliência do solo e aumentar a produtividade a longo prazo.

Portanto, a implementação de práticas de manejo sustentável é fundamental para reverter a tendência de degradação observada. Investir em tecnologias e práticas como, por exemplo, a agricultura de conservação, adição de biomassa, sistemas agroflorestais, rotação de culturas e policultivos, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, pastagens rotacionadas, irrigação inteligente, fertilização sustentável, terraceamento e manejo do solo, tecnologias de precisão, integração lavoura-pecuária-floresta que aumentem a retenção de carbono no solo, melhorem a cobertura vegetal e aumentem a produtividade pode ajudar a alcançar a meta de neutralidade da degradação do solo conforme proposto pelo ODS 15.3.

6.1.2 Cobertura do solo

Os dados de cobertura do solo dos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça, na Paraíba-Brasil, foram extraídos da plataforma MapBiomias e apresentam a distribuição da cobertura ao longo dos anos em hectares. A tabela abaixo resume as principais classes de cobertura do solo nos anos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020.

Tabela 1 – Áreas de cobertura do solo (ha) por categoria entre os anos de 2000, 2005, 2010 e 2020 dos municípios de Esperança, São Sebastião de Lagoa de Roça e Lagoa Seca, Paraíba-Brasil.

Cobertura	2000	2005	2010	2015	2020
	Área (ha)				
Floresta	5789	5887	7307	6348	7000
Formações Naturais não florestais	11	27	31	408	1045
Agropecuária	25025	24693	23321	23883	22316
Área urbanizada	354	532	512	570	855
Corpos d'água	65	106	73	35	28
Não observado	-	-	-	-	-

Fonte: Projeto MapBiomias (2024).

As áreas de Floresta incluem formações florestais como Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Decidual, típicas do bioma Caatinga. Estas áreas são fundamentais para a manutenção da biodiversidade local e para a regulação do clima. A área coberta por floresta variou ao longo dos anos, com um aumento notável em 2010 e uma

recuperação em 2020 após uma queda em 2015. Estudos demonstram que a vegetação da Caatinga, embora menos estudada que outras florestas tropicais, possui uma biodiversidade significativa e enfrenta grandes ameaças devido à expansão agrícola e mudanças climáticas (Teixeira et al., 2021). A variação na cobertura florestal observada entre 2010 e 2020 pode ser atribuída tanto a políticas de conservação quanto a eventos climáticos extremos, que afetam diretamente a regeneração natural e a fragmentação dessas áreas (Salazar et al., 2021).

A categoria de Formações naturais não florestais inclui vegetações que não são florestais, como Campos Alagados e Áreas Pantanosas, que são influenciadas por fatores fluviais e lacustres. No contexto do bioma Caatinga, essas formações podem incluir vegetações herbáceas sujeitas ao alagamento sazonal ou permanente, e são vitais para a conservação de ecossistemas aquáticos e a biodiversidade associada. Os dados mostram um aumento significativo dessa cobertura a partir de 2015, indicando uma mudança na dinâmica do uso do solo ou uma recuperação de áreas degradadas.

Observa-se uma tendência de redução na área destinada à agropecuária ao longo dos anos, possivelmente devido à expansão de outras formas de uso da terra ou mudanças na prática agrícola. O estudo de Brito et al. (2024) sobre as Dinâmicas de uso da terra em assentamentos rurais no município de Pacajá: um exemplo de política pública como fator desordenador do espaço agrário reforça essa análise.

O crescimento contínuo da área urbanizada reflete o processo de urbanização nos municípios estudados. De acordo com Fan et al. (2022) indica que a área urbana aumentou significativamente devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico, especialmente entre 1990 e 2020. A expansão urbana foi acompanhada pela conversão de terras agrícolas e áreas verdes em áreas urbanas, destacando a pressão do desenvolvimento econômico sobre o uso do solo. De maneira semelhante, o estudo realizado em Rasan et al. (2016), Paquistão, utilizou técnicas de geoprocessamento para analisar a mudança no uso e cobertura do solo de 1992 a 2012. Este estudo revelou que a expansão urbana foi impulsionada por fatores como crescimento populacional e desenvolvimento econômico. A urbanização resultou na conversão significativa de áreas naturais e agrícolas em terrenos urbanos, contribuindo para a redução das terras agrícolas e aumento da densidade populacional urbana. O processo de urbanização nos municípios do semiárido paraibano reflete esses padrões globais, onde o desenvolvimento econômico e o aumento da população estão intrinsecamente ligados à expansão das áreas urbanas.

A área de corpos d'água apresentou flutuações ao longo dos anos, com um pico em 2005 e uma redução significativa em 2020. De acordo com o estudo publicado por Garajeh et al.

(2024), a variabilidade climática, incluindo eventos extremos como secas e inundações, afeta diretamente os níveis de água em lagos e reservatórios. Esses impactos são exacerbados por intervenções humanas, como a construção de barragens, irrigação agrícola e extração de água subterrânea. O estudo revela que as mudanças na precipitação e na temperatura resultantes das mudanças climáticas são os principais impulsionadores das flutuações dos corpos d'água

Na Figura 14 é plotado os dados de cobertura do solo para uma melhor observação dos resultados ao longo dos anos na região de interesse.

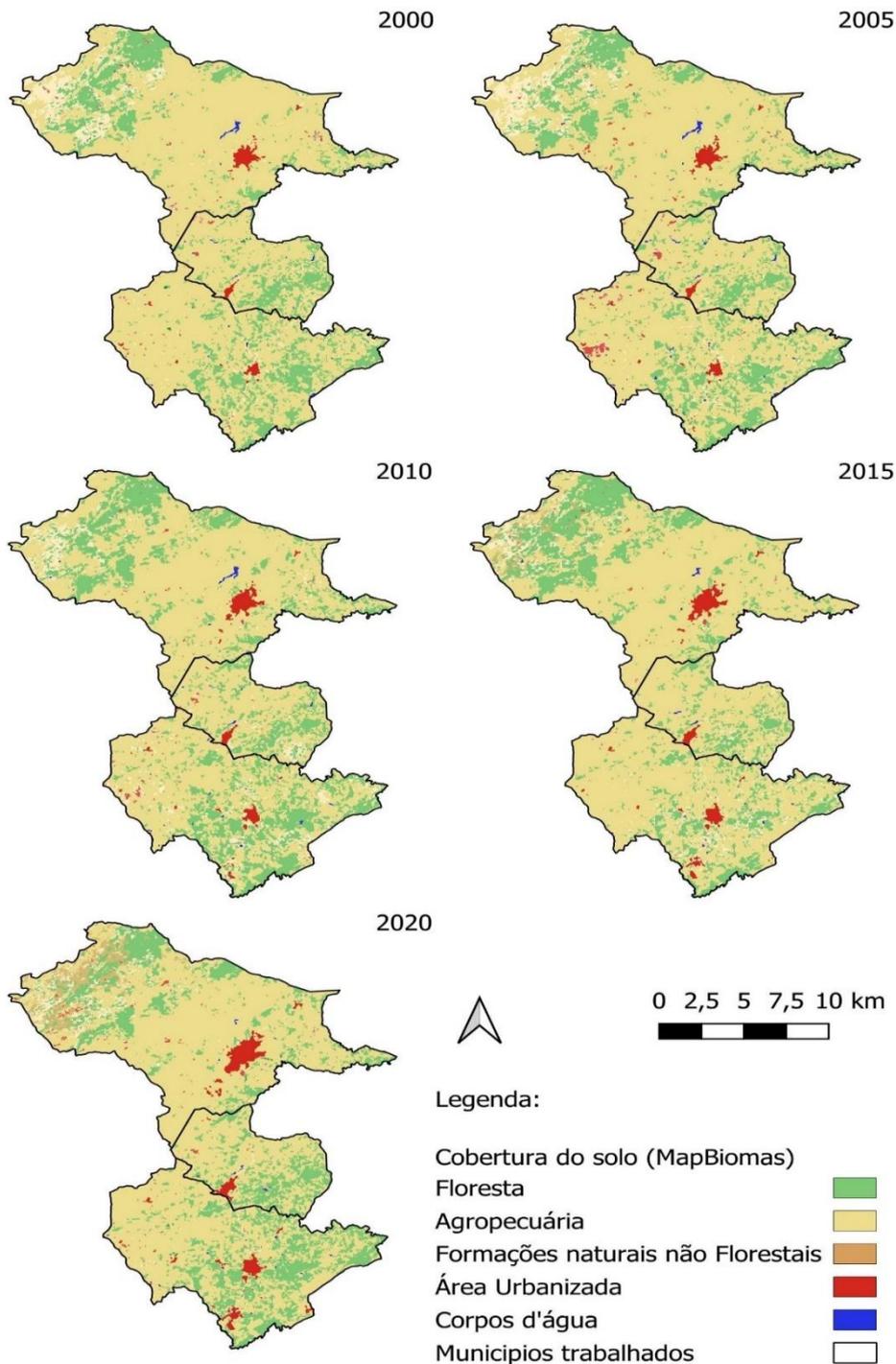
Os dados analisados revelam uma dinâmica complexa e multifacetada no uso e cobertura do solo na região estudada, evidenciando tendências que merecem atenção especial para o planejamento ambiental e a formulação de políticas públicas. Observou-se um aumento significativo nas áreas de vegetação não florestal, como formações arbustivas e campestres, e na expansão das áreas urbanizadas, acompanhadas por um declínio nas áreas dedicadas à agropecuária.

Essas transformações refletem mudanças nos padrões de ocupação e uso do solo, influenciadas por fatores como alterações climáticas, mudanças econômicas e sociais, e pressões humanas, como desmatamento e uso intensivo do solo. A diminuição das áreas agropecuárias pode estar associada a processos de degradação ambiental ou a migrações para áreas urbanas, enquanto o aumento da vegetação não florestal pode ser resultado de regeneração natural em áreas abandonadas ou de esforços locais de restauração ambiental.

Essas mudanças possuem implicações diretas para a conservação ambiental e o desenvolvimento sustentável no bioma Caatinga, um ecossistema único e vulnerável. A expansão das áreas urbanas pode intensificar pressões sobre os recursos naturais, enquanto o aumento das áreas de vegetação não florestal pode representar uma oportunidade para iniciativas de recuperação de áreas degradadas e conservação da biodiversidade.

Dessa forma, as informações detalhadas fornecidas por esses dados são fundamentais para compreender os processos de transformação do uso da terra, identificar os fatores que os impulsionam e orientar estratégias voltadas para a conservação dos recursos naturais, a mitigação da desertificação e a promoção de um desenvolvimento regional sustentável, alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Figura 14- Mapas de cobertura do solo para os municípios de Esperança, São Sebastião de Lagoa de Roça e Lagoa Seca, no semiárido paraibano nos anos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Estes resultados são corroborados por Souza Jr. Et al. (2020) o qual destaca que, entre 1985 e 2017, houve um aumento significativo nas áreas de vegetação não florestal e urbanização, com uma correspondente diminuição nas áreas de agropecuária na Caatinga. Esses dados são críticos para entender as mudanças no uso da terra e suas implicações para a

conservação ambiental e o desenvolvimento regional sustentável. Além disso, o estudo destaca que a vegetação natural na Caatinga tem sido cada vez mais substituída por áreas urbanas e outras formas de uso do solo que não são agrícolas. As áreas de vegetação não florestal, que incluem pastagens naturais e outras formações vegetais, aumentaram devido à redução das áreas destinadas à agropecuária, refletindo mudanças nas práticas de uso da terra e na economia local (Souza Jr et al., 2020).

