



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

RUAN OLIVEIRA FERNANDES

**ANÁLISE DA POBREZA HÍDRICA NA UNIDADE DE PLANEJAMENTO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ, PERNAMBUCO, BRASIL**

Recife
2024

RUAN OLIVEIRA FERNANDES

**ANÁLISE DA POBREZA HÍDRICA NA UNIDADE DE PLANEJAMENTO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ, PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de concentração: Regulação e Governança dos Recursos Hídricos.

Profa. Dra. Renata Maria Caminha M de
Oliveira Carvalho.
Orientadora

Prof^ª. Dr^ª. Maria do Carmo Martins Sobral
Coorientadora

Recife
2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Fernandes, Ruan Oliveira.

Análise da Pobreza Hídrica na Unidade de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, Pernambuco, Brasil / Ruan Oliveira Fernandes. - Recife, 2024.

124f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, 2024.

Orientação: Renata Maria Caminha M de Oliveira Carvalho.

Coorientação: Maria do Carmo Martins Sobral.

Inclui referências.

1. Escassez hídrica; 2. Indicadores agregados; 3. eIPH; 4. Acesso à água; 5. Pobreza multidimensional. I. Carvalho, Renata Maria Caminha M de Oliveira. II. Sobral, Maria do Carmo Martins. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

RUAN OLIVEIRA FERNANDES

**ANÁLISE DA POBREZA HÍDRICA NA UNIDADE DE PLANEJAMENTO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PAJEÚ, PERNAMBUCO, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^ª. Dr^ª. Renata Maria Caminha Mendes de Oliveira Carvalho (orientadora)
Instituto Federal de Pernambuco ((PROFÁGUA/UFPE)

Prof^ª. Dr^ª. Maria do Carmo Martins Sobral (coorientadora)
Universidade Federal de Pernambuco (PROFÁGUA/UFPE)

Prof^ª. Dr^ª. Maiara Gabrielle de Souza Melo (avaliadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco (PROFÁGUA/UFPE)

Prof^ª Dr^ª. Weronica Meira de Souza (avaliadora externa)
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE)

Recife
2024

“Águas escuras dos rios
Que levam a fertilidade ao sertão
Águas que banham aldeias
E matam a sede da população.”

Guilherme Arantes

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me conceder força, sabedoria e saúde durante toda esta jornada acadêmica. Sem a Sua presença, não teria alcançado este importante marco na minha vida.

Aos meus pais, Osvaldo e Carmelita, que sempre me apoiaram incondicionalmente, oferecendo amor, encorajamento e compreensão ao longo de todo o percurso. A vocês, devo todo o meu esforço e dedicação. Aos meus irmãos, a minha namorada e demais familiares, por estarem ao meu lado nos momentos de alegria e dificuldade, sempre torcendo pelo meu sucesso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (UFPE), agradeço a oportunidade de crescimento acadêmico e profissional. A estrutura e o ambiente oferecidos foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores, cujo conhecimento e dedicação foram essenciais para minha formação acadêmica. Agradeço a cada um de vocês por compartilharem suas experiências, por desafiarem minhas ideias e por contribuírem significativamente para o meu crescimento intelectual e pessoal.

Aos meus colegas de pós-graduação pela troca de conhecimentos e experiências, que foi fundamental para o crescimento mútuo.

As minhas orientadoras, Renata M^a Caminha Carvalho e Maria do Carmo Sobral, expresso minha profunda gratidão pela orientação, paciência e incentivo ao longo deste processo. Suas valiosas contribuições e conselhos foram fundamentais para a realização desta dissertação.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade, meu muito obrigado.

RESUMO

O acesso a água potável e ao saneamento é um direito humano reconhecido pela Organização das Nações Unidas e é a base para promulgação das metas do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 6. Pautado em entender avaliar a complexidade da segurança hídrica regional, este trabalho analisa a pobreza hídrica da Unidade de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú (UP11) utilizando o Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado (eIPH). As etapas metodológicas incluíram a seleção das variáveis para as dimensões do índice e a coleta de dados secundários de bancos de dados oficiais. As variáveis foram agrupadas em cinco dimensões: recurso, acesso, capacidade, uso e meio ambiente, divididas nas categorias da metodologia Pressão-Estado-Resposta. Posteriormente, foram agregadas por uma função multiplicativa ponderada, considerando os pesos das dimensões iguais e pesos obtidos pelo método de Análise de Componentes Principais (ACP). Os resultados indicam que o valor médio do eIPH na UP11 é 0,42, indicando pobreza hídrica moderada. Com os pesos das dimensões obtidos pela ACP, a média regional alterou-se ligeiramente para 0,48, com maior peso da dimensão Uso. Carnaubeira da Penha (0,26) apresentou o nível mais crítico de pobreza hídrica, enquanto Serra Talhada teve o melhor desempenho (0,50). As pressões significativas que comprometem a gestão dos recursos hídricos e a ausência de respostas institucionais podem agravar a pobreza hídrica na região. Esses resultados destacam a necessidade de políticas públicas abrangentes e integradas, que vão além da simples ampliação da oferta de água, incluindo melhorias na infraestrutura, educação, governança e planejamento de contingência. A aplicação do eIPH oferece um caminho promissor para o monitoramento contínuo e a formulação de políticas mais eficazes e inclusivas.

Palavras-chave: Escassez Hídrica; Indicadores agregados; eIPH; Acesso à água; Pobreza multidimensional.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
ARPE	Agência de Regulação de Pernambuco
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BR-DWGD	<i>Brazilian Daily Weather Gridded Data</i>
CEDAW	Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra as Mulheres
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CDESC	Comitê de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
DRSAI	Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado
DUDH	Declaração Universal dos Direitos Humanos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
eIPH	Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GIRH	Gestão Integrada dos Recursos Hídricos
GWP	<i>Global Water Partnership</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IFDM	Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPH	Índice de Pobreza Hídrica
IQA	Índice de Qualidade da Água
LNBS	Lei Nacional de Saneamento Básico
MUNIC	Pesquisa de Informações Básicas Municipais
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONU	Organização das Nações Unidas
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
PCR	Pressão-Estado-Resposta
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PIB	Produto Interno Bruto
PNDU	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SDSN	<i>Sustainable Development Solutions Network</i>
SEINFRA	Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco
SENARC	Secretaria Nacional de Renda e Cidadania
SIH	Sistema de Informações Hospitalares
SIOPS	Sistema de Informações sobre Orçamentos Públicos em Saúde
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUS	Sistema Único de Saúde
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conceito e mensuração de pobreza	28
Figura 2 – Vínculos entre pobreza, água e saneamento	31
Figura 3 – Pirâmide de Informação	34
Figura 4 – Dimensões do Índice de Pobreza Hídrica	37
Figura 5 – Mapa de localização da área de estudo	40
Figura 6 – Mapa altimétrico e divisão político-administrativa da área de estudo	42
Figura 7 - Mapa climático da UP11 de acordo com a classificação de Köppen	43
Figura 8 - Pedologia da Unidade de Planejamento 11	44
Figura 9 - Principais barragens da Unidade de Planejamento 11	45
Figura 10 – Etapas metodológicas da pesquisa	46
Figura 11 – Percentual de municípios da UP 11 que enfrentaram seca entre 2017-2020 e existência de Planos de Contingência	69
Figura 12 - Coeficiente de variação da precipitação na área da Unidade de Planejamento 11	70
Figura 13 - Percentual da população abastecida por carro pipa e água de chuva na UP 11 ..	73
Figura 14 - Índices de perda na distribuição dos municípios da UP11	77
Figura 15 - Consumo per capita de água nos municípios da UP11	78
Figura 16 - Quantidade de água retirada e consumida no uso agropecuário na UP11	79
Figura 17 - Quantidade de água retirada e consumida no uso industrial na UP11	81
Figura 18 - Percentual e caracterização das pessoas cadastradas no CadÚnico nos municípios da UP11	83
Figura 19 - Internações hospitalares ocorridas em consequência de DRSAL, por 100 mil habitantes, nos municípios da UP11	85
Figura 20 - Despesa total do orçamento liquidado e despesa per capita em saúde dos municípios da UP11	88
Figura 21 - Participação dos municípios no CBH do Rio Pajeú e nos Conselhos Gestores de Açudes	89
Figura 22 - Percentual de esgoto tratado em relação ao volume de esgoto coletado	90
Figura 23 - Índice de Qualidade da Água em pontos de monitoramento da Unidade de Planejamento do Pajeú	91
Figura 24 - Mapa de uso e ocupação do solo da UP11, a) 2010 e b) 2022	92
Figura 25 - As dimensões do eIPH: Recurso, Acesso, Uso, Capacidade e Meio Ambiente ..	96
Figura 26 - Resultados dos municípios para o eIPH e o eIPH'	99
Figura 27 - Resultados do eIPH para as categorias Pressão, Estado e Resposta	100
Figura 28 - Correlação entre as dimensões e o Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Municípios inseridos na Unidade de Planejamento 11	41
Tabela 2 - Taxa de crescimento populacional dos municípios da UP11 entre 2010 e 2022	62
Tabela 3 – Mananciais, vulnerabilidade dos mananciais e disponibilidade hídrica dos municípios da UP11	64
Tabela 4 - Índice de acesso à água potável (2010 e 2022) e índice de acesso ao esgotamento sanitário (2022) nos municípios da UP11	71
Tabela 5 - Total de investimentos previstos por município e serviços até 2033 para UP11	75
Tabela 6 - Eficiência monetária do uso agropecuário e projeções de uso para 2030 na UP11	80
Tabela 7 - Eficiência monetária do uso industrial e projeções de uso para 2030 na UP11	82
Tabela 8 - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) e Índice de Gini dos municípios da UP11	86
Tabela 9 - Notas e projeções do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica para os anos iniciais e finais do Ensino Fundamental dos municípios da UP11	87
Tabela 10 - Uso e ocupação do solo para fins agrícolas e cobertura vegetal em 2010 e 2022 e área total dos municípios da UP11	93
Tabela 11 - Resultados da agregação das variáveis em cada categoria do modelo PSR.....	95
Tabela 12 - Componentes principais e pesos das dimensões	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - O direito à água como temática nas edições do Fórum Mundial da Água.....	21
Quadro 2 - Índices de sustentabilidade e gestão hídrica disponíveis	34
Quadro 3 - Variáveis selecionadas para desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica aprimorado (eIPH).....	47
Quadro 4 - Limites da normalização das variáveis quantitativas do eIPH.....	58
Quadro 5 - Classificação dos resultados do eIPH.....	61
Quadro 6 - Características dos sistemas produtores de água dos municípios da UP11.....	68
Quadro 7 - Existência de legislações e instrumentos de gestão ambiental nos municípios da UP11	94

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 MARCOS HISTÓRICOS DO DIREITO HUMANO À ÁGUA	15
3.2 CONCEITUAÇÃO DE POBREZA	26
3.3 RELAÇÃO ENTRE ACESSO À ÁGUA E POBREZA	29
3.3 ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA (IPH)	33
4 METODOLOGIA	40
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
4.2 ETAPAS METODOLÓGICAS	46
4.2.1 Seleção das Variáveis.....	46
4.2.2 Levantamento de dados secundários:	47
4.2.3 Normalização das variáveis	57
4.2.4 Ponderação das dimensões.....	59
4.2.5 Agregação das dimensões.....	60
4.2.6 Classificação do índice	61
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
5.1 DIMENSÃO RECURSO	62
5.2 DIMENSÃO ACESSO.....	71
5.3 DIMENSÃO USO	76
5.4 DIMENSÃO CAPACIDADE	83
5.5 DIMENSÃO MEIO AMBIENTE	90
5.6 ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA APRIMORADO (eIPH)	95
6 CONCLUSÕES	103
REFERÊNCIAS	106

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital para a sobrevivência humana, essencial em todos os aspectos da vida. Apesar de a Terra ser conhecida como o “planeta água”, a maior parte de sua água (97,5%) é salgada, inadequada para consumo humano direto e para irrigação. Dos 2,5% de água doce disponível, apenas 1% está nos rios, enquanto 30% estão nas águas subterrâneas, muitas vezes de difícil acesso. Além disso, a distribuição de água doce acessível no planeta é irregular (Paulista *et al.*, 2021).

Nesse contexto de escassez e distribuição desigual, a Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2018) estimou em 2018 que mais de 2 bilhões de pessoas viviam em países sob estresse hídrico. A previsão é que em 2050, 5 bilhões enfrentem acesso inadequado à água pelo menos um mês no ano. Adicionalmente, cerca de 1,6 milhão de pessoas sofrem da chamada escassez “econômica” de água, que se refere à falta de infraestrutura necessária para garantir o acesso a água, mesmo quando ela está fisicamente disponível (ONU, 2021).

Essas estatísticas alarmantes ressaltam a importância de garantir o acesso à água potável, que é essencial para promover o bem-estar das pessoas. Reconhecendo essa urgência, em 2010, a Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) reconheceu explicitamente o direito humano a água potável e ao saneamento (ONU, 2010). Em consonância com esse reconhecimento, a Agenda 2030, aprovada em 2015, inclui entre seus 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), o compromisso de “assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos” (ONU, 2015), até 2030 (ODS 6).

No Brasil, a irregularidade na distribuição das chuvas agrava os desafios enfrentados pela região do Semiárido (Brasil, 2011). Com médias anuais de temperaturas elevadas, altos índices de evaporação, reservas de água insuficientes e solo raso que dificulta a infiltração, essa região é uma das mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas e da desertificação (Brasil, 2011; Borja; Lordelo; Santos, 2022). De acordo com Borja, Lordelo e Santos (2022) esta situação tende a aumentar as desigualdades sociais e o nível de pobreza da população, agravando ainda mais o baixo índice de desenvolvimento da região.

Em Pernambuco, a Unidade de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Pajeú, a maior do estado, localizada na macrorregião do sertão e totalmente inserida na área do semiárido brasileiro. Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos de 2022 (Pernambuco, 2022b), essa região enfrenta desafios de insegurança hídrica e problemas de qualidade de água, principalmente em seus reservatórios. O fornecimento de água atende apenas 78,4% da população, predominantemente urbana, enquanto apenas 3,77% da população tem acesso a

sistemas de esgotamento sanitário (Pernambuco, 2022b). Além disso, todos os municípios que compõem a área têm mais de 50% de suas populações classificadas como vulneráveis a pobreza, conforme o Índice de Pobreza Humana do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) de 2010 (Pernambuco, 2022b).

Ao avaliar a Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, Gonçalves (2019) destaca que o elevado risco hídrico, a vulnerabilidade e a susceptibilidade aos efeitos das mudanças climáticas caracterizam essa região como uma área crítica em termos de demanda e gestão dos recursos hídricos. A autora ressalta que a interseção dos fatores hídricos e sociais com os impactos ambientais das atividades humanas, como desmatamento, queimadas, presença de esgotos, resíduos sólidos e agrotóxicos, acarretam sérias implicações sociais, econômicas e ambientais para região (Gonçalves, 2019).

Diante do aumento do estresse hídrico, torna-se crucial adotar uma gestão eficaz da água, avaliando os impactos positivos e negativos sobre a população em situação de pobreza. No entanto, a análise dessa gestão deve transcender indicadores isolados que medem apenas a quantidade física de água ou o percentual de acesso a ela. Luna (2007) destaca a importância da utilizar parâmetros que identifiquem áreas críticas, relacionando-as aos recursos hídricos para favorecer o planejamento e aumentar a probabilidade de alcançar limites mínimos de segurança, conforto e progresso.

Nesse sentido, baseado no conceito de pobreza hídrica, Sullivan (2002), seguido por Sullivan *et al.* (2003), introduziu o Índice de Pobreza Hídrica (IPH), um indicador composto que considera tanto a escassez de água quanto os elementos socioeconômicos da pobreza. Essa ferramenta holística contribui para uma gestão eficaz dos recursos hídricos, avaliando-os com base em fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, estabelecendo uma relação direta entre a pobreza da população com a disponibilidade de água (Sullivan *et al.*, 2003; Mlote; Sullivan; Meigh, 2002).

Posteriormente, Garriga e Foguet (2010a) aprimoraram o IPH, desenvolvendo o Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado (eIPH), que incorpora o modelo Pressão-Estado-Resposta. Essa nova abordagem busca capturar o dinamismo dos recursos hídricos, considerando as relações de causa e efeito no ciclo hidrológico e as interações socioeconômicas dentro da bacia hidrográfica (Zare-Bidaki; Pouyandeh; Zamani-Ahmadm Mahmoodi, 2023).

O IPH tem sido amplamente utilizado em pesquisas como uma ferramenta abrangente para avaliar a disponibilidade e o acesso a recursos hídricos em diversas regiões e escalas: internacional (Lawrence *et al.* 2003; Jemmali, 2013; Jemmali; Sullivan, 2014), nacional (Sullivan *et al.*, 2006; Heidecke, 2006; Sullivan; Meigh, 2007; Jemmali; Matoussi, 2013),

municipal/bacia (Manandhar *et al.*, 2012; Zare-Bidaki; Pouyandeh; Zamani-Ahmadmahmoodi, 2023), sub-bacia/região (Komnenic *et al.*, 2009; Van Ty *et al.*, 2010; Wang; Li; Chen, 2023; Shalamzari; Zhang, 2018) e comunitária (Sullivan; Meigh, 2003; Sullivan, 2005; Sullivan *et al.*, 2006; Garriga; Foguet, 2010a).

Diante do contexto abordado da UP do Rio Pajeú, a aplicação do Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado surge com uma ferramenta estratégica para apoiar a gestão da bacia hidrográfica, por meio do Comitê de Bacia Hidrográfica, e para orientar as decisões no âmbito municipal. O eIPH identifica os fatores que contribuem para a pobreza hídrica na região, considerando uma visão abrangente dos recursos hídricos, fatores socioeconômicos e ambientais.

Além disso, esta abordagem oferece uma base científica sólida para a avaliação detalhada de uma região com histórico de secas severas e para as decisões de gestão de recursos hídricos na UP11, influenciadas pela mudança climática global, contribuindo assim com o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de Pernambuco. Ao destacar esses problemas, é possível selecionar, de maneira racional, as áreas prioritárias a serem desenvolvidas, visando uma gestão eficaz dos recursos hídricos e a melhoria da qualidade de vida da população.

A dissertação está estruturada em seis capítulos. Neste primeiro capítulo foram apresentados uma introdução ao tema e a relevância da pesquisa, bem como a contextualização do problema abordado. No segundo capítulo, os objetivos apresentam a ideia central do trabalho e delinham as metas que se pretende alcançar ao longo do trabalho. O terceiro capítulo é dedicado ao embasamento teórico da dissertação, no que se refere ao direito humano à água potável, a pobreza multidimensional, a relação entre o acesso à água e a pobreza e a conceituação do IPH. A metodologia, no quarto capítulo, descreve os procedimentos de coleta de dados e construção do índice. O quinto capítulo apresenta os resultados, revelando as descobertas da pesquisa de forma clara e objetiva, destacando suas implicações. Por fim, o sexto capítulo sintetiza os principais achados, apresenta as limitações do estudo e sugere direções para pesquisas futuras, contribuindo assim para o avanço do conhecimento na área.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a pobreza hídrica da Unidade de Planejamento do Pajeú, Pernambuco, Brasil utilizando o Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado (eIPH), visando avaliar a complexidade da segurança hídrica regional.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Agregar as dimensões recurso, acesso, uso, capacidade e meio ambiente nas categorias do modelo PSR;
- Analisar as estruturas de correlação, por meio de análise multivariada;
- Aplicar o Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado (eIPH), conforme metodologia estabelecida;
- Construir um banco de dados em GIS para o eIPH e suas dimensões relacionado os municípios da área de estudo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção, são apresentadas as bases teóricas, contextualizando o tema em questão por meio das contribuições acadêmicas mais relevantes relacionadas a temática principal deste estudo, examinando estudos anteriores, teorias e metodologias pertinentes ao assunto em discussão.

3.1 MARCOS HISTÓRICOS DO DIREITO HUMANO À ÁGUA

A Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH), proclamada pela Organização das Nações Unidas (ONU) em sua Assembleia Geral de 1948, é um marco histórico que estabeleceu, pela primeira vez, princípios fundamentais para a proteção universal dos direitos humanos. Apesar da declaração não reconhecer explicitamente o direito humano a água, ela aponta um direcionamento importante para questão da água e seu acesso ao afirmar no Art. 25 que “todo ser humano tem direito a um padrão de vida capaz de assegurar a si e à sua família saúde, bem-estar, inclusive alimentação, vestuário, habitação, cuidados médicos e os serviços sociais indispensáveis” (UN GENERAL ASSEMBLY, 1948).

Mesmo a DUDH apontando para seguridade ao bem-estar e aos serviços sociais indispensáveis, que pode ser interpretado como abrangendo a necessidade de acesso a água potável e ao esgotamento sanitário, Amorim (2023) e Espada (2019) evidenciam que o reconhecimento formal do direito humano à água não foi de forma imediata, na verdade, a evolução deste reconhecimento foi lenta e levou cerca de 30 anos, envolvendo discussões e negociações em fóruns internacionais. Os autores ainda constatarem que é necessário a sociedade internacional avançar na implementação desse direito, observando quais são os obstáculos e desafios para a garantia universal do direito humano à água e ao esgotamento sanitário.

Ainda num contexto pós Segunda Guerra Mundial, a problemática da degradação dos recursos naturais e a relação do homem com a natureza motivou um grupo de cientistas e expertos neste assunto a realizarem a Conferência Científica das Nações Unidas sobre Conservação e Utilização dos Recursos, em 1949 (Capriles, 2008). Agências da ONU como a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) desempenharam papel importante para realização do evento. Embora a conferência não tivesse o poder de impor aos governos compromissos referentes a pauta ambiental, teve grande relevância na conscientização das discussões globais sobre a degradação dos recursos naturais abordando

uma ampla gama de tópicos como minerais, combustíveis, energia, água, florestas, terra, vida selvagem, peixes, alimentos, tecnologias apropriadas, entre outros (Leis, 2004), estabelecendo as bases para discussões posteriores.

Apesar do início dos debates, nas décadas de 50 e 60 as preocupações com o meio ambiente foram praticamente ausentes das agendas políticas e sociais em escala internacional. Apenas em 1972 foi realizada a primeira grande reunião organizada pela ONU para tratar desta temática. A Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, Suécia, reuniu representantes de diversas nações para discutir os problemas ambientais. A Conferência de Estocolmo, como ficou conhecida, foi um marco internacional na luta pela preservação da natureza, onde a atenção internacional para o tema e o descontentamento de vários setores sociais sobre as repercussões da poluição sobre a qualidade de vida das populações são os principais motivos da convocação da conferência (Lago, 2013).

Luna (2007) destaca que, a partir dessa Conferência, a agenda política internacional teria a dimensão ambiental como condicionante e limitante ao modelo de desenvolvimento econômico que não levava em consideração a conservação dos recursos naturais. A Conferência de Estocolmo foi o início da construção de mecanismos de proteção ao meio ambiente, dela surgiram questões que influenciam e motivam, até hoje, a relação entre os atores internacionais, resultando na evolução observada após a conferência (Passos, 2009).

Neste contexto, a água foi um dos temas centrais tratados. Le Preste (2005) aponta que um dos quatro fatores motivadores para a realização da conferência foram as inúmeras preocupações com as mudanças climáticas e os problemas de quantidade e qualidade das águas disponíveis. Este fato está evidenciado no principal produto da Conferência de 1972, a Declaração das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, que aponta a água como um recurso natural que deve ser protegido. A Declaração de Estocolmo, em seu princípio 2 da declaração prevê que

[...] os recursos naturais da terra incluídos o ar, **a água**, a terra, a flora e a fauna e especialmente amostras representativas dos ecossistemas naturais devem ser preservados em benefício das gerações presentes e futuras, mediante uma cuidadosa planificação ou ordenamento. (ONU, 1972, **grifo nosso**)

A Conferência de Estocolmo foi um evento fundamental na história da conscientização ambiental e da ação global para abordar questões ambientais. Após ela, vários frutos no campo ambiental começaram a ser colhidos. Cinco anos após o evento de Estocolmo, em 1977, ocorreu na cidade de Mar Del Plata, na Argentina, a Conferência das Nações Unidas sobre Água. Foi a primeira conferência a nível mundial para tratar sobre água, apontando para um despertar dos

países integrantes da ONU para os problemas emergentes vinculados a este recurso natural (Oliveira; Amarante Júnior, 2015).