6.1.3 Impacto do programa de cisternas observados através da cobertura do solo e indicadores de desertificação

A análise da cobertura do solo dos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça, obtida através do projeto MapBiomas, revela importantes mudanças no uso da terra e na mitigação da desertificação. O indicador ODS 15.3.1, calculado através do plugin Trends.Earth, considera a produtividade biológica, o carbono orgânico do solo (COS) e mudanças na utilização e cobertura da terra. Entre 2004 e 2020, observou-se que as áreas dedicadas à agropecuária diminuíram, enquanto as áreas florestais e formações naturais não florestais aumentaram, indicando uma recuperação ambiental em alguns locais. Este fenômeno está diretamente ligado às práticas de manejo e conservação do solo incentivadas pelo Programa de Cisternas, que promoveu a captação e armazenamento de água da chuva, permitindo a prática de agricultura sustentável mesmo em períodos de seca.

O impacto positivo do Programa de Cisternas também se reflete na redução da degradação do solo. Através do acesso contínuo à água, as famílias puderam adotar práticas agroecológicas que preservam a qualidade do solo e promovem a recuperação da vegetação nativa. A análise dos dados do Trends.Earth mostra que a degradação do carbono orgânico do solo foi mitigada em áreas onde o programa foi implementado, indicando uma melhora na saúde do solo e, conseqüentemente, na produtividade biológica. Estes resultados corroboram a eficácia do Programa de Cisternas não apenas na garantia da segurança hídrica, mas também na promoção da sustentabilidade ambiental e socioeconômica das comunidades rurais no semiárido paraibano.

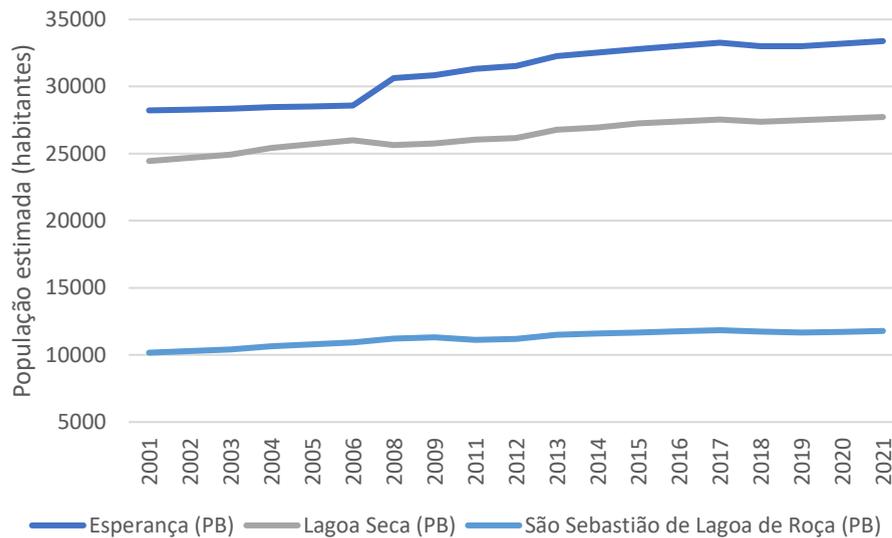
6.2 INFLUÊNCIA DAS CISTERNAS NO ASPECTO SOCIOECONÔMICO DAS FAMÍLIAS AGRICULTORAS

A análise dos dados do IBGE para os municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça revela importantes tendências demográficas e produtivas que podem ser diretamente relacionadas ao impacto do Programa de Cisternas.

6.2.1 Estimativa da População

A análise dos dados de estimativa populacional dos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça, na Paraíba, Brasil, ao longo dos anos de 2001 a 2021, revela tendências de crescimento populacional contínuo. Em Esperança, a população aumentou de 28,221 em 2001 para 33,386 em 2021, indicando um crescimento constante ao longo dos 20 anos. Lagoa Seca também apresentou um crescimento consistente, passando de 24,449 em 2001 para 27,728 em 2021. Já o município de São Sebastião de Lagoa de Roça mostrou um crescimento populacional menor em comparação aos outros dois, aumentando de 10,169 em 2001 para 11,793 em 2021. Esses dados refletem uma tendência de crescimento populacional nos três municípios, o que sugere uma demanda crescente por infraestrutura e serviços ao longo do período analisado.

Figura 15 – Estimativa da população dos municípios de interesse de 2001 à 2021.



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A população de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça apresentou crescimento constante de 2001 a 2021. Este crescimento populacional, que pode ser parcialmente atribuído à melhoria das condições de vida proporcionadas pelo acesso à água através do Programa de Cisternas, destaca a importância de políticas públicas que asseguram recursos hídricos para comunidades vulneráveis. Acesso confiável à água é essencial para a sustentabilidade e o crescimento populacional, influenciando diretamente a saúde e a qualidade de vida.

6.2.2 Rebanhos

A tabela 2 apresenta o quantitativo dos diferentes rebanhos dos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça ao longo dos anos.

Tabela 2 - Quantitativo de rebanhos de diferentes espécies de 2000 ao ano 2022 dos municípios estudados.

Ano	Tipo de rebanho (cabeças)	Esperança (PB)	Lagoa Seca (PB)	São Sebastião de Lagoa de Roça (PB)
2000	Bovino	6276	3264	2750
	Suíno	1650	850	615
	Caprino	1690	1328	510
	Ovino	1105	2132	523
	Galináceos	28033	464236	12897
2001	Bovino	6599	3394	2700
	Suíno	1957	915	622
	Caprino	1900	1250	500
	Ovino	1440	2010	500
	Galináceos	29226	465101	13510
2002	Bovino	5279	3420	3100
	Suíno	1565	948	580
	Caprino	2950	1320	350
	Ovino	3430	2100	510
	Galináceos	23380	466150	13310
2003	Bovino	5500	2720	2610
	Suíno	1642	900	620
	Caprino	2803	1100	367
	Ovino	3299	2000	535
	Galináceos	22212	380000	13566
2004	Bovino	5000	2620	2700
	Suíno	1580	860	641
	Caprino	3000	1000	320
	Ovino	3500	1760	495
	Galináceos	42490	363000	13105
2005	Bovino	7010	3400	2000
	Suíno	1390	800	621
	Caprino	3450	970	380
	Ovino	3800	1640	510
	Galináceos	48719	373500	12310
2006	Bovino	7388	3450	2088
	Suíno	1425	860	632
	Caprino	3553	1000	393
	Ovino	4028	1650	522
	Galináceos	50871	384000	12763
2007	Bovino	6649	3500	2505
	Suíno	1200	880	568
	Caprino	2984	1050	328
	Ovino	3383	1700	615
	Galináceos	52183	415000	13528
2008	Bovino	6981	3670	2880
	Suíno	1259	910	586
	Caprino	2500	1070	278
	Ovino	2910	1750	676
	Galináceos	53244	425500	14203
2009	Bovino	6369	3776	2721

	Suíno	1088	976	575
	Caprino	2100	1032	250
	Ovino	2444	1780	743
	Galináceos	96798	412800	13492
2010	Bovino	5996	3500	2800
	Suíno	1075	910	640
	Caprino	1800	1000	207
	Ovino	2100	1800	631
	Galináceos	86543	417000	14841
2011	Bovino	6700	3954	3200
	Suíno	1182	814	697
	Caprino	1500	839	196
	Ovino	1764	1500	694
	Galináceos	100984	412500	17067
2012	Bovino	6030	3200	3008
	Suíno	1122	795	661
	Caprino	1410	800	186
	Ovino	1658	1400	659
	Galináceos	115326	417000	16222
2013	Bovino	7055	4240	2600
	Suíno	1065	720	727
	Caprino	1184	725	195
	Ovino	1392	1500	691
	Galináceos	128127	380000	17023
2014	Bovino	6700	4050	2500
	Suíno	1118	850	608
	Caprino	994	700	163
	Ovino	1183	2000	580
	Galináceos	141970	400000	16171
2015	Bovino	6030	3800	2250
	Suíno	1006	1200	577
	Caprino	944	825	171
	Ovino	1123	2300	609
	Galináceos	120674	350000	17500
2016	Bovino	6080	3500	1890
	Suíno	1106	1400	605
	Caprino	1038	800	188
	Ovino	1235	2400	700
	Galináceos	132741	330000	20125
2017	Bovino	5610	3800	2500
	Suíno	1150	2500	617
	Caprino	1300	780	469
	Ovino	2300	2500	664
	Galináceos	116000	150000	68000
2018	Bovino	6480	4000	2008
	Suíno	1350	3000	780
	Caprino	1380	700	400
	Ovino	2350	3000	650
	Galináceos	119934	170000	60000
2019	Bovino	6500	4100	1700
	Suíno	1800	3300	880
	Caprino	1650	720	321
	Ovino	2500	3100	740
	Galináceos	162000	120000	62000
2020	Bovino	6300	3900	1750
	Suíno	1900	3400	920
	Caprino	1700	800	350
	Ovino	2600	3500	790
	Galináceos	156532	122000	63500
2021	Bovino	6000	3400	1690

	Suíno	2200	4000	1000
	Caprino	1950	900	415
	Ovino	3000	4000	850
	Galináceos	170500	130000	69100
	Bovino	5900	3500	1600
2022	Suíno	2230	4100	1009
	Caprino	1940	1000	382
	Ovino	3062	4050	760
	Galináceos	200000	131000	68000

Fonte: IBGE (2024).

A análise dos dados de rebanhos nos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça, na Paraíba, Brasil, ao longo dos anos de 2000 a 2022, revela tendências significativas na produção pecuária local. Em Esperança, a quantidade de bovinos mostrou um aumento significativo em 2005 e uma estabilização nos anos subsequentes. Os suínos apresentaram flutuações ao longo dos anos, enquanto os caprinos e ovinos tiveram um crescimento constante, destacando-se os ovinos com um aumento considerável. A produção de galináceos foi notavelmente expressiva, crescendo de forma substancial ao longo do período.

A intensificação na produção de bovinos e galináceos observada em Esperança é consistente com tendências globais e regionais de aumento da produtividade através da intensificação agrícola e do uso de tecnologias modernas de manejo. Estudos indicam que a intensificação da produção de galináceos, por exemplo, é frequentemente resultado de melhorias na nutrição e manejo, bem como na genética dos animais, que têm levado a um aumento significativo na produção de carne e ovos em muitas regiões semiáridas do Brasil (Herrero et al., 2017).

Em Lagoa Seca, o rebanho bovino teve um crescimento constante, com um pico em 2019. A quantidade de suínos variou consideravelmente, culminando em um aumento significativo nos anos mais recentes. Os caprinos tiveram uma leve redução ao longo dos anos, enquanto os ovinos quase dobraram em quantidade. A produção de galináceos, apesar das variações, manteve-se alta, com números impressionantes ao longo dos anos. O aumento notável na produção de galináceos reflete uma tendência semelhante de intensificação e modernização das práticas agrícolas. A transição para sistemas de produção mais intensivos pode ser atribuída a uma maior adoção de práticas de manejo avançadas, melhorias na alimentação animal e investimentos em infraestrutura agrícola. Isso é suportado por estudos que mostram que a intensificação da produção de galináceos pode levar a aumentos substanciais na produção de proteína animal em regiões semiáridas, ajudando a melhorar a segurança alimentar e a sustentabilidade econômica (Castro et al., 2021).