O principal objetivo desta conferência foi discutir e estabelecer meios para evitar uma crise de água global, por meio de ferramentas que visavam identificar a disponibilidade de água, os usos múltiplos atuais e futuros, a qualidade das águas e os conflitos gerados pela escassez, tendo em vista o aumento da preocupação da liderança mundial com o consumo crescente de água (Leal, 2004).

Fruto das propostas expostas durante a conferência, foram aprovados uma série de recomendações e resoluções para o enfrentamento dos problemas relacionados a água, que compõem o documento conhecido como Plano de Ação de Mar Del Plata (Espada, 2009), o documento mais completo, formulado até então, especificamente sobre recursos hídricos. As recomendações contidas no documento, versam sobre temas como: avaliação dos recursos hídricos; instrumentos para melhorar a eficiência do uso da água; eficiência e eficácia na regulação e distribuição dos recursos; medição e projeções de demanda de água; usos múltiplos da água; meio ambiente, saúde e controle da poluição; políticas, gestão e planejamento; cooperações regionais e internacionais.

Além disso, o Plano de Ação ainda contava com resoluções que tratam sobre: abastecimento comunitário de água; uso agrícola da água; pesquisa e desenvolvimento de tecnologias; papel da água no combate à desertificação; arranjos institucionais e mecanismos de financiamento para cooperação internacional no setor de água, dentre outros assuntos (UN WATER CONFERENCE, 1977).

Um dos destaques dessas resoluções é o reconhecimento, de forma inédita, do direito a água potável, ao ser declarado na resolução II que “todos os povos, qualquer que seja seu estágio de desenvolvimento e suas condições sociais e econômicas, têm direito ao acesso à água potável em quantidade e qualidade igual às suas necessidades básicas” (UN WATER CONFERENCE, 1977). Ainda na resolução II, está exposto que o desafio para que a água seja alcançável e distribuída de forma justa a todas as pessoas, só pode ser enfrentado com cooperação internacional e com a mobilização de recursos físicos, econômicos e pessoal.

Ademais, no Plano de Ação apresentado após a Conferência de Mar Del Plata ficou designado que o período de 1980 a 1990 com a “Década Internacional de Abastecimento de Água Potável e Saneamento”. Durante esse período, cada Estado soberano deveria buscar adotar programas que tivessem o objetivo de fornecer água em quantidade e qualidade para áreas urbanas e rurais (UN WATER CONFERENCE, 1977), conforme o plano de ação

proposto na resolução II. Esta meta não foi alcançada, sendo posteriormente revista na Declaração do Milênio.

A partir da Conferência Mundial sobre a Água em 1977, que mostrou que a água seria uma das mais importantes agendas da política internacional, a liderança mundial tem consciência da problemática vinculada ao acesso à água potável em quantidade suficiente, bem como dos riscos relacionados às faltas crescentes e à degradação do abastecimento (Petralha, 2004).

Após o ano de 1977, outras duas convenções internacionais reafirmaram o direito à água. Em 1979, a Assembleia Geral da ONU adotou a Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra as Mulheres (CEDAW), que tem como principais objetivos caracterizar a discriminação contra as mulheres e estabelecer diretrizes para combatê-la. Entre os direitos assegurados às mulheres na CEDAW, o artigo 14, número 2, estabelece que os Estados signatários deveriam tomar medidas para eliminar a discriminação contra as mulheres nas áreas rurais, garantindo às mulheres rurais o direito de desfrutar “de condições de vida adequadas, nomeadamente em matéria de habitação, saneamento, abastecimento de eletricidade e água, [...]” (UN GENERAL ASSEMBLY, 1979).

Outra relevante convenção internacional que abordou o direito à água foi a Convenção sobre os Direitos da Criança, adotada pela Assembleia Geral da ONU em 1989 e ratificada por 196 países. Em seu artigo 24, a convenção estabelece que os Estados signatários devem garantir que toda criança tenha o direito de desfrutar do melhor padrão possível de saúde, incluindo o acesso a serviços de cuidados de saúde. Entre as medidas apropriadas para garantir a implementação do direito descrito no artigo 24 está o fornecimento de alimentos nutritivos e de água limpa de boa qualidade, como forma de combater as doenças e desnutrição (UN GENERAL ASSEMBLY, 1989).

Nos anos seguintes, a evolução da política internacional em relação à água continuou. Diversas conferências abordaram essa temática, destacando-se a Conferência Internacional sobre a Água e o Desenvolvimento Sustentável, realizada em janeiro de 1992 na cidade de Dublin, na Irlanda. O foco dos debates foi a ameaça representada pela escassez e o mau uso de água doce. Ao final, a conferência adotou a Declaração de Dublin, reconhecendo que os problemas discutidos durante a reunião não eram de natureza especulativa. Deste modo, ficou evidente a necessidade de um plano de ação imediato e efetivo para garantir a sobrevivência de milhões de pessoas no futuro.

As recomendações expressas na Declaração de Dublin fundamentam-se em quatro princípios orientadores: 1) a água doce é um bem finito e vulnerável, essencial para sustentar a

vida, o desenvolvimento e o meio ambiente; 2) a necessidade de uma abordagem participativa na gestão da água, envolvendo usuários, planejadores e formuladores de políticas em todos os níveis; 3) a mulher como figura central na provisão, gestão e proteção da água; 4) o reconhecimento da água como um bem econômico (ICWE, 1992).

Dentro do princípio número 04, reconhece-se o direito básico fundamental de todos os seres humanos de ter acesso à água limpa e saneamento a um preço acessível. Ao afirmar a água como um recurso natural com valor econômico, este princípio não apenas reforça o direito à água para todos, mas também coloca em discussão a necessidade de tornar esse bem econômico acessível a todos em quantidade, qualidade e com um custo suportável. No entanto, Espada (2009) destaca que essa proclamação não implica necessariamente que a água deva ser providenciada gratuitamente, e em nenhum momento os princípios deixam claro o que constitui um “preço acessível” ou a metodologia de chegar a tal conclusão.

A Conferência de Dublin serviu como ato preparatório a Conferência da ONU sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, conhecida também como Eco-92, Rio-92 ou Cúpula da Terra. Entre os dias 3 e 14 de junho de 1992, representantes de mais de cento e setenta países reuniram-se no Rio de Janeiro, Brasil, para retomar as discussões sobre o novo padrão de desenvolvimento, denominado “desenvolvimento sustentável” (Oliveira, 2016). A Resolução convocatória para Rio-92, publicada na Assembleia Geral da ONU de 1990, define como objetivo principal desta conferência “elaborar estratégias e medidas para deter e reverter os efeitos da degradação ambiental” (UN GENERAL ASSEMBLY, 1990) no contexto das cooperações nacionais e internacionais.

Um dos resultados mais expressivos desse evento foi a elaboração da Agenda 21, concebida como um instrumento para planejar sociedades sustentáveis, integrando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (Brasil, 1992). Cunha *et al.* (2010) indicam que, ao abordar a interligação entre desenvolvimento sustentável e recursos hídricos, o texto da Agenda 21 alerta para o crescimento acelerado da urbanização, identificado com um dos principais fatores para o agravamento da crise da água. Por esta razão, o documento dedica todo o capítulo 18 à temática da proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos.

Neste capítulo específico da Agenda 21, são destacados os impactos significativos sobre os recursos de água doce e sua disponibilidade, decorrentes da mudança climática global e da poluição atmosférica. O texto também reitera o direito à água, ao estabelecer como objetivo geral do plano de ação

[...] assegurar que se mantenha uma **oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta**, ao mesmo tempo em que se preserve as funções

hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade da natureza e combatendo vetores de moléstias relacionadas com a água. (BRASIL, 1992, **grifo nosso**)

Da mesma forma que a Declaração de Dublin principiou a abordagem da água como um bem econômico, vinculando o direito a água a um preço acessível, o documento resultante da Rio-92 reafirma esse princípio ao endossar a Resolução da Conferência sobre a Água de Mar del Plata. Além disso, amplia o conceito de direito à água ao conectar a disponibilidade de água para as atividades humanas à preservação dos ecossistemas (Luna, 2007). O texto do Capítulo 18 da Agenda 21 também enfatiza que a oferta de água potável e saneamento ambiental são elementos essenciais para a proteção do meio ambiente e a redução da pobreza (Brasil, 1992).

Diante de todas as propostas, do ponto de vista de desenvolvimento sustentável, a Agenda 21 reflete sobre a necessidade de desenvolver-se indicadores de sustentabilidade que possam subsidiar e orientar as tomadas de decisão relacionadas à temática, tanto em nível internacional quanto nacional.

Os eventos internacionais, envolvendo líderes mundiais, continuaram a gerar documentos e relatórios que reafirmam o direito à água. A Conferência Internacional das Nações Unidas sobre População e Desenvolvimento de 1994 resultou em um Programa de Ação que incorporou o acesso a água e saneamento adequados como parte do direito de todo indivíduo a um nível de vida adequado para si e sua família (ONU, 2013).

Ainda no contexto dos diálogos internacionais sobre a água, foi criado em 1996 o Conselho Mundial da Água, com o objetivo discutir os problemas relacionados à água globalmente e desenvolver uma visão e política sustentável para a gestão da água. Essa iniciativa busca superar as desigualdades no acesso à água, ao saneamento, e enfrentar as crises hídricas (Furingo; Samora, 2019). A cada três anos, o Conselho Mundial da Água reúne todas as partes interessadas no Fórum Mundial. Desde o 1º Fórum Mundial da Água, realizado em Marrakesh, no Marrocos, em 1997, o direito a água é um tema constantemente discutido e apresentando nos documentos produzidos pelos fóruns, como evidenciado no Quadro 01.

Fechando a década de 90, que marcou um ciclo virtuoso no reconhecimento do direito ao acesso a água potável e ao saneamento, em 1999, a Resolução da Assembleia Geral da ONU A/RES/54/175 que abordou sobre “O Direito ao Desenvolvimento”, em seu Artigo 12, definiu os direitos à alimentação e à água limpa como fundamentais para plena concretização do direito ao desenvolvimento, considerando esses direitos como um imperativo moral dos governos (ONU, 1999). Espada (2009) ainda destaca que a Resolução enfatiza que a promoção, proteção

e a realização do direito ao desenvolvimento são partes integrantes da promoção e proteção dos direitos humanos como um todo.

Quadro 1 - O direito à água como temática nas edições do Fórum Mundial da Água

Edição / Local	Local / Ano	Tema Central	Declaração
1º Fórum Mundial da Água	Marrakesh - Marrocos 1997	O papel da água potável no desenvolvimento sustentável	Recomendou ações para reconhecer as necessidades humanas básicas para ter acesso a água potável e saneamento
2º Fórum Mundial da Água	Haia - Holanda 2000	A visão da água para o futuro	Garantir que todas as pessoas tenham acesso a água segura suficiente a um custo acessível para levar uma vida saudável e produtiva
3º Fórum Mundial da Água	Kyoto – Japão 2003	Discussão de compromissos assumidos pela comunidade internacional	<ul style="list-style-type: none"> - Convoca os países a desenvolver estratégias para atingir as metas de acesso a água e saneamento assumidos internacionalmente; - Propõe ações para melhorar o acesso das pessoas pobres a água potável segura e saneamento; - Incentiva o desenvolvimento de tecnologias eficientes e de baixo custo adaptadas a vida cotidiana para fornecimento de água potável segura e saneamento básico
4º Fórum Mundial da Água	Cidade do México – México 2006	Ações locais para um desafio global	<ul style="list-style-type: none"> - O direito à água foi debatido com entusiasmo, por meio de temas como o alcance desse direito, os pontos fracos e fortes para sua implementação, sendo dedicado um capítulo inteiro do relatório final a esta temática; - Houve um acordo geral sobre a existência de um direito humano à água, mesmo que não haja menção na Declaração Ministerial.
5º Fórum Mundial da Água	Istambul – Turquia 2009	Superar os divisores de água	<ul style="list-style-type: none"> - O debate principal foi em volta da distinção entre a água como um direito humano ou como um bem social e direito econômico; - A Declaração Ministerial volta a reconhecer que o acesso a água potável e saneamento básico é uma necessidade humana.
6º Fórum Mundial da Água	Marselha – França 2012	A hora das soluções	Compromisso em acelerar a plena implantação das obrigações de direitos humanos relativos ao acesso à água potável e ao saneamento para todos com a necessária disponibilidade, qualidade, aceitabilidade e acessibilidade, com foco nos mais vulneráveis
7º Fórum Mundial da Água	Daegu e Gyeongju – Coreia do Sul 2015	Água para o nosso futuro	Reafirma o compromisso com o direito humano a água potável segura e ao saneamento e com a garantia do acesso progressivo à água e ao saneamento para todos
8º Fórum Mundial da Água	Brasília – Brasil 2018	Compartilhando a água	Incentiva os governos a estabelecer ou fortalecer políticas e planos nacionais de gestão integrada de recursos hídricos, incluindo estratégias de adaptação à mudança climática, visando alcançar um acesso universal e equitativo à água potável segura e acessível e a um saneamento adequado e equitativo
9º Fórum Mundial da Água	Dakar – Senegal 2022	Segurança da água para a paz e o desenvolvimento	Propõe acelerar a implementação do direito à água potável e ao saneamento para todos através de quadros legislativos adequados e mobilizar todos os intervenientes através de estratégias integradas e inclusivas

Fonte: O autor (2023)

No início do novo milênio, a preocupação dos líderes mundiais com as questões ambientais, sociais e econômicas refletiu-se no desenvolvimento de objetivos e metas, os quais

foram pactuados pelos governos de 191 países-membros da ONU durante a Cúpula do Milênio, realizada em Nova Iorque no ano 2000. Esse conjunto de objetivos e metas, organizados na Declaração do Milênio, recebeu o título de Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM).

Fechando a década de 90, que marcou um ciclo virtuoso no reconhecimento do direito ao acesso a água potável e ao saneamento, em 1999, a Resolução da Assembleia Geral da ONU A/RES/54/175 que abordou sobre “O Direito ao Desenvolvimento”, em seu Artigo 12, definiu os direitos à alimentação e à água limpa como fundamentais para plena concretização do direito ao desenvolvimento, considerando esses direitos como um imperativo moral dos governos (ONU, 1999). Espada (2009) ainda destaca que a Resolução enfatiza que a promoção, proteção e a realização do direito ao desenvolvimento são partes integrantes da promoção e proteção dos direitos humanos como um todo.

No início do novo milênio, a preocupação dos líderes mundiais com as questões ambientais, sociais e econômicas refletiu-se no desenvolvimento de objetivos e metas, os quais foram pactuados pelos governos de 191 países-membros da ONU durante a Cúpula do Milênio, realizada em Nova Iorque no ano 2000. Esse conjunto de objetivos e metas, organizados na Declaração do Milênio, recebeu o título de Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM).

Ao redigir o prefácio da Declaração do Milênio, Kofi Annan, então secretário-geral da ONU, enfatiza que este é um documento histórico, utilizando o simbolismo do Milênio para atender às necessidades reais das pessoas de todo mundo (ONU, 2000), com enfoque nas populações mais vulneráveis. Diante desse cenário, ao abordar a temática da sustentabilidade ambiental no ODM número sete, a Declaração do Milênio estabelece a meta 10, na qual os países participantes comprometem-se a “reduzir pela metade a população sem acesso permanente e sustentável à água potável e esgotamento sanitário” (ONU, 2000), tendo como prazo para cumprimento da meta o ano de 2015.

Ao término do prazo, os resultados alcançados são apresentados em um relatório sobre os ODMs, no qual o então secretário-geral da ONU, Ban Ki-moon, destaca no prefácio que a mobilização mundial gerada pelo cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio representou o marco mais bem-sucedido na história da luta contra a pobreza (ONU, 2015a, p. 03). O mesmo relatório revela que, entre 1990 e 2015, 1,9 bilhões de pessoas passaram a ter acesso a água potável. No que diz respeito às metas propostas no ODM 7, 224 países alcançaram o objetivo de reduzir pela metade a população sem acesso permanente à água potável (ONU, 2015a, p. 07). Apesar dos avanços alcançados, a própria ONU reconhece que

[...] o progresso foi desigual entre regiões e países, resultando em lacunas significativas. Milhões de pessoas estão sendo deixadas para trás, especialmente os

mais pobres e desfavorecidos devido ao seu sexo, idade, deficiência, etnia ou localização geográfica. Esforços direcionados serão necessários para chegar às pessoas mais vulneráveis. (ONU, 2015a, p. 08, tradução nossa)

Em 2001, o governo alemão organizou a Conferência Internacional da Água em Bonn, com o tema “Água – uma chave para o desenvolvimento sustentável”. O relatório resultante desse encontro destaca a segurança hídrica como uma dimensão essencial para a redução da pobreza, evidenciando a estreita relação entre a privação de acesso a água potável e a pobreza (FMENCNS, 2001). Além disso, o documento ressalta a importância do financiamento internacional como uma ferramenta para facilitar o compartilhamento de conhecimento e transferência de tecnologia entre os Estados, e a observância dos princípios de boa governança da água (FMENCNS, 2001; Vieira, 2013).

Conforme indicado no relatório da Conferência de Bonn, a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, realizada em Joanesburgo em 2002, testemunhou o compromisso dos líderes mundiais em expandir rapidamente o acesso a requisitos básicos, incluindo água potável e saneamento básico, como um meio de assegurar a dignidade humana (DESA, 2002a).

Esse movimento estava em sintonia com o esforço para alcançar os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio. Para tanto, no Plano de Implementação de Joanesburgo, foram estabelecidas metas, prazos e parcerias a serem adotadas para atingir os objetivos desejados. No Plano, as medidas relacionadas ao direito à água são delineadas nos parágrafos 24 a 29, destacando-se o lançamento de ações para alcançar a meta do ODM relacionado à água potável, com apoio financeiro e técnico (parágrafo 24), bem como o desenvolvimento de planos para a gestão integrada dos recursos hídricos (parágrafo 25) (DESA, 2002b).

Nesse mesmo ano, o Comitê de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (CDESC) adota o Comentário Geral nº 15 que interpreta o Pacto Internacional de 1966 sobre os Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (PIDESC). Os comentários gerais têm o propósito de elucidar o conteúdo dos direitos humanos, sendo empregados como ferramentas para monitorar o cumprimento dos acordos pelos Estados Partes (Albuquerque, 2014). Além de fornecer esclarecimentos, eles também sugerem melhorias na regulamentação e no funcionamento, estimulando Estados membros, agências especializadas da ONU e outras Organizações Internacionais a aprimorarem suas práticas e desempenho em atividades especializadas para a materialização dos direitos (Espada, 2019).

De acordo com Vieira (2013), o Comentário Geral nº 15 apresenta a afirmação do direito público à água, esclarecendo seu significado e conteúdo. Esse documento estabelece diretrizes

para o quadro normativo substantivo do direito humano à água, delineando as obrigações exigíveis dos Estados signatários (Espada, 2019). Dessa forma, fornece uma interpretação autorizada acerca dos Artigos 11 e 12 do PIDESC, uma vez que os direitos humanos à água e ao saneamento derivam de diversos dispositivos do PIDESC (Albuquerque, 2014), sendo indispensável para garantia da dignidade humana.

O parágrafo 12 do comentário geral aborda que os fatores de disponibilidade, qualidade e acessibilidade princípios fundamentais para garantir o direito à água em diferentes contextos. No que concerne à disponibilidade, é imperativo assegurar um fornecimento contínuo e adequado de água para atender às necessidades pessoais e domésticas de cada indivíduo. Em relação à qualidade, o Comentário nº 15 especifica que a água destinada ao uso pessoal e doméstico deve ser potável. Quanto à acessibilidade, fica estabelecido que tanto a água quanto suas instalações e serviços devem ser acessíveis a todos, sem qualquer forma de discriminação (ONU, 2002).

Após vários debates nos fóruns internacionais sobre o direito humano à água, a Assembleia Geral da ONU, reunida em 28 de julho de 2010, formalmente reconheceu, por meio da Resolução nº A/RES/64/292 o “direito à água potável segura e limpa e ao saneamento como um direito humano que é essencial para o pleno gozo da vida e de todos os direitos humanos.” (ONU, 2010). Adicionalmente, o texto da Resolução estimula Estados e organizações internacionais a unirem esforços na garantia desses direitos para todos os povos. Isso envolve assistência e cooperação global, mediante a disponibilização de recursos financeiros, transferência de tecnologia e capacitação.

Espada (2019) destaca que a definição e aceitação do direito humano à água foram notavelmente desafiadoras. Em parte, a hesitação decorreu pelo receio de que os Estados não pudessem garantir esse direito, resultando em possíveis violações do Direito Internacional, dada a magnitude do compromisso assumido. Por outro lado, o autor identifica algumas vantagens para a sociedade associadas à aprovação do direito humano à água. Isso inclui a ampliação da responsabilidade dos Estados e Governos na priorização da mitigação da escassez de água, a reafirmação do cenário drástico atual e futuro, o empenho na concretização desse direito como meio de efetivar diversos outros direitos, e a formulação de políticas a curto e médio prazo para assegurar a efetivação do direito humano à água.

A reafirmação do reconhecimento do acesso universal à água e ao saneamento como direitos humanos foi novamente declarada pela Organização das Nações Unidas durante a Assembleia Geral em 25 de setembro de 2015, por meio da aprovação da Resolução 70/1 intitulada “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento

Sustentável”. Através desse documento foram adotados os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas, construídos sobre o legado dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, com o propósito de concretizar os direitos humanos para todos.

Dentre os 17 ODS, o ODS nº 6 tem especial significado no processo de efetivação do direito humano à água e ao saneamento, pois busca assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos, tendo como metas:

- 6.1 Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável e segura para todos;
- 6.2 Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos, e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção para as necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade;
- 6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente;
- 6.4 Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água
- 6.5 Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado;
- 6.6 Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos;
- 6.a Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reuso;
- 6.b Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais, para melhorar a gestão da água e do saneamento (ONU, 2015, não paginado).

A Agenda 2030 destaca a importância da dignidade humana como um valor fundamental e apresenta um conjunto integrado de objetivos e metas para promover o desenvolvimento sustentável integrado, que considere as três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental (Soares *et al.*, 2020).

Garantir a gestão sustentável da água e do saneamento para todos, como preconizado pelo ODS 6, é um desafio de grande complexidade. Isso envolve a necessidade de coordenação entre diversos setores governamentais e não governamentais em múltiplos níveis, além de conciliar diferentes interesses e motivações (Jacovi *et al.*, 2020). José Machado, ex-diretor presidente da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), afirma que assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos hídricos é essencial para alcançar condições de cidadania plena, qualidade de vida, redução da pobreza e um modelo de desenvolvimento que considere gerações atuais e futuras (ANA, 2007).

Nesse sentido, a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) desempenha um papel importante no combate à pobreza e auxílio no alcance do ODS 6. Segundo o *Global Water Partnership* (GWP, 2000), a GIRH promove o desenvolvimento, coordenação e gestão da água, solo e outros recursos naturais correlatos, desempenhando um papel importante para maximizar o bem-estar social e econômico, de maneira equitativa, sem o comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas essenciais.

Estudos acadêmicos indicam que a gestão sustentável dos recursos hídricos contribui para a realização de outros Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), visto que o ODS 6 é considerado fundamental para integrar todos os demais. A água é essencial para o desenvolvimento sustentável e está intrinsecamente ligada ao bem-estar das populações humanas (Benson; Gain; Giupponi, 2020; Guppy; Mehta; Qadir, 2019; Nilsson *et al.*, 2018).