Já em São Sebastião de Lagoa de Roça, observou-se uma redução no número de bovinos,

enquanto os suínos e caprinos apresentaram variações menores. Os ovinos cresceram de maneira constante, e a produção de galináceos mostrou um aumento significativo, apesar das flutuações anuais. A tendência de declínio na produção de bovinos pode ser relacionada a desafios específicos enfrentados pelos pequenos agricultores na região, como a disponibilidade limitada de recursos hídricos e a competição por terras. Em contraste, o aumento na produção de galináceos e ovinos sugere uma adaptação às condições locais, onde esses animais podem ser criados de forma mais eficiente em pequenas propriedades rurais. Estudos sobre a produção de ovinos em regiões semiáridas destacam que esses animais são particularmente bem adaptados às condições de seca, sendo capazes de utilizar eficientemente os recursos forrageiros disponíveis, como a palma forrageira, que é amplamente utilizada na alimentação de ovinos e caprinos na região (Ferreira, 2012).

Essas tendências destacam a importância de adaptar as práticas de manejo às condições locais e de investir em tecnologias que melhorem a eficiência produtiva e a sustentabilidade dos sistemas de produção pecuária no semiárido brasileiro. Além disso, tais tendências podem ser ligadas à disponibilidade de água para animais e irrigação de pastagens, facilitadas pelo armazenamento de água da chuva em cisternas. Estudos indicam que a intensificação da produção pecuária em regiões semiáridas é frequentemente resultado de melhorias no manejo da água e nas práticas agrícolas, aumentando a resiliência e a produtividade.

6.2.3 Lavouras

Dentre as culturas mais importantes economicamente para a região do Agreste Paraibano, destacam-se o milho e o feijão. Portanto, será realizada uma análise mais detalhada dessas culturas representativas.

Milho

A análise dos dados de produção de milho nos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça, na Paraíba, ao longo dos anos, revela variações tanto na área plantada quanto na quantidade colhida.

Tabela 3 - Área plantada (ha) e quantidade (t) colhida da cultura do milho de 2003 à 2022 dos municípios estudados.

Ano	Esperança (PB)		Lagoa Seca (PB)		São Sebastião de Lagoa de Roça (PB)	
	Área plantada (ha)	Qtde (t)	Área plantada (ha)	Qtde (t)	Área plantada (ha)	Qtde (t)

2003	230	57	100	50	100	60
2004	800	400	150	75	150	90
2005	2190	350	200	60	100	60
2006	1000	600	100	80	230	161
2007	2000	1600	200	160	190	133
2008	2000	1200	200	160	210	147
2009	1000	200	200	160	180	72
2010	450	126	200	80	52	4
2011	1500	420	200	80	150	50
2012	250	-	160	16	100	30
2013	300	116	300	150	300	210
2014	800	160	150	60	200	100
2015	610	183	225	23	90	27
2016	900	162	200	40	22	9
2017	1100	330	66	33
2018	800	320	200	160	40	40
2019	100	10	100	30	120	30
2020	900	540	120	78	90	90
2021	900	108	200	27	50	32
2022	800	400	100	60	70	70

Fonte: IBGE (2024).

Em Esperança, observou-se uma variação significativa na área plantada, que atingiu um pico em 2007 com 2.000 hectares e uma produção de 1.600 toneladas. Após esse pico, houve uma diminuição, com flutuações anuais, e em 2022 a área plantada foi de 800 hectares com uma produção de 400 toneladas. Notavelmente, em 2020, houve um aumento na produção para 540 toneladas, apesar de uma área plantada de 900 hectares.

Lagoa Seca apresentou uma estabilidade maior na área plantada ao longo dos anos, com 100 a 200 hectares sendo a norma na maior parte do período. A produção variou de forma semelhante, com um aumento significativo em 2013, quando a área plantada foi de 300 hectares e a produção atingiu 150 toneladas. Em 2022, a área plantada foi de 100 hectares com uma produção de 60 toneladas.

Em São Sebastião de Lagoa de Roça, a área plantada e a produção mostraram variações substanciais. Houve um aumento significativo em 2013, com 300 hectares plantados e uma produção de 210 toneladas. A partir de 2017, os dados mostram inconsistências, mas a área plantada e a produção em 2022 foram de 70 hectares e 70 toneladas, respectivamente.

Feijão

Os dados de Esperança mostram variações significativas na área plantada e na produção de feijão ao longo dos anos. Em 2004 e 2007, houve picos de área plantada e produção, com 3.200 hectares e 1.900 toneladas em 2004, e 3.250 hectares e 2.575 toneladas em 2007. Após 2010, a produção teve uma redução, com recuperação parcial nos anos seguintes, culminando em 1.500 hectares e 855 toneladas em 2022.

Tabela 4 - Área plantada (ha) e quantidade (t) colhida da cultura do feijão de 2003 à 2022 dos municípios estudados.

Ano	Esperança (PB)		Lagoa Seca (PB)		São Sebastião de Lagoa de Roça (PB)	
	Área plantada (ha)	Qtde (t)	Área plantada (ha)	Qtde (t)	Área plantada (ha)	Qtde (t)
2003	2620	786	1020	600	1000	600
2004	3200	1900	1350	795	1200	780
2005	3242	1591	800	240	900	540
2006	3200	2520	1000	780	1200	960
2007	3250	2575	1100	840	750	595
2008	3340	1979	1100	840	850	675
2009	3100	559	1100	540	550	110
2010	700	42	800	360	260	14
2011	1850	282	1100	420	700	128
2012	510	116	1050	75	500	90
2013	700	270	980	525	400	200
2014	1250	360	950	300	720	182
2015	649	163	756	103	290	87
2016	1310	155	800	160	260	89
2017	1610	933	550	220	270	162
2018	1620	936	600	288	310	115
2019	1280	188	600	60	285	70
2020	1410	819	560	352	390	234
2021	1460	214	350	63	295	74
2022	1500	855	700	248	275	157

Fonte: IBGE (2024).

Em Lagoa Seca, a área plantada e a produção de feijão também variaram ao longo dos anos. Os picos de produção foram observados em 2007 e 2008, com 1.100 hectares plantados e 840 toneladas colhidas em ambos os anos. A partir de 2012, houve uma queda acentuada na produção, com recuperação em 2018, quando foram colhidas 288 toneladas de uma área de 600 hectares.

Para São Sebastião de Lagoa de Roça, os dados indicam uma área plantada estável nos primeiros anos, com um pico em 2006 (1.200 hectares plantados e 960 toneladas colhidas). Após 2009, a produção de feijão sofreu uma redução significativa, especialmente em 2010, com apenas 14 toneladas colhidas de uma área de 260 hectares. Nos anos seguintes, a produção mostrou recuperação parcial, atingindo 390 toneladas em 2020 com 234 hectares plantados.

A análise da produção de feijão nos três municípios evidencia variações influenciadas por múltiplos fatores, como condições climáticas, práticas agrícolas e programas de apoio. O impacto do programa de cisternas, iniciado em 2004, pode ter contribuído para melhorias temporárias na produção devido ao melhor acesso à água. No entanto, após a sua extinção em 2019, observou-se uma redução ou estabilização na produtividade, destacando a importância de políticas públicas contínuas para a sustentabilidade agrícola. Esses dados são essenciais para

planejar intervenções que aumentem a resiliência e a segurança alimentar na região.

Programa de Cisternas

A produção de milho e feijão nos três municípios também apresentou variações. Em Esperança, houve um pico na área plantada de milho em 2007, seguido por flutuações, mas com uma produção significativa. Para o feijão, 2004 e 2007 foram anos de alta produção, mas a produção diminuiu após 2010. Em Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça, as áreas plantadas e as quantidades colhidas de milho e feijão mostraram padrões de variação que podem estar ligados ao acesso à água e às condições climáticas. O impacto positivo das cisternas é evidente nos anos de maior produção, sugerindo que o programa contribuiu para a estabilidade e o aumento da produção agrícola, essencial para a segurança alimentar regional.

O Programa de Cisternas, iniciado em 2004, foi uma iniciativa crucial para fornecer água potável e melhorar as condições de vida no semiárido brasileiro. As cisternas não apenas forneceram água para consumo humano, mas também para a irrigação de pequenas lavouras e a criação de animais. Estudos mostram que o acesso à água de qualidade através de tecnologias sociais, como as cisternas, pode ter impactos profundos na saúde, na segurança alimentar e na sustentabilidade econômica das comunidades rurais.

Apesar dos benefícios, a descontinuação do programa em 2019 teve efeitos negativos, evidenciados pela redução na produtividade agrícola e pecuária em anos subsequentes. A análise dos dados do IBGE reflete a importância de políticas públicas contínuas para a manutenção e expansão de tecnologias hídras sustentáveis, crucial para enfrentar os desafios da escassez de água no semiárido.

6.2.4 IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

Os dados de IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) apresentados na tabela fornecem uma visão sobre a evolução do desenvolvimento humano em três municípios específicos da Paraíba, além de uma referência a nível nacional. Os indicadores são apresentados para os anos de 2000, 2010 e 2020, permitindo uma análise comparativa ao longo do tempo. De acordo com o Atlas Brasil, o IDH é um índice composto de três dimensões principais: Renda, Longevidade e Educação. Ele é calculado a partir de dados censitários e administrativos coletados em censos demográficos realizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e outras fontes oficiais. O objetivo do IDHM é fornecer uma medida abrangente do desenvolvimento humano, considerando não apenas a renda, mas também a

saúde e a educação, que são essenciais para o bem-estar e a qualidade de vida.

Tabela 5 - Indicadores Socioeconômicos e de Desenvolvimento Humano dos municípios de municípios do Semiárido Paraibano e do Brasil para os anos de 2000, 2010 e 2020.

Territorialidades	Brasil	Esperança	Lagoa Seca	São Seb. de Lagoa de Roça
Esperança de vida ao nascer 2000	68,61	64,61	62,92	64,7
Esperança de vida ao nascer 2010	73,94	71,04	71,15	72,67
IDHM 2000	0,612	0,474	0,461	0,443
IDHM 2010	0,727	0,623	0,627	0,594
IDHM renda 2000	0,692	0,523	0,533	0,533
IDHM renda 2010	0,739	0,598	0,621	0,561
IDHM Longevidade 2000	0,727	0,66	0,632	0,662
IDHM Longevidade 2010	0,816	0,767	0,769	0,795
IDHM Educação 2000	0,456	0,309	0,29	0,247
IDHM Educação 2010	0,637	0,526	0,516	0,471
Subíndice de frequência escolar - IDHM Educação 2000	0,488	0,383	0,383	0,351
Subíndice de frequência escolar - IDHM Educação 2010	0,686	0,669	0,636	0,605
Subíndice de escolaridade - IDHM Educação 2000	0,398	0,202	0,166	0,122
Subíndice de escolaridade - IDHM Educação 2010	0,549	0,326	0,340	0,286
Esperança de vida ao nascer 2020	76,210	207,90	220,07	220,52
Renda per capita 2020	779,13	330,66	380,73	262,87
Subíndice de escolaridade - IDHM Educação 2020	0,695	-	-	-
Subíndice de frequência escolar - IDHM Educação 2020	0,807	-	-	-
IDHM Educação 2020	0,768	-	-	-
IDHM Longevidade 2020	0,854	-	-	-
IDHM Renda 2020	0,736	-	-	-
IDHM 2020	0,784	-	-	-
Renda per capita 2000	592,46	-	-	-
Renda per capita 2010	793,87	-	-	-

Fonte: Atlas (2024).