No entanto, apesar da importância central do acesso à água para o bem-estar humano, as interações complexas entre os ODS sugerem que a incorporação de abordagens holísticas, como as relações entre água-energia-alimentos e água-pobreza, nos sistemas de indicadores de gestão dos recursos hídricos pode ser crucial para orientar decisões rumo à realização de outros ODS (Benson; Gain; Giupponi, 2020).

3.2 CONCEITUAÇÃO DE POBREZA

Dada a natureza multidimensional, a palavra “pobreza” carrega consigo uma considerável complexidade de conceituação, uma vez que se depara com diversas abordagens analíticas, impossibilitando uma caracterização única e universal (Maciel, 2021; Barro; Henriques; Mendonça, 2000). Ao explorar o conceito de pobreza, uma gama de aspectos pode ser levada em conta, incluindo renda, condições sociais, ambiente, período de permanência na situação, fatores nutricionais, parâmetros culturais, além de elementos subjetivos (Luna, 2007; Soares, 2009).

A complexidade inerente ao termo pobreza deu origem a conceitos formulados a partir de diversas perspectivas. O Banco Mundial (1990) adota a definição de pobreza como a incapacidade de alcançar um padrão de vida mínimo, mensurável pela renda per capita. Similarmente, Barros, Henriques e Mendonça (2000) abordam que a pobreza se refere a situações de carência, nas quais os indivíduos não conseguem manter um padrão mínimo de vida em conformidade com as referências socialmente estabelecidas em cada contexto histórico, que impõe uma dinâmica própria sobre o conceito de pobreza.

Em uma análise de natureza macroeconômica, a pobreza pode ser compreendida pelo enfoque relativo ou absoluto. O conceito de pobreza relativa considera o nível de participação social e a posição ocupada pela pessoa na estrutura da sociedade, destacando uma questão mais distributiva (Vinhas; Souza, 2006). Rocha (2006) argumenta que a pobreza relativa é aplicada para delimitar um grupo de indivíduos que são considerados relativamente pobres em sociedades onde o mínimo vital já é garantido a todos.

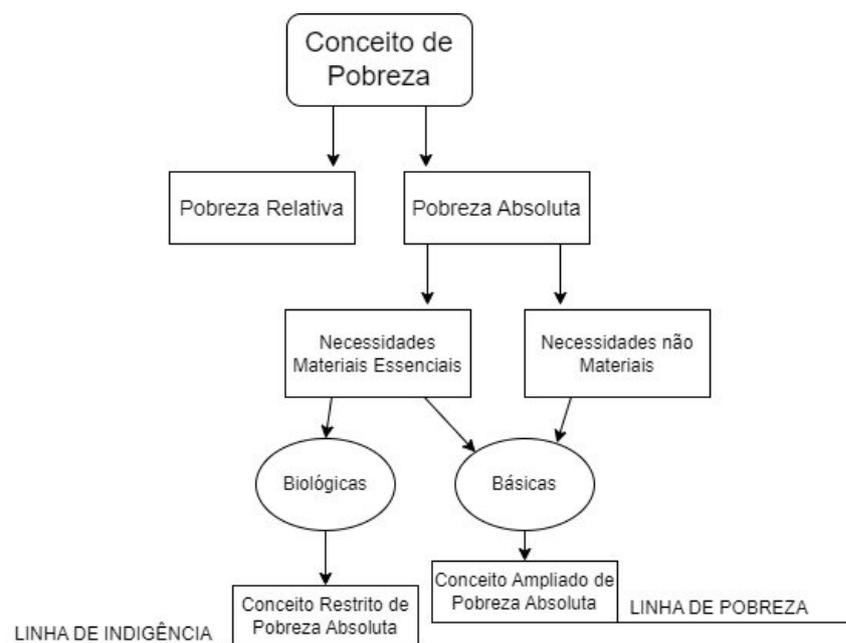
Essa definição apresenta maior compatibilidade com o conceito de desigualdade na distribuição de renda. De modo geral, conforme apontado por Lima (2005), segundo essa definição, as pessoas em situação de pobreza são aquelas incapazes de obter, total ou suficientemente, recursos e condições de vida que lhes permitam desempenhar papéis, participar de relacionamentos e seguir comportamentos esperados enquanto membros da sociedade.

Por outro lado, a definição do conceito de pobreza absoluta está relacionada aos padrões estabelecidos para o nível mínimo ou suficiente de necessidades dos indivíduos em uma sociedade (Teixeira, 2020). Essa definição é expressa pela noção de linha de pobreza, que serve como um critério para que uma sociedade específica considere como pobres todos aqueles indivíduos que se encontram abaixo desse referencial (Barros, 2000). A determinação dos limites de pobreza envolve diversas abordagens, incluindo a perspectiva biológica, a das necessidades básicas ou a dos salários-mínimos (Crespo; Gurovitz, 2002). Para Rossetti (2003), essas distintas formas de estabelecer a linha da pobreza delineiam os conceitos restrito e ampliado de pobreza absoluta, como ilustrado na Figura 01.

Crespo e Gurovitz (2002) explicam que o enfoque biológico estabelece a linha de pobreza com base no valor aproximado da renda a ser destinada para o atendimento dos requisitos nutricionais mínimos da dieta alimentar. Esses autores também destacam que as necessidades básicas englobam alimentação, moradia, vestuário e serviços essenciais, como água potável, saneamento, transporte público, atendimentos médicos e educação. Por fim, eles abordam que a perspectiva dos salários-mínimos, que implica a existência de um salário-mínimo oficial, que deve representar uma aproximação do montante financeiro necessário para garantir um padrão de vida mínimo.

Geralmente, nas análises da pobreza baseadas nessas definições, apenas a renda e a riqueza são consideradas, não conseguindo abranger certas dimensões ligadas ao bem-estar, como saúde, expectativa de vida, nível educacional e acesso a serviços públicos (Mendonça, 2009).

Figura 1 - Conceito e mensuração de pobreza



Fonte: Adaptada de Rossetti (2003)

No contexto das reflexões conceituais sobre pobreza, a partir de 1980 observa-se um avanço significativo por meio das contribuições do economista indiano Amartya Sen, que amplia a abordagem das necessidades fundamentais. De acordo com Sen (2000), a avaliação da pobreza baseada na renda apresenta distorções, uma vez que não leva em consideração as privações relacionadas a diversas variáveis, como desemprego, doença, baixo nível de educação e exclusão social. O autor argumenta que a medição através da linha de pobreza não captura as múltiplas dimensões do que significa ser pobre.

Sua concepção incorpora variáveis mais abrangentes, destacando que as pessoas podem enfrentar privações em diversas áreas da vida (Crespo; Gurovitz, 2002). Isso resulta na ideia de que a pobreza não deve ser associada apenas ao critério convencional da falta de renda, mas sim compreendida como a privação das chamadas “capacidades básicas” (Sen, 1999), incluindo, entre elas, o acesso à água.

O termo “capacidade” refere-se as diversas combinações possíveis de funcionamentos de possível realização. Assim, para Sen (1999), a capacidade representa uma forma de liberdade, a saber: a liberdade substantiva de concretizar diversas combinações de realizações funcionais ou a liberdade de adotar estilos de vida variados.

O autor também destaca a relação entre a privação de capacidades individuais e os baixos níveis de renda, uma interação que ocorre de forma recíproca. Por exemplo, a escassez de renda pode ser um fator determinante para o analfabetismo, precariedade da saúde, fome e

subnutrição. No entanto, é importante notar que a saúde e educação de qualidade desempenham um papel fundamental na obtenção de rendas mais elevadas. Em resumo, o papel da renda e da riqueza, embora sejam indispensáveis, deve ser considerado dentro de um contexto mais amplo de êxito e privação (Sen, 1999).

Atualmente, observa-se que o fenômeno da pobreza é entendido como uma questão complexa e multidimensional, abrangendo situações em que as necessidades humanas não são adequadamente atendidas e em que diferentes fatores estão interligados (Lima, 2005).

De acordo com Holanda (2006), a pobreza pode ser interpretada como a privação significativa de bem-estar, envolvendo fatores como a falta de alimentação adequada, carência de moradia e vestuário, baixa escolaridade, e exclusão na participação em decisões políticas, entre outros. Da mesma forma, Mendonça *et al.* (2010) entendem a pobreza como estado de privação de condições que permitiriam ao indivíduo ou à sua família os meios necessários para atender às suas necessidades básicas. Nesse contexto, o conceito de pobreza está associado à vulnerabilidade e à exposição a riscos.

Desai (1995), conforme citado por Mlote, Sullivan e Meigh (2002), com base no conceito de pobreza como a privação de capacidade definido por Sen, destaca que a privação de capacidade pode ser delineada de maneira mais clara e, em certa medida, quantificada. Essa privação pode ser categorizada em cinco capacidades básicas: a capacidade de ficar vivo/usufruir uma vida longa, a capacidade de garantir a reprodução biológica, a capacidade de ter uma vida saudável, a capacidade de participar da interação social e capacidade de ter conhecimento e liberdade de pensamento e expressão.

3.3 RELAÇÃO ENTRE ACESSO À ÁGUA E POBREZA

O acesso a um abastecimento adequado de água para uso doméstico e produtivo está diretamente relacionado com a maioria das capacidades básicas listadas no conceito de privação delineado por Sen. Melhorar a gestão da água não apenas aborda diretamente as três primeiras capacidades, mas também incorpora as duas últimas em qualquer estrutura de gestão participativa que capacite as comunidades para compreenderem os seus próprios desafios na gestão de recursos (Mlote; Sullivan; Meigh, 2002).

É importante ressaltar, contudo, que, sob a perspectiva de Sen (2000), seria inadequado afirmar de antemão quais elementos são essenciais para o bem-estar de cada pessoa. Conforme indicado pelo autor, seu intento não consiste em estabelecer uma lista básica de funcionamentos e capacitações que represente o que seria mais apropriado para uma comunidade específica. No

entanto, trabalhos de referência internacional significativos, como os Relatórios de Desenvolvimento Humano (PNUD, 2006, 2007), os Objetivos de Desenvolvimento Milênio (ODM) e, mais recentemente, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), consolidam os componentes do Desenvolvimento Humano que são comuns em diversas realidades e, em todos eles, a água desempenha um papel importante (Silva; Oliveira; Mendes, 2020).

Como evidenciado pelo Relatório de Desenvolvimento Humano de 2006 do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNDU), a crise relacionada à água e ao saneamento é uma problemática que impacta de maneira preponderante os pobres. O relatório destaca que assegurar um acesso melhor à água e ao saneamento atua como um estímulo para avanços significativos no desenvolvimento humano (PNUD, 2006). Isso ocorre porque a presença ou ausência de água potável pode tanto impulsionar ou prejudicar o desenvolvimento humano, sendo um fator crucial nas capacidades de realização das pessoas.