Os dados mostram que, em nível nacional, a esperança de vida ao nascer aumentou significativamente de 2000 a 2010, refletindo melhorias nas condições de saúde e acesso a cuidados médicos. Este aumento também foi observado nos municípios de Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça, embora a esperança de vida nestes municípios tenha começado de uma base mais baixa em comparação com a média nacional.

O IDH nacional também apresentou um crescimento notável entre 2000 e 2010, indicando melhorias contínuas nas três dimensões principais do índice. Esse crescimento foi acompanhado por melhorias na qualidade de vida associada à renda.

Nos municípios paraibanos analisados, o IDHM seguiu uma tendência de crescimento semelhante à nacional. Esperança, Lagoa Seca e São Sebastião de Lagoa de Roça mostraram aumentos no IDHM, refletindo avanços nas condições de vida, acesso à educação e melhoria na renda dos habitantes. No entanto, os níveis absolutos de desenvolvimento humano nesses municípios permaneceram abaixo da média nacional, evidenciando que, apesar dos progressos,

ainda existem desafios significativos a serem superados para alcançar os níveis de desenvolvimento observados a nível nacional.

A comparação dos dados municipais com os resultados nacionais revela que, embora os municípios tenham seguido a tendência de crescimento do IDHM observada a nível nacional, o ritmo de desenvolvimento não foi suficiente para igualar a média nacional. Este descompasso indica a necessidade de políticas públicas direcionadas e investimentos específicos para acelerar o desenvolvimento humano nessas áreas, especialmente nas dimensões de educação e saúde, onde os municípios apresentaram maior defasagem em relação ao padrão nacional. As desigualdades no desenvolvimento humano entre diferentes regiões do Brasil são um reflexo de várias questões estruturais, incluindo a distribuição desigual de recursos e a implementação heterogênea de políticas públicas. Estudos indicam que a criação e manutenção de sistemas de saúde e educação robustos são cruciais para o desenvolvimento sustentável, especialmente em áreas mais vulneráveis (Paim et al., 2011).

A implementação de políticas públicas como o FUNDEB é um passo significativo para melhorar a educação básica e, conseqüentemente, o IDHM. No entanto, é essencial reconhecer e abordar os desafios específicos enfrentados por municípios menores e menos desenvolvidos para garantir que os benefícios dessas políticas sejam amplamente distribuídos. Assim como na saúde, a educação exige uma abordagem equitativa e inclusiva para promover o desenvolvimento humano sustentável em todo o país (Peres et al., 2024).

Embora os municípios paraibanos tenham seguido a tendência de crescimento do IDH observada a nível nacional, o ritmo de desenvolvimento nesses municípios não foi suficiente para alcançar a média nacional. Esse descompasso revela que, apesar dos avanços proporcionados por tecnologias sociais como o Programa de Cisternas, o Bolsa Família, e outras iniciativas implementadas entre 2004 e 2020, ainda restam desafios significativos a serem enfrentados. O Programa de Cisternas, em particular, desempenhou um papel crucial ao fornecer água potável e para a irrigação de pequenas lavouras, melhorando a segurança alimentar e as condições de vida no semiárido. Além disso, programas como o Luz para Todos, que levou eletrificação a áreas rurais, e a construção de escolas rurais, contribuíram para o desenvolvimento humano nessas regiões. No entanto, a continuidade e ampliação dessas políticas são essenciais para superar as disparidades ainda existentes (Machado et al., 2017; Machado et al., 2021; Medeiros e Silveira, 2022; Santana et al., 2011).

6.3 DESCRIÇÃO DAS PRÁTICAS ALTERNATIVAS (AGROECOLÓGICAS) EM PERÍODOS DE ESTIAGEM E AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE CISTERNAS NOS MUNICÍPIOS

A análise dos dados obtidos por meio dos questionários aplicados aos representantes dos sindicatos rurais de Esperança, São Sebastião de Lagoa de Roça e Lagoa Seca oferece informações valiosas sobre práticas agrícolas, uso de cisternas e desafios enfrentados pelas comunidades rurais do semiárido paraibano (Tabela 6).

Tabela 6 - Relação de perguntas e respostas aos questionários aplicados aos representantes dos sindicatos rurais dos municípios estudados.

Nº	Pergunta	Esperança	São Sebastião de Lagoa de Roça	Lagoa Seca
1	Diminuiu a quantidade de recarga d'água com a cisterna em casa?	Sim	Sim	Sim
2	Quantas vezes ao ano precisam fazer recarga d'água?	Mais de 5 vezes	Menos de 3 vezes	Entre 3 e 5 vezes
3	Nos períodos de estiagem, como fazem para ter água para as necessidades básicas?	Carro Pipa	Carro Pipa	Carro Pipa, poço subterrâneo, açude/barreiro
4	Nos períodos de estiagem conseguem plantar e/ou criar? Se sim, o que conseguem plantar e/ou criar?	Sim, plantar palma e criação aves, ovinos e bovinos	Criar	No período de estiagem cria galinhas
5	Houve a diminuição de doenças depois que passaram a utilizar a cisterna?	Sim	Sim	Sim
6	Quais eram os tipos de doença que apareciam antes de utilizarem a água das cisternas?	Diarréia	Diarréia	Diarréia, cólera
7	Plantam o ano todo?	Não	Não	Não
8	Se sim, o que costumam plantar?	-	Feijão rama, milho, fava e maniva (mandioca)	
9	Tem criação?	Sim	Sim	Sim
10	Se sim, quais?	Bovinos, ovinos, Suínos e aves	Caprinos, aves	Bovinos, aves, suíno
11	Conseguem vender o que sobra da produção? Com que frequência?	Sim, duas vezes por ano	6 meses depois	Sim várias vezes
12	Quantas cisternas do Programa de Cisternas estão funcionando na zona rural do município?	1000	2000	Mais de 80%
13	E quantas estão desativadas?	100	300	Não temos
14	De que forma a cisterna melhorou na vida dos agricultores desse município?	Principalmente no consumo diário humano.	Saúde, mais tempo para demais atividades	Saúde, ganho de tempo, menos trabalho e qualidade de vida
15	Possui algum sistema de reúso de águas em casa?	Sim	Não	Não
16	Sua família é de agricultores e não têm acesso a cisterna. Essa afirmativa está correta?	Não	Não	Sim
17	Quais as práticas agroecológicas que sua família desenvolve no dia a dia? E nos períodos de estiagem?	Feijão, milho e na estiagem criação animal	Os vegetais da roça	Gotejamento, cobertura morta, reutilização de

				água de pia e banheiro.
18	Com a implantação das cisternas aumentou os programas sociais? Quais?	Nos programas PNAE, PAA, Agroamigo do banco do nordeste	Não respondeu	Não respondeu

Fonte: Autora (2024).

As cisternas são usadas principalmente para garantir o acesso à água potável e para atividades agrícolas e pecuárias, destacando a importância do Programa de Cisternas na segurança hídrica das comunidades. O acesso constante à água proporcionado pelas cisternas permitiu uma diversificação das culturas agrícolas e uma melhoria significativa na produtividade, beneficiando a segurança alimentar das famílias.

Além disso, a disponibilidade de água incentivou a adoção de práticas agroecológicas nos três municípios, promovendo a sustentabilidade e resiliência das atividades agrícolas. Os benefícios relatados incluem a redução de gastos com água, a melhoria da saúde e bem-estar e o fortalecimento das redes de cooperação comunitária, evidenciando o impacto positivo do Programa de Cisternas.

Apesar dos benefícios, os desafios enfrentados incluem resistência inicial à adoção da tecnologia, dificuldades financeiras e a necessidade de capacitação e suporte técnico contínuos. A participação comunitária é um fator crítico para o sucesso do programa, com envolvimento ativo na construção, manutenção e gestão dos recursos hídricos, além de projetos de capacitação e educação ambiental. A participação ativa da comunidade é fundamental para o sucesso de programas de gestão de recursos hídricos. O estudo de Shunglu et al. (2022) enfatiza que a participação comunitária não deve ser apenas simbólica, mas sim genuinamente inclusiva, engajando todos os subgrupos dentro da comunidade. A pesquisa demonstra que projetos comunitários bem-sucedidos frequentemente envolvem a comunidade na construção, manutenção e gestão dos recursos hídricos, além de oferecerem projetos de capacitação e educação ambiental para fortalecer a gestão local dos recursos.

O estudo de Ananga et al. (2021) também reforça a necessidade de capacitação contínua e suporte técnico para garantir a eficácia e a sustentabilidade dos programas de água. A capacitação ajuda as comunidades a adquirir as habilidades necessárias para gerenciar os recursos de forma eficaz, enquanto o suporte técnico contínuo assegura que os sistemas sejam mantidos e operados corretamente. Esse suporte é essencial para superar os desafios iniciais e garantir a longevidade e o sucesso dos programas de gestão de água.

As cisternas desempenham um papel crucial na melhoria da segurança alimentar das

famílias ao proporcionar um acesso confiável à água, essencial para a produção agrícola sustentável. A revisão de Kerr et al. (2021) corrobora que práticas agroecológicas, como sistemas agroflorestais, técnicas de conservação do solo, rotação de culturas, compostagem, adubação orgânica e uso de biofertilizantes, têm um impacto positivo significativo na segurança alimentar e nutricional (SAN). Estas práticas não apenas aumentam a produção de alimentos, mas também promovem a resiliência agrícola e a sustentabilidade ambiental.

A análise dos dados revela que a maioria das cisternas instaladas nos três municípios estão ativas e desempenham um papel fundamental na segurança hídrica das famílias agricultoras. No entanto, a presença de cisternas desativadas aponta para desafios na manutenção e sustentabilidade dessas infraestruturas.

Assim, os dados dos questionários confirmam que o Programa de Cisternas desempenha um papel crucial na melhoria das condições de vida das comunidades rurais no semiárido paraibano. O acesso à água proporcionado pelas cisternas não apenas garantiu segurança hídrica, mas também promoveu melhorias na produtividade agrícola, adoção de práticas sustentáveis e benefícios socioeconômicos significativos. O acesso à água através das cisternas permite a implementação de práticas agroecológicas, que, segundo Kerr et al. (2021), são associadas a uma maior diversidade dietética e melhorias na qualidade da dieta. A diversificação de cultivos e a integração de sistemas de produção, como a agrofloresta e a pecuária, aumentam a disponibilidade de alimentos e possibilitam a geração de excedentes. Estes excedentes podem ser vendidos, proporcionando uma fonte adicional de renda para as famílias, o que é crucial para a segurança econômica e alimentar.

Este estudo ressalta a importância da continuidade do programa no aspecto de vigilância e análise da qualidade da água das cisternas implementadas como forma de assegurar a eficácia dessa política hídrica que mata a sede de milhares de pessoas que convivem com o semiárido.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação das cisternas proporcionou uma fonte contínua de água, essencial para a sobrevivência das comunidades durante os períodos de seca. A análise da cobertura do solo indicou uma recuperação ambiental em áreas onde o programa foi implementado, com aumento das áreas florestais e diminuição das áreas de agropecuária, demonstrando a eficácia das cisternas em reduzir a desertificação.