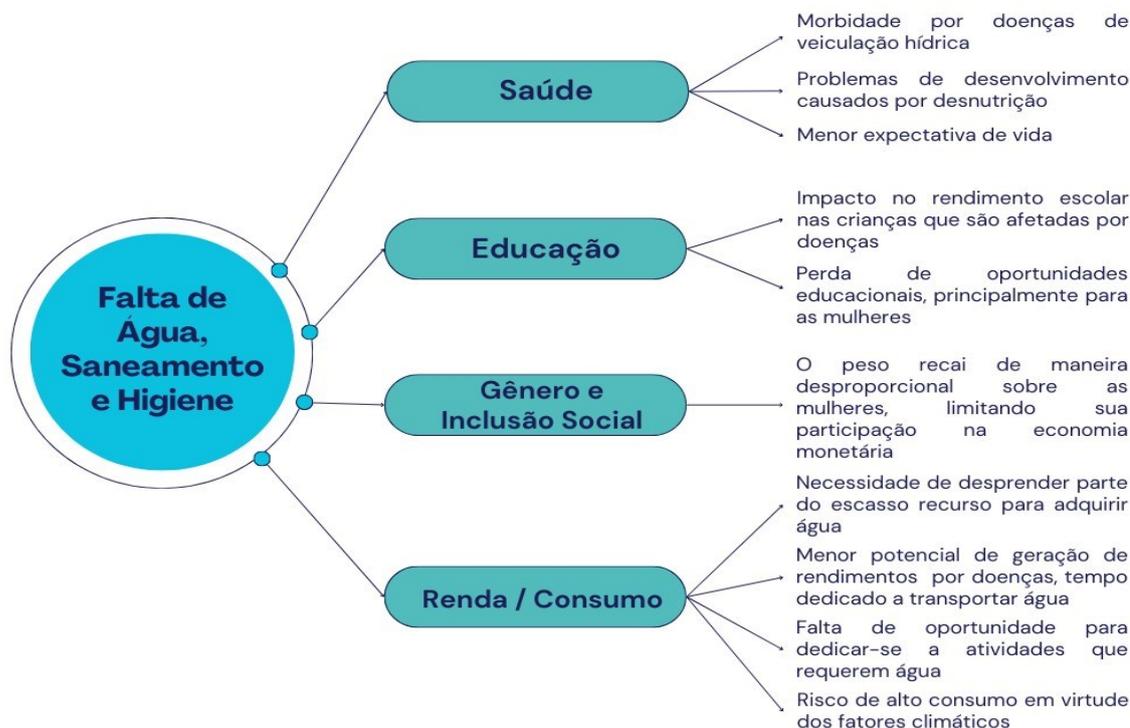
Em algumas análises, a falta de acesso a água tem sido tratada como um problema intrinsecamente ligado à pobreza, considerando a disponibilidade de água como um indicador de miséria, tanto em contextos urbanos quanto rurais (Silveira, 2017). Nesse sentido, Lawrence, Meigh e Sullivan (2002) exploram a relação entre pobreza e acesso à água a partir de dois pontos de vista: a insuficiência/ indisponibilidade de água para atender às necessidades básicas; a pobreza de renda como um limitante do acesso a água.

O primeiro ponto de vista aborda diretamente a água como um elemento determinante da pobreza, refletindo situações em que a subsistência é ameaçada por secas ou inundações periódicas, em que o sustento depende de atividades agrícolas sem uma fonte de água suficiente ou confiável, em que as comunidades residem distantes de uma fonte de água limpa ou lidam com contaminação, e em que as famílias são obrigadas a destinar uma parcela significativa de sua renda à água (GWP, 2003).

Por outro lado, Sullivan (2002) destaca a existência de uma forte interligação entre a pobreza de água e a pobreza de renda. Nesse ponto de vista, Lawrence, Meigh e Sullivan (2002) apresentam que mesmo quando há disponibilidade de água adequada e confiável, as pessoas podem não ter condições financeiras para acessá-la, levando-as a recorrer a fontes inadequadas e não confiáveis para conseguirem ter acesso a água.

Segundo Bosch *et al.* (2001), os serviços básicos de água e saneamento ganham uma relevância ainda mais significativa para a classe mais pobre em comparação com outros estratos sociais, especialmente quando se avaliam suas interconexões com as outras dimensões da pobreza, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Vínculos entre pobreza, água e saneamento



Fonte: O autor com base em Bosch *et al.* (2001) e PNDU (2006).

Pereira, Cordery e Lacovides (2002) argumentam que a escassez de água acarreta desafios significativos para as populações e sociedades. A disponibilidade limitada desse não apenas compromete a produção de alimentos, resultando em insuficiência para aliviar a fome e a pobreza em áreas onde o crescimento populacional frequentemente supera a capacidade de uso sustentável dos recursos naturais. A falta de água também impede o desenvolvimento de setores industriais, urbanos e turísticos. Os corpos d'água têm capacidade limitada para atender à crescente demanda e absorver cargas de poluentes provenientes de usos urbanos, industriais e agrícolas

De acordo com os autores, a escassez hídrica acaba por ser associada a problemas de saúde, não apenas devido à deterioração das águas superficiais e subterrâneas, que favorece a propagação de doenças transmitidas pela água, mas também em razão da distribuição ineficaz de água e dos sistemas de esgoto. Além disso, a pobreza relacionada a escassez promove migrações, ocorrendo em diversas escalas, desde o nível local até o global, na busca por melhores condições de vida. Por último, nessas regiões a preservação dos ecossistemas naturais é considerada de prioridade baixa ou muito baixa, pois frequentemente é encarada como uso supérfluo da água em comparação com outras demandas mais diretamente relacionadas à saúde humana.

Ao abordar a temática da crise hídrica no âmbito global, com enfoque nas particularidades do Brasil, Cirilo (2015) reforça a concepção de que a escassez de água representa uma limitação ao desenvolvimento. O autor sugere a hipótese de que, nesse contexto, a água pode tornar-se motivo de sérios confrontos em todo o mundo, sendo essas tensões mais pronunciadas nos países em desenvolvimento, onde os recursos hídricos frequentemente sofrem com poluição e desperdício. Nas disputas pelo acesso à água, os mais pobres inevitavelmente emergem como os mais vulneráveis.

É necessário destacar que a escassez hídrica não é exclusivamente uma questão de disponibilidade física de água. Em diversos contextos, especialmente em países com grande potencial hídrico, como o Brasil, a água potável está disponível, mas sua acessibilidade por parte da população é prejudicada por questões infra estruturais e/ou econômicas. Porém, a restrição ao desenvolvimento não se resume apenas à escassez de água, a contaminação também é um impedimento significativo. A contaminação, resulta de ações humanas que alteram as propriedades da água, tornando-a inadequada para o consumo. Nesse caso, a água, mesmo estando disponível, quando consumida, pode acarretar diversos problemas de saúde (Silva; Oliveira; Mendes, 2020).

Desta forma, Lawrence, Meigh e Sullivan (2002) estabelecem que a condição de pobreza hídrica se manifesta quando as pessoas não têm este recurso para atender as necessidades básicas devido à indisponibilidade dele, seja devido à distância em relação do corpo hídrico, à degradação da qualidade da água ou à completa ausência de água. No mesmo estudo, os autores destacam que a existência de um abastecimento de água adequado e confiável, por si só, não é suficiente para indicar uma gestão eficiente da água, uma vez que as pessoas podem não ter acesso aos recursos hídricos devido aos baixos rendimentos e a outros fatores econômicos, ambientais e sociais. Por isso, a pobreza hídrica está frequentemente associada à pobreza e ao bem-estar humano (Ifabiyi; Oladele; Salau, 2020).

Entretanto, no trabalho conduzido por Komnenic, Ahlers e van der Zaag (2008), ao empregar o IPH em países com amplo acesso à água, foi observado que mesmo aqueles com baixa renda possuem acesso à água. Isso implica que a definição de pobreza hídrica proposta por Lawrence, Meigh e Sullivan (2002) não é universalmente aplicável, sugerindo a necessidade de aprimoramento dessa conceituação.

Em suma, pode-se inferir que a pobreza hídrica é um fenômeno multidimensional que se manifesta quando há insuficiência de água para atender às necessidades essenciais (Kallio *et al.*, 2017; Pan; Bosch; Ma, 2017). Essa problemática não se restringe apenas à disponibilidade de fontes hídricas, abarca também o acesso adequado a água limpa e não contaminada (Nadeem

Cheo; Shaoan, 2018). A pobreza hídrica transcende a mera escassez de água, demandando atenção especial para as dimensões econômicas e sociais da gestão dos recursos hídricos (Pan; Bosch; Ma, 2017), sendo necessário uma abordagem holística para entender essa problemática.

Dentro desse contexto, Reymão e Saber (2009) ilustram que no semiárido brasileiro, assim como em diversas regiões pobres do planeta, milhões de indivíduos enfrentam a falta de acesso à água potável. Isso não se deve exclusivamente à escassez, mas também a sérios problemas de gestão, como os elevados índices de perda dos sistemas de distribuição.

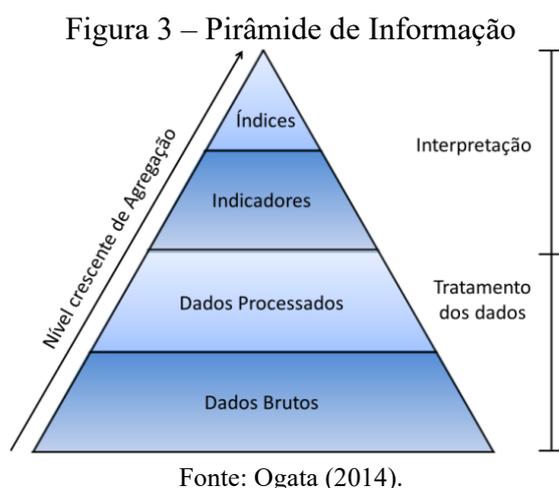
Silva, Oliveira e Mendes (2020) observam que a escassez e/ou contaminação afetam as pessoas de maneira desigual. As disparidades de renda, o acesso aos serviços públicos de abastecimento e a infraestrutura de saneamento podem mitigar ou intensificar os impactos da escassez e da contaminação nos serviços ecossistêmicos associados à água. Políticas públicas voltadas para o acesso a água, por exemplo, têm o potencial de possibilitar que famílias pobres, que residem em regiões com escassez de recursos hídricos, tenham acesso à água potável, apesar das limitações financeiras.

A água não se limita à higiene e ao saneamento, pois esse recurso natural é a essência da vida no planeta, e o acesso a ela é um direito humano fundamental (Ladi; Mahmoudpour; Sharifi, 2021). Ela desempenha um papel vital na promoção dos direitos humanos, na mitigação da pobreza, no aprimoramento da paz e da justiça e no fortalecimento da sustentabilidade (UNESCO, 2020).

3.3 ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA (IPH)

Para auxiliar o planejamento relacionado aos recursos hídricos e à pobreza, é essencial compreender todos os parâmetros envolvidos nesse processo. No entanto, a complexidade e a diversidade desses parâmetros frequentemente representam um desafio. Portanto, torna-se imperativo contornar com ferramentas que simplifiquem a identificação de prioridades de investimentos e que proporcionem uma avaliação mais precisa da eficiência dessas ações (Luna, 2007). Nesse cenário, os indicadores desempenham um importante papel ao descrever o sistema de interesse e extrair informações de vasta quantidade de dados. Para atender os objetivos do operador, é fundamental que esses indicadores sejam simples, mensuráveis, robustos e relevantes. Suas principais funções incluem simplificar os dados, quantificar parâmetros e comunicar informações de maneira eficaz (Feitelson; Chenoweth, 2002). De acordo com van Bellen (2007) os sistemas de indicadores são importantes na tomada de decisão, especialmente durante a fase de planejamento e desenvolvimento de políticas.

Dada a complexidade dos sistemas, é comum que um único indicador não seja suficiente para representar o sistema em sua totalidade. Assim, Maranhão (2007) destaca a possibilidade de agregar os dados na forma de um índice. Esse índice, sendo um valor escalar adimensional, resulta da combinação de indicadores, proporcionando uma representação concisa e objetiva de um sistema complexo (Maranhão, 2007; UNEP, 2007). A relação entre indicadores e índice fica mais evidente por meio da pirâmide da informação mostrada na Figura 3.