Os resultados confirmam que as cisternas não só garantiram o acesso à água potável, mas também permitiram a irrigação de pequenas lavouras e a criação de animais. Isso teve um impacto positivo na produção agrícola e na segurança alimentar, evidenciado pelo aumento na produção de milho e feijão nos municípios estudados. Além disso, as comunidades adotaram práticas agroecológicas, essenciais para a sustentabilidade das famílias em períodos secos.

A participação das comunidades na construção e gestão das cisternas, aliada às capacitações, resultou na adoção de práticas sustentáveis que contribuíram para a preservação do solo e a recuperação da vegetação nativa. A análise dos indicadores de desertificação revelou uma mitigação da degradação do carbono orgânico do solo nas áreas onde o programa foi implementado, confirmando a eficácia das práticas agroecológicas.

No entanto, observou-se neste estudo que a gestão participativa vem sofrendo um enfraquecimento por entre as famílias agricultoras e sindicatos. Para o estudo, o objetivo inicial era aplicar os questionários diretamente para com as famílias agricultoras, no entanto, houve dificuldades no acesso das informações, muitas famílias migraram da zona rural para a cidade por conta da violência. Os sindicatos sem um monitoramento real do quantitativo de cisternas.

O Programa de Cisternas desempenhou um papel crucial na melhoria das condições de vida das comunidades rurais no semiárido paraibano, proporcionando acesso à água potável e promovendo o desenvolvimento de práticas agroecológicas sustentáveis. No entanto, para garantir a continuidade dos benefícios proporcionados por essas cisternas, é necessário um acompanhamento contínuo.

A compreensão geográfica deste estudo fundamenta-se na "**Teoria do Meio Técnico-Científico Informacional**" proposta por Milton Santos, em sua obra **Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e Meio Técnico-Científico-Informacional (1994)**. A partir dessa teoria, e observando a relação das famílias com a água (marcada pela escassez hídrica) e os aspectos naturais do semiárido, o estudo busca refletir sobre os três momentos do meio técnico-científico.

O primeiro momento, o "meio natural," corresponde ao período em que as famílias

agricultoras precisavam buscar água em longas distâncias, carregando baldes, prática comum em décadas passadas no semiárido brasileiro. Nesse contexto, as mulheres desempenhavam um papel central, como acontecia em muitas outras comunidades da região.

No segundo momento, o "meio técnico," as famílias passaram a ter acesso à água por meio dos carros-pipa, veículos capazes de armazenar grandes volumes de água e que alcançam locais remotos e de difícil acesso no nordeste brasileiro.

O terceiro momento, o "meio técnico-científico-informacional," representa uma nova etapa de convivência com o semiárido. Com a inserção de tecnologias sociais hídras como política pública, através de projetos coletivos, essas tecnologias oferecem soluções práticas para a gestão hídrica local.

No estudo, observa-se o papel fundamental das ONGs e unidades gestoras, que não apenas facilitam o acesso das famílias às tecnologias sociais, mas também aumentam a eficácia dos resultados. Um exemplo disso é a capacitação de curto prazo que permite que as famílias manuseiem essas tecnologias de forma autônoma.

Diante disso, propõem-se políticas públicas que incluam programas de manutenção regular das cisternas, com foco especial na substituição ou reparo de cisternas quebradas e na garantia da qualidade da água armazenada. Além disso, é fundamental que as comunidades sejam capacitadas para realizar a cloração e o monitoramento da água, evitando assim riscos à saúde pública. Essas ações de acompanhamento não só garantiriam a durabilidade das cisternas, como também assegurariam o fornecimento de água de qualidade para as famílias agricultoras, promovendo a sustentabilidade do programa a longo prazo.

Propõem-se o incentivo de políticas de reúso de água na região em estudo e a elaboração de cartilhas com informações sobre o monitoramento do Programa de Cisternas. Essa cartilha precisa ser um suporte técnico e informativo para os sindicatos rurais da região em estudo.

Portanto, pode-se concluir que o Programa de Cisternas teve um impacto significativo na mitigação dos efeitos da seca e na melhoria das condições de vida das comunidades rurais no semiárido paraibano. As hipóteses propostas foram confirmadas pelos dados obtidos, evidenciando que a captação e armazenamento de água da chuva, a melhoria das condições de vida e a segurança alimentar, e a gestão participativa e adoção de práticas agroecológicas são fundamentais para a sustentabilidade dessas comunidades. A continuidade e expansão de programas como este são cruciais para enfrentar os desafios da escassez de água e promover o desenvolvimento sustentável no semiárido brasileiro.

8. REFERÊNCIAS

AB'SABER, Aziz Nacib. O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia. São Paulo, SP (Brasil). 1974. 39 p. n° 43.

AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Relatório final do 8º Fórum Mundial da Água. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal, Conselho Mundial da Água, Brasília: ANA, 2018.

AKHTAR-SCHUSTER, M., STRINGER, L. C., METTERNICHT, G., BARGER, N. N., CHOTTE, J. L., & KUST, G. (2022). Assessing the impact of science in the implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification. *Land*, 11(4), 568.

ALVES, Guilherme Arruda. Uso de eletrodialise para geração de energia elétrica e/ou dessalinizador. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Projeto de Graduação – UFRJ/ POLI/ Curso de Engenharia Ambiental, 2017. Referências Bibliográficas: p. 92-99.

AMARAL, J. J. F. Como fazer uma pesquisa bibliográfica. Fortaleza, CE: Universidade Federal do Ceará, 2007.

ANANGA, E.O., NAIGA, R., AGONG', S.G. et al. Examining the contribution of community participation in water resource production and management: perspectives from developing countries. *SN Soc Sci* 1, 37 (2021). <https://doi.org/10.1007/s43545-020-00050-0>

ANDRADE, Marina Lazarotto de. Cisternas de água para beber: um estudo sobre mudança política e institucional através do Advocacy Coalition Framework. 2020. 271 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

ARAÚJO, F. S., M. J. N. Rodal, M. R. V. Barbosa e F. R. Martins (2005), “Repartição da flora lenhosa no domínio da Caatinga”, em Araújo, F. S., M. J. N. Rodal e M. R. V. Barbosa (eds.), *Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga*, Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

ARAÚJO, F. V; VIANNA, P. C; SOUZA, M. C. S; RUFFO, C. L. M. Célula de Acompanhamento e Informação o Território da Borborema-CAI. Relatório Analítico e Parcial. Campina Grande-PB. novembro de 2011. Revista Geosaberes, Fortaleza, v. 6, númeroespecial (2), p. 168 – 177, novembro. 2015.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. Programa um milhão de cisternas. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>.

ASA. Articulação no Semiárido Brasileiro. Cartilha Diagnóstico de Agrossistema. Um olhar ampliado sobre a trajetória das famílias do semiárido. 2019. Disponível em:<<http://www.asabrasil.org.br/>>. Acesso em fev. 2023.

AZEVÊDO, A. C. de. Autonomia x Dependência: políticas de água no Semiárido e desenvolvimento regional. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

AZEVÊDO, A. C. Verso e Reverso das Políticas Públicas de Água para o Semiárido Brasileiro. Revista Política e Planejamento Regional, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, julho/dezembro 2015, p. 373 a 392. ISSN 2358-4556.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 2005.

BERLEMANN, M., & STEINHARDT, M. F. Climate change, natural disasters, and migration—a survey of the empirical evidence. CESifo Economic Studies, v. 63, n. 4, p. 353-385, 2017.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Delimitação do Semiárido – cartilha. Brasília, DF: MI, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/02semiariadorelatorionv.pdf> Acesso em: 11 ago. 2023.

BRASIL. P1MC. Articulação no Semiárido Brasileiro. Disponível em : www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc. Acesso em fev. 2023.

BRITO, D. A água no Brasil: da abundância à escassez. Agência Brasil, 2018. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-10/agua-no-brasil-da-abundancia-escassez>. Acesso em: 11 ago. 2023.

BUREK, P. et al. Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report). IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 2016. Disponível em: <https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/13008/1/WP-16-006.pdf>.

BRITTO, Guilherme Coelho; HERRERA, José Antonio; REBOLÇAS, Adriano Oliveira. Dinâmicas de uso da terra em assentamentos rurais no município de Pacajá: um exemplo de política pública como fator desordenador do espaço agrário. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, v. 17, n. 3, p. e5889-e5889, 2024.

BURITI, C. O. et al. Un Siglo de Sequías: ¿Por qué las Políticas de Agua no Desarrollaron la Región Semiárida Brasileña? *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 35, n. 4, 683- 688, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863540073>

CALJURI, M. L.; LORENTZ, J. F. Fundamentos de Sistema de Informação Geográfica. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Laboratório de Pesquisa em Sistema de Informação Geográfica. UFV. 112p. 2003.

CÂMARA, G.; DAVIS. C.; MONTEIRO, A. M.; D'ALGE, J. C. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos, INPE, 2ª ed 2001 Disponível em:

CANDIOTTO, L.Z.P.; GRISA, F.F.; SCHIMITZ, L.A. Considerações sobre a experiência de construção de cisternas em unidades de produção e vida similiares (UPVFs) domunicípio de Francisco Beltrão-PR. /Considerations about cisterns construction´s experiencein family life and production units (FLPU) of Fra. *REVISTA NERA*, n. 29, p. 174-193, 2016.

CARVALHO NETO, J.F.; SILVA, T. F. da.; VIANNA, P.C.G. Análise espacial da atuação da operação pipa no semiárido da Paraíba. *Revista OKARA: Geografia em debate*, v. 13, n.1, p. 36-58, 2019.

CASTRO, C. N. de. Transposição do Rio São Francisco: análise de oportunidade de projeto.

IPEA. Rio de Janeiro. Fev. 2011.

CASTRO, César Nunes de. Avaliação do Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais (Programa Cisternas), à luz dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Texto para Discussão, IPEA, Rio de Janeiro, v. 2722, p. 1-42, 2021.

CAVALCANTE, L. V.; ARAUJO DE SOUSA, J. O DESMONTE DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO PELO GOVERNO BOLSONARO. Terra Livre, [S. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/2891>. Acesso em: 12 ago. 2023.

CETESB. O PROBLEMA DA ESCASEZ DE ÁGUA NO MUNDO. Águas Interiores. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/> Acesso em: 10 ago.2023.

CHERIF, I.; KOLINTZIKI, E.; ALEXANDRIDIS, T.K. Monitoring of Land Degradation in Greece and Tunisia Using Trends.Earth with a Focus on Cereal Croplands. Remote Sens. 2023, 15, 1766. <https://doi.org/10.3390/rs15071766>

CIRILO, V. L. R. Abastecimento humano de água em comunidades rurais na bacia hidrográfica do Rio Ceará Mirim-RN. 2014. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

COSTA, E.S.T. da. A Importância do uso de cisternas no Assentamento Oziel Pereira - Remigio PB. 2014. – João Pessoa. 55p.:il. Monografia (Graduação em Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba.

COSTA, Mirella Leôncio Motta. Estabelecimento de critérios de outorga de direito de uso para águas subterrâneas. 2009.

COUTINHO, A. A. Tecnologias sociais como instrumento de gestão participativa: a experiência da comunidade Lajedo de Timbaúba-Pb. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 145 p, 2010.