Nas últimas décadas, observou-se o desenvolvimento de diversos indicadores e índices destinados a avaliar a escassez e a vulnerabilidade da água, proporcionando aos gestores e ao público a obter uma imagem mais clara da situação prevalecente do sistema (Shalamzari; Zhang, 2018). Nesse aspecto, Brown e Matlock (2011) apresentaram uma descrição detalhada dos indicadores de sustentabilidade e gestão hídrica existentes, classificando esses índices em quatro categorias gerais, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Índices de sustentabilidade e gestão hídrica disponíveis

Categoria	Indicadores	Referência
Necessidades Humanas Básicas	Índice de Falkenmark	Falkenmark (1989)
	Índice Social de Estresse Hídrico	Ohlsson, Appelgren (1998)
	Disponibilidade de Recursos Hídricos e Importação de Cereais	Yang <i>et al.</i> (2003)
Vulnerabilidade de Recursos Hídricos	Índice de Vulnerabilidade de Recursos Hídricos	Raskin <i>et al.</i> (1997)
	Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas	Chaves, Alipaz (2007)
	Índice de Estresse no Abastecimento de Água	McNulty <i>et al.</i> (2010)
Necessidades Ambientais de Água	Impactos do Crescimento Populacional na Disponibilidade de Recursos Hídricos	Asheesh (2007)
	Indicador de Estresse Hídrico	Smalthin, Reveng, Doll (2004)
Análise do Ciclo de Vida e Avaliação da Pegada Hídrica	Índice de Escassez de Água	Pfister, Koehler, Hellweg (2009)
	Índice de Pegada Hídrica	Pfister, Koehler, Hellweg (2009)

Fonte: O autor com base em Brown e Matlock (2011)

A escassez de água é primeiramente relacionada à quantidade disponível de água e à demanda gerada pelo número de pessoas que a necessitam (Feitelson; Chenoweth, 2002). Entretanto, Savenije (2000) afirma que, salvo algumas exceções, a maioria dos indicadores mencionados anteriormente concentram-se principalmente na disponibilidade física de água, deixando de abordar diretamente a influência dos parâmetros sociais e econômicos. A consideração exclusiva da escassez física de água pode ser enganadora, pois alguns países que enfrentam escassez severa podem resolver o problema por meio da importação de água virtual (Ye *et al.* 2018; Chapagain; Hoekstra, 2008). Feitelson e Tubi (2017) citam exemplos de os países ricos e áridos, como os estados petrolíferos ao longo do Golfo Pérsico, que conseguem suprir suas necessidades hídricas através da importação de água virtual.

Na tentativa de superar essa lacuna relacionada aos indicadores de escassez e gestão da água, baseados no conceito de pobreza hídrica definido anteriormente e inspirando-se na abordagem de pobreza como privação de capacidades proposta por Sen (2010), pesquisadores do *Centre for Ecology and Hydrology Wallingford*, no Reino Unido, desenvolveram o Índice de Pobreza Hídrica (IPH) na década de 2000. Sullivan, Meigh e Fediw (2002a, 2002b) reforçam que a criação do IPH surgiu como uma resposta a deficiência identificada na literatura sobre pobreza hídrica, impulsionada pela necessidade de avaliar e monitorar os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio.

O objeto da pesquisa era realizar uma medida integrada da escassez de água, combinando estimativas de disponibilidade de água com variáveis socioeconômicas que indicam pobreza, a fim de avaliar a relação entre pobreza e disponibilidade de água (Komnencic; Ahlers; Van der Zaag, 2008; Mlote; Sullivan; Meigh, 2002). Durante o desenvolvimento do índice, os pesquisadores relações, tanto diretas quanto indiretas, entre o acesso à água e essas capacidades. Especificamente, identificaram uma ligação direta entre acessibilidade a este recurso natural e as capacidades de levar uma vida saudável e longa, bem como uma conexão indireta através da representatividade na gestão dos recursos hídricos com as capacidades de interação social e liberdade de expressão (Sullivan; Meigh; Fediw, 2002a). Ao desenvolver a metodologia do IPH, Sullivan (2001) caracterizou o índice como uma ferramenta política holística, fundamentada tanto nas ciências físicas quanto nas sociais, com aplicabilidade global. De acordo com a autora, o objetivo inicial do IPH é gerar um conjunto de indicadores de desempenho que orientem políticas em direção a metas específicas de bem-estar, especialmente no que se refere ao fornecimento de água, contribuindo para uma distribuição mais equitativa dos recursos hídricos.

A partir destes conceitos, diversas definições para o Índice de Pobreza Hídrica emergiram. Alguns autores o descrevem de forma simplificada, considerando-o como um índice que combina medidas de disponibilidade e acesso à água com a capacidade das pessoas em ter o acesso à água (Molle; Mollinga, 2003). Outros o veem como uma ferramenta interdisciplinar que conecta a disponibilidade de recursos hídricos com as necessidades humanas e ecológicas, abordando o impacto da escassez de água na população (Vyver, 2013; Luna, 2007; Lawrence *et al.*, 2002; Mlote; Sullivan; Meigh, 2002). Há também perspectivas que o consideram uma ferramenta útil para avaliação e análise de problemas relacionados à água, desempenhando um papel relevante na formulação de políticas, especialmente na distribuição de recursos e nos processos de priorização (Thakur *et al.*, 2017; Craswell *et al.*, 2007; Shalamzari; Zhang, 2018; El-Gafy, 2018; Huang *et al.*, 2017). Além disso, é visto como uma ferramenta capaz de relacionar a disponibilidade de água e variáveis socioeconômicas (Kallio *et al.*, 2017; Farolfi, 2011; Koirala *et al.*, 2020) e como um método importante para identificar os fatores que influenciam a pobreza, avaliar a extensão do estresse hídrico e desenvolver intervenções apropriadas em áreas necessitadas (Anju *et al.*, 2017; Fang *et al.*, 2016).

Ogata (2014), com base em Foguet e Garriga (2011), Garriga e Foguet (2010a), Mlote, Sullivan (2002) e Sullivan e Meigh (2003), resume todas essas definições e define o Índice de Pobreza Hídrica como uma ferramenta interdisciplinar e holística que integra dados das ciências naturais e sociais, abrangendo a disponibilidade de água, o uso produtivo dela, a capacidade das pessoas em acessá-la e os fatores ambientais sustentados por essa água, visando avaliar a pobreza hídrica de uma determinada região.

A equipe liderada por Sullivan (2002) demonstrou em seu estudo que o IPH pode ser construído por meio de quatro metodologias (Ogata, 2014; Sullivan; Meigh; Fediw, 2002a e 2002b):

- Abordagem de simples análise de tempo: Avalia a pobreza hídrica com base no tempo necessário para obter acesso a uma determinada quantidade de água per capita, considerando condições econômicas, ambientais, entre outras;
- Abordagem de matriz: Utiliza variáveis que representam disponibilidade com acesso e capacidade com uso, apresentando esses valores em uma matriz bidimensional. Essa abordagem fornece uma representação gráfica dos indicadores de pobreza hídrica, descrevendo a situação relativa do recorte estudado;
- Método do intervalo: Calcula o índice através de um padrão estabelecido para a quantidade de água necessária em atividades específicas, como a manutenção de

ecossistemas saudáveis, o bem-estar da comunidade, a saúde humana e a prosperidade da economia;

- Método do índice composto: Envolve a medição, ponderação e agregação de variáveis escolhidas para estimar a pobreza hídrica, resultando em um índice que varia entre 0 e 100, sendo os valores mais altos indicativos de menor pobreza hídrica.

Após testar diferentes metodologias e consultar especialistas, a equipe de Sullivan optou pelo índice composto, considerando a melhor opção para agrupar os dados físicos, econômicos e sociais (Sullivan; Meigh; Fediw, 2002a e 2002b; Cho; Owang, 2014). A credibilidade, disponibilidade e representatividade desses indicadores foram avaliadas e aprovadas por especialistas internacionais extensas consultas (Chen; Hsu; Chen, 2020). À medida que o índice foi sendo desenvolvido, a abordagem do índice composto foi se tornando o método mais conhecido, passando por melhorias que resultou num IPH agregado em cinco dimensões: Recurso (R), Acesso (A), Capacidade (C), Uso (U) e Meio Ambiente (E), conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Dimensões do Índice de Pobreza Hídrica

RECURSO	ACESSO	CAPACIDADE	USO	MEIO AMBIENTE
Ênfase na mensuração da disponibilidade física de água superficial e subterrânea	Avalia a acessibilidade da população em geral aos recursos hídricos, assim como a variabilidade desses recursos	Habilidade da população em gerir a água, incorporando variáveis relacionadas à renda, educação e saúde, podendo incluir também indicadores de participação pública na GRH	Avalia a quantidade efetiva de água sendo utilizada e extraída do sistema. Esse uso abrange o uso doméstico, agrícola e industrial	Examina indicadores ambientais relacionados ao abastecimento e a gestão da água, destacando a pressão das atividades humanas dos setores agrícola, industrial e doméstico sobre o ambiente.

Fonte: Adaptado de Prabha *et al.* (2020); Khadka; Pathak (2020); Lopez-Alvarez *et al.* (2020); Goel *et al.* (2020); Lawrence *et al.* (2002); Heidecke (2006); Liu *et al.* (2019); Sullivan; Meigh (2003); Sullivan; Meigh (2006); Sullivan; Meigh; Lawrence (2006); El-Gafy (2018)

Apesar de ser semelhante ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), esta dimensão concentra-se mais em indicadores que evidenciam a gestão da água e as capacidades institucionais da comunidade. Cada uma das cinco dimensões incorpora uma variedade de variáveis utilizadas para calcular o índice composto, podendo estas serem diretamente medidas, coletadas ou calculadas (Garriga; Foguet, 2013; Sullivan *et al.*, 2003). A seleção das variáveis para o índice varia, visto que os países podem abordagens distintas ao avaliar seu progresso no setor da água, e esses indicadores são determinados pela disponibilidade dos dados e pela estrutura econômica da região estudada (Garriga; Foguet, 2013; Kallio *et al.*, 2017). Desta forma, segundo a metodologia proposta por Sullivan (2002), as dimensões do índice são obtidas

por meio da agregação das variáveis e o Índice de Pobreza Hídrica é calculado por uma média aritmética ponderada das dimensões (Equação 1).

$$IPH = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_e E}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_e} \quad (1)$$

Em que, IPH é o Índice de Pobreza Hídrica, w_r é o peso atribuído ao componente Recurso, R é o componente Recurso, w_a é o peso atribuído ao componente Acesso, A é o componente Acesso, w_c é o peso atribuído ao componente Capacidade, C é o componente Capacidade, w_u é o peso atribuído ao componente Uso, U é o componente Uso, w_e é o peso atribuído ao componente Meio Ambiente e E é o componente Meio Ambiente.

Essa metodologia de agregação foi inicialmente empregada para desenvolver o IPH, contudo, outros métodos de agregação foram sugeridos ou experimentados por pesquisadores. Apesar de o IPH ser reconhecido como um índice abrangente e robusto, há uma constante busca por se aproximar de um índice ideal. Nesse sentido, diversas inovações foram propostas para revisão e aprimoramento (Zare-Bidaki; Pouyandeh; Zamani-Ahmadmahmoodi, 2023). Algumas versões mais recentes do IPH que foram implementadas incluem o IPH modificado (Van *et al.*, 2010), o IPH refinado (Jemmali; Sullivan, 2012), o IPH simplificado (Cho *et al.*, 2010), o IPH adaptado (Zhang *et al.*, 2015) e o IPH inclusivo (Kini, 2017).

Considerando a dinâmica dos recursos hídricos, que apresentam relações causais no ciclo hidrológico e nas interações socioeconômicas da bacia, Garriga e Foguet (2010a) introduziram o IPH aprimorado (eIPH). Nesse contexto, a metodologia do eIPH incorporou indicadores das dimensões do IPH original em um modelo Pressão-Estado-Resposta (PSR) (Foguet; Garriga, 2011). Essa metodologia reconhece que a condição de uma bacia hidrográfica resulta da pressão (da comunidade) e essa situação (indesejável e inapropriada) pode levar à formulação de políticas (protetoras e corretivas) (Zare-Bidaki; Pouyandeh; Zamani-Ahmadmahmoodi, 2023).

O modelo PSR abrange as inter-relações causais entre as dimensões do IPH e integra o ciclo político, desde a percepção do problema até a formulação de políticas, passando pelo monitoramento e avaliação de políticas (OCDE, 1993). A premissa é que ao colocar os indicadores dentro de uma cadeia causal, as relações de causa e efeito, assim como as interconexões entre os parâmetros, tornam-se óbvias (Garriga; Foguet, 2010a). Este conceito foi inicialmente explorado como base para uma estrutura de indicadores ligados a questões ambientais (EEA 2002; UNEP 2002; OECD 2003; Esty *et al.* 2005), sendo também

implementado de forma bem-sucedida no setor de água como suporte à gestão de bacias hidrográficas (Walmsley, 2002; Chaves; Alipaz, 2007; Chung; Lee, 2009).