CUNHA, L.H. Desigualdades nos padrões de acesso à água e limites da cidadania hídrica em comunidades rurais do semiárido. Edição especial: Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens. Vol. 55, p. 99-116, dez. 2020. DOI: 10.5380/dma.v55i0.73371 . e-ISSN 2176-9109.

DE OLIVEIRA BURITI, Catarina; BARBOSA, Humberto Alves. Um século de secas: por que as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro?. ., 2018.

DHINGRA, N., SINGH, NS, SHARMA, R., PARWEEN, T. (2020). Captação de água da chuva e avanços atuais. Em: Oves, M., Ansari, M., Zain Khan, M., Shahadat, M., MI Ismail, I. (eds) Problemas modernos com águas residuais. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-08283-3_14.

DIAS, Eric Mateus Soares. Mudanças climáticas e recursos hídricos: percepções sobre riscos climáticos e capacidade adaptativa na região semiárida do Rio Grande do Norte, Brasil. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DINIZ, P.C.O.; LIMA, J.R.T. Mobilização e ação coletiva no Semiárido Brasileiro: convivência, agroecologia e sustentabilidade. Redes - Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, v. 22, n. 2, p.233. maio-agosto, 2017.

DINIZ, P.C.O.; SANTOS, C.F.; ROZENDO, C. Política para o futuro? a trajetória do programa de cisternas em um contexto de desmonte das políticas públicas no Brasil. In: 43o Encontro Anual da ANPOCS, Caxambu/MG. 2019. Anais do 43o Encontro Anual da ANPOCS, 2019.

DINIZ, Paulo Cesar Oliveira; SANTOS, Christiane Fernandes dos; ROZENDO, Cimone. Acesso à água para consumo humano no semiárido brasileiro: desafios, tensões e perspectivas do programa “Um Milhão de Cisternas”. Contemporânea, São Carlos, v. 12, n. 1, p. 95-119, 2022

ESMERALDO, Gema Galgani et al. Políticas públicas para os povos do Semiárido: avanços e desafios. Fortaleza: SDA, 2017

FERREIRA, F. Bolsonaro desmonta programa de cisternas e favorece uso político de emendas. Folha de São Paulo, São Paulo, 05 dez, 2021. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/poder/2021/12/bolsonaro-desmonta-programa-de-cisternas-e-favorece-uso-politico-de-emendas.shtml>. Acesso em: 11 ago, 2023.

FERREIRA, F.B. Desenvolvimento regional e políticas públicas de incentivo à inovação: os Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) nas universidades públicas da Paraíba. 2019. 95f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional - PPGDR) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, 2019).

FONTENELE, Ana Maria; CAVALCANTE, Jacqueline Franco; OLIVEIRA, Alfredo José Pessoa de. Dos avanços advindos das políticas de combate à pobreza à perspectiva da captura populista de seu povo: algumas perspectivas para o Nordeste de um Brasil governado por conservadores. In: POCHMANN, Marcio; OLIVEIRA, José Sergio Gabrielli (Org.). Brasil: incertezas e submissão? São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2019. p. 357-380.

FORMOSO, S.C. Sistema de tratamento de água salobra: alternativa de combate à escassez hídrica no semiárido sergipano. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010.

G. G.; SANTOS, S. M. Aspectos Sanitários e de Uso da Água em Pequenas Comunidades Rurais do Semiárido Pernambucano. Revista Brasileira de Geografia Física 05 (2012) 1191-1202.

GIL, A. C. (2002). Como elaborar projetos de pesquisa. Atlas, v. 4, n. 1, p. 44-45, ISBN 85-224-3169-8.

GIL, A.C. (2008). Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas.

GNADLINGER, J.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. P1 + 2: Programa Uma Terra e Duas Águas para um semi-árido sustentável. 2007. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/159651/p1--2-programa-uma-terra-e-duas-aguas-para-um-semi-arido-sustentavel> Acesso em: 10, agosto de 2023.

GOMES, Antonio Manoel. Estudo sobre os avanços e retrocessos do orçamento federal na política de tecnologia social de convivência com o semiárido – o Programa Cisternas. In : ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE, XIV, Anais... Aracaju, 2022.

GOMES, M.; SOUZA, J.; FUJINAGA, C. (2011). Estudo de caso das condições de abastecimento de água e esgotamento sanitário dos moradores da estação ecológica de Fernandes Pinheiro (PR). *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 7, n. 4, 25-38.

GUIMARÃES, Juliana Silva et al. Agricultura familiar e as tecnologias sociais no território do sertão produtivo: Análise exploratória com foco no desenvolvimento rural. 2023.

HANAFI, A. e A. OULED-BELGACEM (2006), “Les formations végétales et l’impacte de l’emprise agricole sur leur dynamique”, en Genin, D., H. Guillaume, M. Ouessar, A. Ouled-Belgacem, B. Romagny, M. Sghaier e H. Tâmallah (eds.), *Entre desertification et développement: La jeffara tunisienne*, Tunis, pp. 57-67.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso: fevereiro de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> Acesso: fevereiro de 2021.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. In: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K. B.; Tignor, M.; Miller, H. L. (ed.) *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp, 2007a.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability*. In: Parry, M. L.; Canziani, O. F.; Palutikof, J. P.; vander Linden, P. J.; Hanson, C. E. (ed.) *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp, 2007b.

JACOBI, P. R., & BARBI, F.. (2007). Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. *Revista Katálysis*, 10(2), 237–244. <https://doi.org/10.1590/S1414-49802007000200012>

KALOGIANNIDIS, S.; KALFAS, D.; GIANNARAKIS, G.; PASCHALIDOU, M. Integration of Water Resources Management Strategies in Land Use Planning towards Environmental Conservation. *Sustainability* 2023, 15, 15242. <https://doi.org/10.3390/su152115242>

KÜSTER, Angela; MARTI, Jaime Ferré (Org.). Políticas públicas para o Semiárido: experiências e conquistas no Nordeste do Brasil. Fortaleza: Konrad Adenauer, 2009.

LAUB BG, VON BON E Jr., MAY L, GARCIA M. The Hydrologic Mitigation Effectiveness of Bioretention Basins in an Urban Area Prone to Flash Flooding. *Water*. 2024; 16(18):2597.

LEITE, Andréa Ferreira; SOUSA, Cidoval Moraes de; SILVA, José Irivaldo Alves Oliveira. Acesso e governança da água no semiárido brasileiro: um estudo em comunidades rurais do Estado da Paraíba. 2023.

LEWIS, J., & RUDNICK, J. The policy enabling environment for climate smart agriculture: A case study of California. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 3, p. 31, 2019.

LIU, Y., CAI, W., LIN, X., Li, Z., & ZHANG, Y. Nonlinear El Niño impacts on the global economy under climate change. *Nature Communications*, v. 14, n. 1, p. 5887, 2023.

LOURENÇO, Andréia Vigolo; GRISA, Catia; SCHMITT, Claudia Job. Políticas públicas voltadas às/aos trabalhadoras/es do campo, das florestas e das águas: precedentes e desmontes. In: LOURENÇO, Andréia Vigolo et al. (Org.). Brasil, do flagelo da fome TERRA LIVRE 503 ao futuro agroecológico: uma análise do desmonte das políticas públicas federais e a agroecologia como alternativa. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2022. p. 9-47.

LYU, Y., SHI, P., HAN, G., LIU, L., GUO, L., HU, X., & ZHANG, G. (2020). Desertification control practices in China. *Sustainability*, 12(8), 3258.

MACÊDO, Ramon Novaes de. Governo Bolsonaro e o desmonte do programa cisternas no semiárido brasileiro. In: ZIMMERMANN, Clovis Roberto; CRUZ, Danilo Uzêda da (Org.). Políticas sociais no governo Bolsonaro: entre descasos, retrocessos e desmontes. Buenos Aires: Clasco, 2022. p. 227-252.

MACHADO, T. T. V., DIAS, J. T., AZEVEDO FILHO, A. C. D., GADELHA, C. L. M., & SILVA, T. C. D. Avaliação da qualidade de águas de chuva armazenadas em cisternas de placas e de polietileno em um município do semiárido do estado da Paraíba. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 26, p. 151-158, 2021.

MALVEZZI, R. Semi-Árido: uma visão holística. Coleção Pensar o Brasil. 2007.
MapBiomass. "Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil."
Disponível em: MapBiomass

MEDEIROS, C. B., & SILVEIRA, S. K. PROGRAMA UM MILHÃO DE CISTERNAS: UMA INOVAÇÃO SOCIAL INSTITUCIONALIZADA. Revista Brasileira de Tecnologias Sociais, v. 9, n. 1, p. 59-73, 2022.

MENDONÇA, Z. C. L.; CANDEIAS, A. L. B.; SELVA, V. F.; SILVA, M. M.; RODRIGUES, MONTENEGRO, A. A. A.; RAGAB, R. Hydrological response of a Brazilian semi-arid catchment to different land use and climate change scenarios: a modelling study. Hydrological Processes, v. 24, n. 19, p. 2705-2723, 2010.

MONTENEGRO, A.A.A; MONTENEGRO, S.M.G.L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. IN: Recursos hídricos em regiões semiáridas / editores, Hans Raj Gheyi, Vital Pedro da Silva Paz, Salomão de Sousa Medeiros, Carlos de Oliveira Galvão - Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012, 258P.

MOREIRA, A. A. Análise da seca/estiagem no norte do Estado de Minas Gerais a partir de dados MODIS. 2016. 124 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

NAÇÕES UNIDAS. ÁGUA. Centro Regional de Informação para a Europa Ocidental. ONU

Portugal. Disponível em: <https://unric.org/pt/agua/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

NAÇÕES UNIDAS. CONFERÊNCIA DA ÁGUA DA ONU. Vision statement UN 2023 Water Conference. Disponível em: https://sdgs.un.org/sites/default/files/202111/Vision_Statement_UN2023_Water_Conference.pdf. Acesso em: 11 ago. 2023.

NAÇÕES UNIDAS. ONU News: Perspectiva Global Reportagens Humanas. “OMS: Acesso à água limpa pode salvar 1,4 milhão de vidas” Jun. 2015. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/06/1816807#:~:text=Metade%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o%20mundial%20n%C3%A3o,feira%2C%20com%20dados%20de%202019>. Acesso em: 11 ago. 2023.

NASCIMENTO JUNIOR, Gilvan Reis do. Transposição do rio São Francisco: análise da cobertura do jornal A Tarde à luz de uma nova racionalidade. 2020.

NOGUEIRA, Daniela; MILHORANCE, Carolina; MENDES, Priscylla. Do Programa Um Milhão de Cisternas ao Água para Todos: divergências políticas e bricolagem institucional na promoção do acesso à água no Semiárido brasileiro. *IdeAs - Idées d'Amériques*, Paris, v. 15, p. 1-22, 2020

NUNES, F.M.S. Avaliação hidrossedimentológica de uma bacia sem dados de vazão utilizando o modelo SWAT. Dissertação de mestrado. UFCG. 2018.

NUNES, K. ASA indica representação e leva demandas do Semiárido à equipe de transição do Governo Lula. Disponível em: https://www.asabrasil.org.br/noticias?artigo_id=11293. Acesso em: 29 maio. 2024.

OPAS. Uma em cada três pessoas no mundo não tem acesso a água potável, revela novo relatório do UNICEF e da OMS. Ju. 2019. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/18-6-2019-uma-em-cada-tres-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-revela-novo>. Acesso em: 11 ago. 2023.

OLIVEIRA, Alinne Gurjão de et al. Impactos ambientais e sociais na bacia hidrográfica do Rio

Paraíba decorrentes do uso do solo e da transposição do Rio São Francisco. 2018.

PACTO Global da ONU no Brasil na UN Water Conference 2023 - A Conferência da Água (NY) na busca por soluções para acelerar metas. Entre Solos, Semeando Conexões, 2023. Disponível em: <https://www.entresolos.org.br/pacto-global-da-onu-no-brasil-na-un-water-conference-2023/>. Acesso em: 12 ago. 2023

PAIM, J., TRAVASSOS, C., ALMEIDA, C., BAHIA, L., & MACINKO, J. (2011). The Brazilian health system: History, advances, and challenges. *The Lancet*, 377(9779), 1778-1797. doi:10.1016/S0140-6736(11)60054-8.

PAPANASTASIS, V. P., S. KYRIAKASIS, Z. KAZAKIS, M. ABID e A. DOULIS (2003), “Plant cover as a tool for monitoring desertification in mountain Mediterranean rangelands”, *Management of Environmental Quality: An International Journal*, nº 14, vol. 1, pp. 69-81.

PARI, L., COZZOLINO, L., & BERGONZOLI, S. (2023). Rainwater: Harvesting and Storage through a Flexible Storage System to Enhance Agricultural Resilience. *Agriculture*, 13(12), 2289.

PASSADOR, C. S; PASSADOR, L. J.; HUAYTA, V. R. Políticas Contra la Sequía e la Técnica de Cisterna en Brasil. *Revista Agroalimentaria (Caracas)*, v.16, p.101-113, 2010.

PAVÃO, B. B. M.; NASCIMENTO, E.P. Crise hídrica como unidade analítica sobre a regulação das águas brasileiras. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*. Vol 52. P. -20, dez, 2019. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/29132/2019_Desenvolvimento%20e%20Meio%20Ambiente_Pav%c3%a3o%20e%20Nascimento.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em:12 ago. 2023.

PEDROSA, A. S. Políticas hídricas sob o signo da convivência com o Semiárido: desafios para a democratização das águas. Tese (Doutorado em Ciências Sociais), UFCG, Campina Grande, 2018.

PEREIRA, José Diogenes Alves et al. Variabilidade do clima, do uso e cobertura das terras no estado da Paraíba. 2023.

PERES, U. D., CAPUCHINHO, C. B., & TIBÚRCIO, R. M. L. (2024). The role of the federal government in financing education: Effects of the Fundeb supplement in combating inequality between state educational systems in Brazil. *Education Policy Analysis Archives*, 32.

PÉREZ-MARIN, A. M., ROGÉ, P., ALTIERI, M. A., FORERO, L. F. U., & SILVEIRA, S. (2017). Agroecological and social transformations for coexistence with semi-aridity in Brazil. *Sustainability* 9: 990.

PONTES, Emílio Tarlis Mendes. Transições paradigmáticas: do combate à seca à convivência com o semiárido nordestino, o caso do programa um milhão de cisternas no município de Afogados da Ingazeira PE. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

REITH, J.; GHAZARYAN, G.; MUTHONI, F.; DUBOVYK, O. Assessment of Land Degradation in Semiarid Tanzania—Using Multiscale Remote Sensing Datasets to Support Sustainable Development Goal 15.3. *Remote Sens*, v. 13, 2021. DOI: 10.3390/rs13091754.

ROSA, Larissa Alves da Silva. Segurança hídrica: um olhar sobre a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. 2020.

SALAZAR, A.A.; ARELLANO, E.C.; MUÑOZ-SÁEZ, A.; MIRANDA, M.D.; OLIVEIRA DA SILVA, F.; ZIELONKA, N.B.; CROWTHER, L.P.; SILVA-FERREIRA, V.; OLIVEIRA-REBOUCAS, P.; DICKS, L.V. Restoration and Conservation of Priority Areas of Caatinga's Semi-Arid Forest Remnants Can Support Connectivity within an Agricultural Landscape. *Land*, v. 10, n. 6, 2021, 10, 550. DOI: 10.3390/land10060550

SALAZAR, L. F., NOBRE, C. A., & OYAMA, M. D. (2007). Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters*, 34(9).

SSEKYANZI, G., AHMAD, M. J., & CHOI, K. S. (2024). Sustainable Solutions for Mitigating Water Scarcity in Developing Countries: A Comprehensive Review of Innovative Rainwater

Storage Systems. *Water*, 16 (17), 2394.

RIBEIRO, W. C.; SANTOS, C. L. S. dos; SILVA, L. P. B. Conflito pela água, entre a escassez e a abundância: Marcos teóricos. *AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política*, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 11, 2019. DOI:10.48075/amb.v1i2.23619. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/ambientes/article/view/23619>. Acesso em: 11 ago. 2023.

ROCHA FILHO, G. B. ; SELVA, V. S. F. ; ANJOS, R. S. ; ARAUJO, F. E. ; RIBEIRO, A.S.; SOUTO, A. C. G. O uso das tecnologias sociais na agricultura do semiárido e os impactos gerados no ciclo da água - Estudo de caso: Iguaraci-PE. *Algumas Práticas de Tecnologias Sociais na Região do Alto Pajeú Pernambuco*. 01ed.Recife: Edufpe, 2016, v. 01, p. 176-186.

Roxo, M. J. (2006), “O panorama mundial da desertificação”, em Moreira, E. (ed.), *Agricultura familiar e Desertificação*, João Pessoa, pp. 11-32.

ROY, P., PAL, S. C., CHAKRABORTTY, R., CHOWDHURI, I., SAHA, A., RUIDAS, D., ... & ISLAM, A. Climate change and geo-environmental factors influencing desertification: a critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, p. 1-14, 2024.

SÁ, I. B., FOTIUS, G. A., RICHÉ, G. R. Degradação ambiental e reabilitação natural no Trópico Semiárido brasileiro In: Conferência Nacional e Seminário Latino americano da desertificação, Fortaleza, CE. *Anais*. Brasília. DF: SEPLAN, 1994.

SÁ, I. B., G. R. RICHÉ e G. A. FOTIUS (2004), “As paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino”, in Silva, J. M. C., M. Tabarelli, M. T. Fonseca e L. V. Lins (eds.), *Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*, Brasília, pp. 17-36.

SA, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TEIXEIRA, A. H. de C.; ANGELOTTI, F.; DRUMOND, M. A. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). *Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

SALAZAR, L.F.; Nobre, C. A.; Oyama, M. D.; Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America, *Geophysics Research Letter*, v.34, L09708, 2007.

SANGAMNERE, R., MISRA, T., BHERWANI, H. et al. A critical review of conventional and emerging wastewater treatment technologies. *Sustain. Water Resour. Manag.* 9, 58 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40899-023-00829-y>

SANTANA, Vitor Leal; ARSKY, I. da C.; SOARES, Carlos Cleber Sousa. Democratização do acesso à água e desenvolvimento local: a experiência do Programa Cisternas no semiárido brasileiro. *Anais do I circuito de debates acadêmicos*, 2011. In: *Anais do I Circuito de Debates Acadêmicos*. Ipea Code 2011.

SANTOS, Joel Silva dos. A problemática da desertificação no Município de Seridó-PB. 2005. Dissertação de Mestrado PRODEMA. UFPB. João Pessoa. PB, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/4556/1/arquivototal.pdf> Acesso em: 25, julho, 2023.

SANTOS, Ana Paula Silva dos. O INSA e o seu “não lugar” no semiárido brasileiro: rupturas, disputas e discursos científicos. 2023.

SAUER, Sérgio; LEITE, Acácio Zuniga; TUBINO, Nilton Luís. Agenda política da terra no governo Bolsonaro. *Revista da Anpege, Dourados*, v. 16, n. 29, p. 285-318, 2020

SELVA, V. S. F. SILVA, M. M. CANDEIAS, A. L. B. RODRIGUES, G. G. SANTOS, S. M. Caracterização de áreas degradadas no alto trecho do rio Pajeú para gestão e recuperação com uso de tecnologias sociais. PRODEMA. Recife, 2011, p. 05-06.

SEMIÁRIDO Série Estocagem de Água para Produção de Alimentos - Manual Técnico Cisterna Calçadão.

SEMIÁRIDO Série Estocagem de Água para Produção de Alimentos - Manual Técnico Barragem Subterrânea - Série 0007/2014.

SEMIÁRIDO Série Estocagem de Água para Produção de Alimentos – Tanque de Pedra.

Shunglu, R.; Köpke, S.; Kanoi, L.; Nissanka, T.S.; Withanachchi, C.R.; Gamage, D.U.; Dissanayake, H.R.; Kibaroglu, A.; Ünver, O.; Withanachchi, S.S. Barriers in Participative Water Governance: A Critical Analysis of Community Development Approaches. *Water* 2022,

14, 762. <https://doi.org/10.3390/w14050762>

SILVA, A. C. S. da; Fonseca, A. I. Assentamento rural e agricultura familiar: um desenvolvimento pautado nas políticas públicas. GEOGRAFIA, Rio Claro, v. 43, n. 1, Especial - VI Encontro REA, p. 65-73, jan./abr. 2018.

SILVA, L. C.; ORSINE, J.V.C. Reutilização de água como ferramenta de sistemas de gestão ambiental, agroindustriais e domésticos. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer-Goiânia, v. 7, n. 13, p. 1280-1293, 2011.

SILVA, M.A.; ALMEIDA, N.V. Tecnologias Sociais e Gerenciamento de Recursos Hídricos no Semiárido Paraibano. Ano: 2013 Artigo publicado no I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro Campina Grande – PB, 2013.

SILVA, S. N. et al. Efeitos da escassez hídrica na economia do perímetro irrigado de São Gonçalo, Paraíba. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, V.12, Nº 1, p. 132-137, 2017.

SOARES, Deivide Benicio; NÓBREGA, Ranyére Silva; DE OLIVEIRA MOTA FILHO, Fernando. Sobre o Processo de Desertificação (About the Desertification Process). Revista Brasileira de Geografia Física, v. 4, n. 1, p. 174-188, 2011.

SOUZA NETO, A.F. Espacialização de um conjunto de tecnologias sociais hídricas no estado da Paraíba. TCC. UFPB. 2020.

SOUZA, B. I. de.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. de. Caatinga e desertificação. Mercator (Fortaleza), v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

SOUZA, C.M., JR.; Z. SHIMBO, J.; ROSA, M.R.; PARENTE, L.L.; A. ALENCAR, A.; RUDORFF, B.F.T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; G. FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. Remote Sens. 2020, 12, 2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>

SOUZA, Marilene. Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2): uma iniciativa inovadora para o enfrentamento da pobreza rural. 2014. *Agriculturas* • v. 11 - n. 2 • julho de 2014. Disponível em: http://aspta.org.br/files/2014/09/Artigo2_V11N25.pdf Acesso em: 15, agosto, 2023.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Delimitação do semiárido. Disponível em: <http://sudene.gov.br/> . Acesso em: 04 jul. 2024.

TAVARES, Válter Cardoso. ARRUDA, Ítalo Rodrigo Paulino de. SILVA, Danielle Gomes da. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido Brasileiro: uma revisão bibliográfica. *Geosul*, Florianópolis, v. 34, n. 70, p. 385-405, jan./abr. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/2177-5230.2019v34n70p385>, Acesso em: , agosto, 2023.

TEIXEIRA, M. G; VENTICINQUE, E. M.; LION, M. B.; PINTO, M. P. The Brazilian Caatinga protected areas: an extremely unbalanced conservation system. *Environmental Conservation*. 2021; v. 48, n. 4, p. 287-294. 2021. DOI:10.1017/S0376892921000308

TEREFE, H., ARGAW, M., TAMENE, L., MEKONNEN, K., RECHA, J., & SOLOMON, D. Effects of sustainable land management interventions on selected soil properties in Geda watershed, central highlands of Ethiopia. *Ecological Processes*, v. 14, n. 9, 2020. DOI: 10.1186/s13717-020-0216-2

TOLEDO, C. E.; ARAÚJO, J. C.; ALMEIDA, C. L. The use of remote-sensing techniques to monitor dense reservoir networks in the Brazilian semiarid region. *International Journal of Remote Sensing*, v. 35, n. 10, p. 3683-3699, 2014. <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2014.915593>.

UNESCO. Parcerias e cooperação para a água. Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: Fatos, Dados e Exemplos de Ação. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659_por . Acesso em: 11 ago. 2023.

UNESCO. Partnerships and cooperation for water. The United Nations World Water Development Report 2023. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2023. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384655>

UNICEF. Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2000-2017: Special focus on

inequalities, United Nations Children's Fund (UNICEF) and World Health Organization, 2019.
Disponível em:
<https://www.unicef.org/media/55276/file/Progress%20on%20drinking%20water,%20sanitation%20and%20hygiene%202019%20.pdf>

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.

9. ANEXO I

QUESTIONÁRIO SÓCIOECONÔMICO

Data: / /

Diminuiu a quantidade de recarga d'água com a cisterna em casa? () Sim () Não.

Quantas vezes ao ano precisam fazer recarga d'água?

() menos de 3 vezes () entre 3 a 5 vezes () mais de 5 vezes () Outro:

Nos períodos de estiagem, como fazem para ter água para as necessidades básicas?()

Carro pipa () poço subterrâneo () açude/barreiro () Outro:

Nos períodos de estiagem conseguem plantar e/ou criar? Se sim, o que conseguem plantar e/ou criar?

Houve a diminuição de doenças depois que passaram a utilizar a cisterna? () Sim () Não

Quais eram os tipos de doença que apareciam antes de utilizarem a água das cisternas?

() Diarreia () Esquistossomose () cólera () Outro:

Plantam o ano todo? () Sim () Não. Se sim, o que costumam plantar?

Tem criação? () Sim () Não. Se sim, quais? () Bovino () Caprino () Aves () Equino () Suíno.

Conseguem vender o que sobra da produção? Com que frequência?

Quantas cisternas do Programa de Cisternas estão funcionando na zona rural do município?

E quantas estão desativadas?

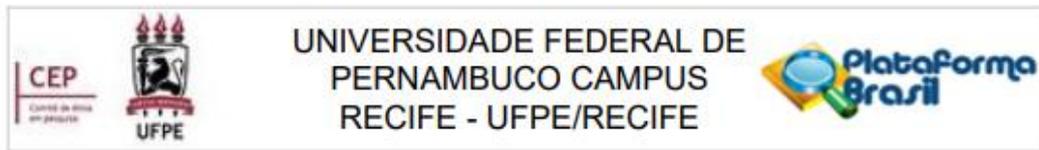
De que forma a cisterna melhorou na vida dos agricultores desse município?

Possui algum sistema de reuso de águas em casa? () Sim () Não

Sua família é de agricultores e não têm acesso a cisterna. Essa afirmativa está correta? () Sim () Não.

Quais as práticas agroecológicas que sua família desenvolve no dia a dia? E nos períodos de estiagem?

ANEXO II



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO CAMPUS
RECIFE - UFPE/RECIFE



COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE CISTERNAS E A MITIGAÇÃO DA SECA EM MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO.

Pesquisador: AMANDA CRISTIANE GONCALVES FERNANDES

Versão: 2

CAAE: 70802423.6.0000.5208

Instituição Proponente: CENTRO DE FILOSOFIA E CIENCIAS HUMANAS

DADOS DO COMPROVANTE

Número do Comprovante: 069843/2023

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Informamos que o projeto AVALIAÇÃO DO PROGRAMA DE CISTERNAS E A MITIGAÇÃO DA SECA EM MUNICÍPIOS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO, que tem como pesquisador responsável AMANDA CRISTIANE GONCALVES FERNANDES, foi recebido para análise ética no CEP Universidade Federal de Pernambuco Campus Recife - UFPE/Recife em 26/06/2023 às 12:12.

Endereço: Av. das Engenhasria, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **Fax:** (81)2126-3163 **E-mail:** cephumanos.ufpe@ufpe.br

ANEXO III

Questionário aplicado no sindicato rural do município de Lagoa Seca-PB.

QUESTIONÁRIO SÓCIOECONÔMICO

Data: 26/05/2024

1. Diminuiu a quantidade de recarga d'água com a cisterna em casa? () Sim () Não.
2. Quantas vezes ao ano precisam fazer recarga d'água?
() menos de 3 vezes (x) entre 3 a 5 vezes () mais de 5 vezes
() Outro: _____
3. Nos períodos de estiagem, como fazem para ter água para as necessidades básicas?
(x) Carro pipa (x) poço subterrâneo (x) açude/barreiro () Outro:

4. Nos períodos de estiagem conseguem plantar e/ou criar? Se sim, o que conseguem plantar e/ou criar?
NO PERÍODO DE ESTIAGEM CRIA GALINHAS
5. Houve a diminuição de doenças depois que passaram a utilizar a cisterna? (x) Sim () Não
6. Quais eram os tipos de doença que apareciam antes de utilizarem a água das cisternas?
7. (x) Diarreia () Esquistossomose (x) cólera () Outro:

8. Plantam o ano todo? () Sim (x) Não. Se sim, o que costumam plantar? _____
9. Tem criação? (x) Sim () Não. Se sim, quais? _____
(x) Bovino () Caprino (x) Aves () Equino (x) Suíno.
10. Conseguem vender o que sobra da produção? Com que frequência?
SIM VÁRIAS VEZES
11. Quantas cisternas do Programa de Cisternas estão funcionando na zona rural do município? MAIS DE 200. E quantas estão desativadas? NÃO TEMO DADOS CONCRETOS
12. De que forma a cisterna melhorou na vida dos agricultores desse município?
SALDE, GANHOS DE TEMPO, MENOS TRABALHOS E QUALIDADE DE VIDA.
13. Possui algum sistema de reuso de águas em casa? () Sim (x) Não
14. Sua família é de agricultores e não têm acesso a cisterna. Essa afirmativa está correta?
(x) Sim () Não.
15. Quais as práticas agroecológicas que sua família desenvolve no dia a dia? E nos períodos de estiagem? ROTAÇÃO, COBERTURA VERDE, REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE PIA E BANHEIRO.

At

ANEXO IV

Questionário aplicado no sindicato rural do município de São Sebastião de Lagoa de Roça-PB.

ANEXO

QUESTIONÁRIO SÓCIOECONÔMICO

Data: 03/05/2024

1. Diminuiu a quantidade de recarga d'água com a cisterna em casa? Sim Não.
2. Quantas vezes ao ano precisam fazer recarga d'água?
 menos de 3 vezes entre 3 a 5 vezes mais de 5 vezes
 Outro: _____
3. Nos períodos de estiagem, como fazem para ter água para as necessidades básicas?
 Carro pipa poço subterrâneo açude/barreiro Outro:

4. Nos períodos de estiagem conseguem plantar e/ou criar? Se sim, o que conseguem plantar e/ou criar?
PIPIA
5. Houve a diminuição de doenças depois que passaram a utilizar a cisterna? Sim Não
6. Quais eram os tipos de doença que apareciam antes de utilizarem a água das cisternas?
7. Diarreia Esquistossomose cólera Outro:

8. Plantam o ano todo? Sim Não. Se sim, o que costumam plantar?
FEIJÃO, RAMA, MANIJA, MILHO, FAVO
9. Tem criação? Sim Não. Se sim, quais? GAZINHOS E BARRIGAS
 Bovino Caprino Aves Equino Suíno.
10. Conseguem vender o que sobra da produção? Com que frequência?
6 MES DEPOIS
11. Quantas cisternas do Programa de Cisternas estão funcionando na zona rural do município? 2 MIL CISTERNAS E quantas estão desativadas? 300 CISTERNAS
12. De que forma a cisterna melhorou na vida dos agricultores desse município?
SAÚDE, MAIS TEMPO
13. Possui algum sistema de reuso de águas em casa? Sim Não
14. Sua família é de agricultores e não têm acesso a cisterna. Essa afirmativa está correta?
 Sim Não.
15. Quais as práticas agroecológicas que sua família desenvolve no dia a dia? E nos períodos de estiagem? OS VEGETAIS DA ROÇA

ANEXO V

Questionário aplicado no sindicato rural do município de Esperança-PB.4

ANEXO

QUESTIONÁRIO SÓCIOECONÔMICO

Data: 06/05/2024

1. Diminuiu a quantidade de recarga d'água com a cisterna em casa? Sim () Não.
2. Quantas vezes ao ano precisam fazer recarga d'água?
() menos de 3 vezes () entre 3 a 5 vezes mais de 5 vezes
() Outro: _____
3. Nos períodos de estiagem, como fazem para ter água para as necessidades básicas?
 Carro pipa () poço subterrâneo () açude/barreiro () Outro:

4. Nos períodos de estiagem conseguem plantar e/ou criar? Se sim, o que conseguem plantar e/ou criar?
SIM, PLANTAR PALMA E CRIAÇÃO AVES, OVINHOS E BOVINOS
5. Houve a diminuição de doenças depois que passaram a utilizar a cisterna? Sim () Não
6. Quais eram os tipos de doença que apareciam antes de utilizarem a água das cisternas?
7. Diarreia () Esquistossomose () cólera () Outro:

8. Plantam o ano todo? () Sim Não. Se sim, o que costumam plantar? _____
9. Tem criação? Sim () Não. Se sim, quais? BOVINOS; SUÍNOS; OVINHOS, E AVES
 Bovino Caprino Aves () Equino Suíno.
10. Conseguem vender o que sobra da produção? Com que frequência?
SIM DUAS VEZES POR ANO
11. Quantas cisternas do Programa de Cisternas estão funcionando na zona rural do município? 1000 E quantas estão desativadas? 100
12. De que forma a cisterna melhorou na vida dos agricultores desse município?
PRINCIPALMENTE NO CONSUMO DIÁRIO HUMANO
13. Possui algum sistema de reuso de águas em casa? Sim () Não
14. Sua família é de agricultores e não têm acesso a cisterna. Essa afirmativa está correta?
() Sim Não.
15. Quais as práticas agroecológicas que sua família desenvolve no dia a dia? E nos períodos de estiagem? FEIÇÃO; MILHO E NA ESTIAGEM CRIAÇÃO BUIÃO
16. Com a implementação das cisternas aumentou os Programas Sociais? Quais?
NOS PROGRAMAS PNAE, PAA, AGRARIAMENTO DO BANCO DO NORDESTE