Dentro da classificação PSR, os indicadores das dimensões do Índice de Pobreza Hídrica são categorizados em três grupos distintos, conforme proposto por Garriga e Foguet (2010a):

- Variáveis de pressão (P): Englobam as pressões exercidas sobre o meio ambiente, especialmente sobre os recursos hídricos. Essas pressões podem ser pressões indiretas, abrangendo as próprias atividades humanas, tendências de desenvolvimento e padrões significativos, e diretas, como a presença de conflitos ambientais.
- Variáveis de estado (S): Avaliam a condição atual dos recursos hídricos em termos de qualidade e quantidade, além de analisar as capacidades existentes para gerenciá-los adequadamente. Representam o estado presente em relação às principais questões que impactam a pobreza hídrica, refletindo o objetivo final das respostas da sociedade.
- Variáveis Resposta (R): Dizem respeito às respostas sociais, tanto individuais quanto coletivas, manifestadas em forma de legislação em níveis nacional e local, planos de gestão de bacias hidrográficas, monitoramento, pesquisa, entre outras medidas.

Ogata (2014) discute que, apesar de o IPH representar uma ferramenta útil para mensuração da pobreza ao considerar dimensões cruciais da escassez de água para a sociedade, ainda subsistem diversas limitações que necessitam de estudo e discussões para aprimorar a eficácia do índice. Em uma revisão abrangente da literatura sobre o tema, o autor destaca limitações relacionadas a:

- Escala espacial: Embora o IPH possa ser aplicado em diferentes escalas espaciais, porém, cada uma apresenta limitações distintas de análises (Sullivan; Meigh, 2003);
- Escala temporal: Existe dificuldade em acompanhar e quantificar a variação temporal dos recursos hídricos, pois a atualização dos dados hidrológicos (atualizados de forma contínua) e socioeconômicos não ocorrem no mesmo tempo (ocorre em décadas, através dos censos) (Garriga; Foguet, 2010a; Heidecke, 2006; Sullivan; Meigh, 2006);
- Ponderação dos componentes: A ponderação é realizada subjetivamente, baseada em critérios pessoais (Komnenic; Ahlers; Van der Zaag, 2008; Sullivan; Meigh; Lawrence, 2006; Sullivan; Meigh, 2006; Manandhar; Pandey; Kazama, 2011);
- Não padronização das variáveis: A ausência de padronização das variáveis pode resultar em redundância de informações dentro do IPH (Foguet; Garriga, 2011; Manandhar; Pandey; Kazama, 2011).
- Distinção entre IPH rural e urbano (Sullivan; Meigh, 2003).

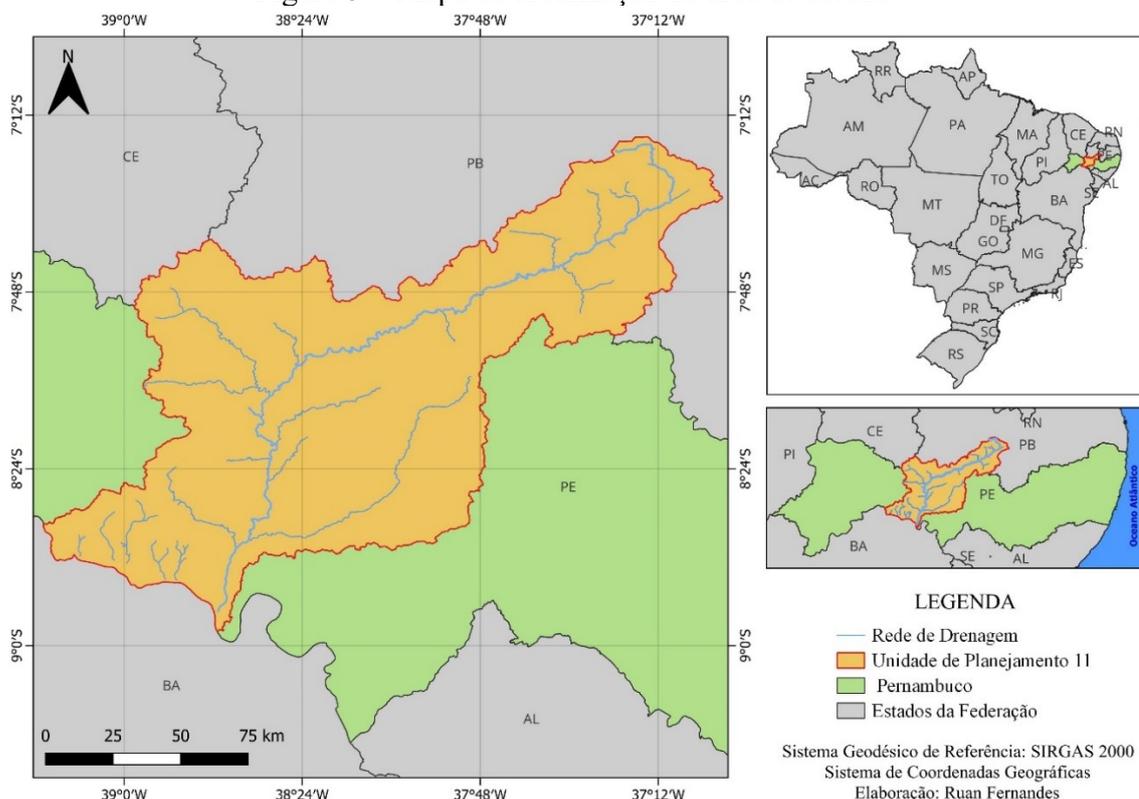
4 METODOLOGIA

Na seção de metodologia, delineiam-se as etapas para conduzir a pesquisa, fornecendo uma estrutura sólida para a coleta, análise e interpretação dos dados.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco de 2022 (PERH-PE) atualizou a organização territorial das Unidades de Planejamento Hídrico. Na nova divisão as Unidade de Planejamento 09 (Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú) foi fundida a Unidade de Planejamento 23 (Grupos de Bacias de Pequenos Rios Interiores 4) propostas no PERH-1998. Essa fusão se justifica pelo fato de que tanto os rios da bacia hidrográfica do rio Pajeú quanto os rios do GI4 desaguam no rio São Francisco, mais especificamente para o reservatório de Itaparica. Esse fator é a razão primordial para considerar essas áreas como uma única Unidade de Planejamento, a Unidade de Planejamento do Pajeú (UP11). Além disso, é importante ressaltar que a maior parte da adutora do Pajeú percorre essa região (Pernambuco, 2022a). Assim, a região de estudo deste trabalho abrange a UP11 proposta no PERH-2022 (Figura 5).

Figura 5 – Mapa de localização da área de estudo



Fonte: O autor (2024)

A Unida de Planejamento 11 encontra-se situada na porção central do Estado de Pernambuco com toda a área localizada na região do semiárido e pertencente a Região do Submédio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Delimitada pelas coordenadas 7°16'20" e 8°52'48" de latitude sul, e 37°00'00" e 39°15'00" de longitude oeste, está inserida nas mesorregiões do Sertão Pernambucano e do São Francisco Pernambucano. Ao norte, a UP11 faz divisa com os estados do Ceará e Paraíba, ao sul com o estado da Bahia e a Unidade de Planejamento do Moxotó (UP10), a leste com a UP10 e o estado da Paraíba, e a oeste com a Unidade de Planejamento Terra Nova (UP11).

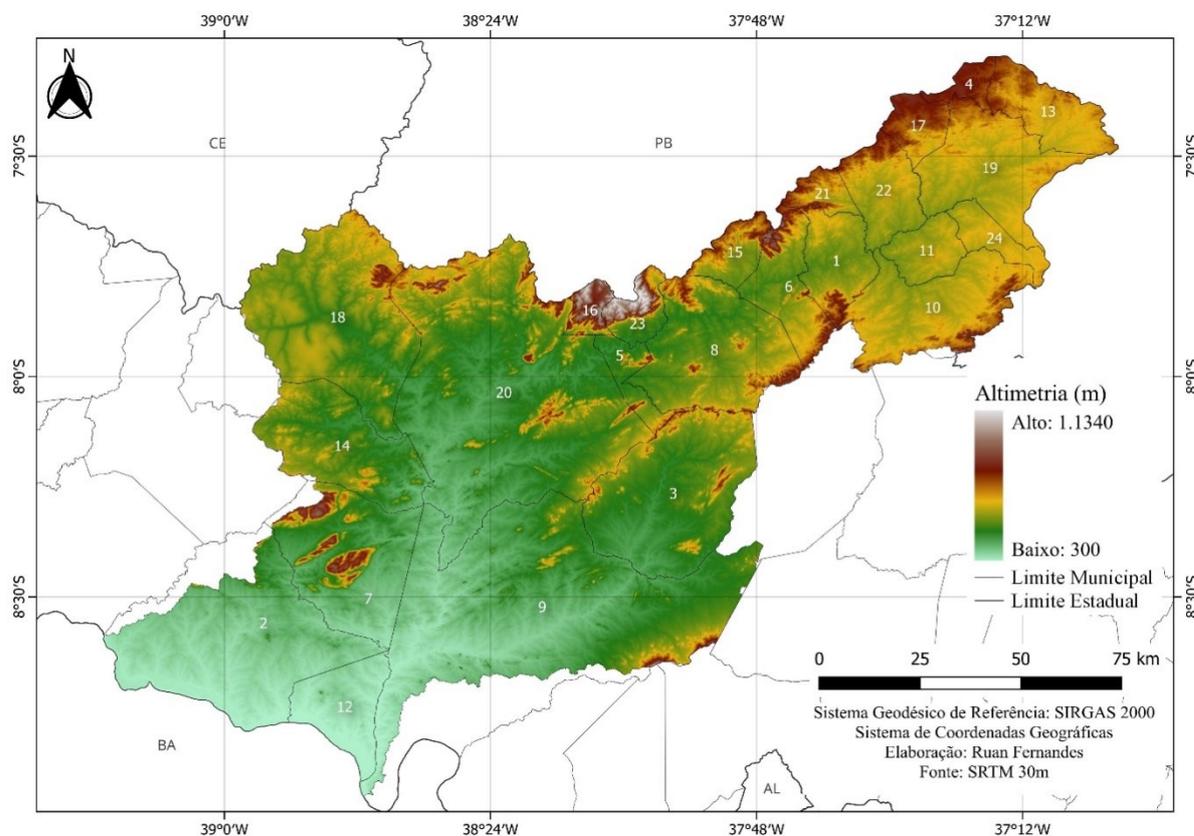
A área abrange aproximadamente 18.388,57 km², correspondendo a 18,7% da área total do estado. Sua área de drenagem inclui um total de 26 municípios, sendo que 20 deles têm seus territórios totalmente inserido na UP11 (Tabela 1). Isso se deve ao fato de os limites das bacias não coincidirem com os limites municipais (Pernambuco, 2022a, APAC, 2019). Para esse estudo foram considerados como área de estudo apenas os municípios que possuíam mais de 80% da sua área inserida dentro da UP11 (Figura 6).

Tabela 1 - Municípios inseridos na Unidade de Planejamento 11

Nº	Município	Área total (km ²)	Área Inserida na UP (km ²)	Área Inserida na UP (%)
1	Afogados da Ingazeira	378,9	378,9	100,0%
2	Belém de São Francisco	1832,1	1544,1	84,3%
3	Betânia	1244,0	1244,0	100,0%
4	Brejinho	106,4	103,7	97,5%
5	Calumbi	221,0	221,0	100,0%
6	Carnaíba	437,1	425,4	97,3%
7	Carnaubeira da Penha	1009,6	960,0	95,1%
8	Flores	954,0	950,9	99,7%
9	Floresta	3643,9	2944,3	80,8%
10	Igaraci	837,0	817,3	97,6%
11	Ingazeira	244,2	244,2	100,0%
12	Itacuruba	430,7	430,7	100,0%
13	Itapetim	404,8	400,1	98,9%
14	Mirandiba	808,7	803,4	99,3%
15	Quixaba	209,7	208,2	99,3%
16	Santa Cruz da Baixa Verde	115,7	110,2	95,2%
17	Santa Terezinha	194,7	192,4	98,8%
18	São José do Belmonte	1481,9	1469,9	99,2%
19	São José do Egito	793,0	787,4	99,3%
20	Serra Talhada	2981,3	2975,4	99,8%
21	Solidão	138,4	137,7	99,5%
22	Tabira	388,5	388,0	99,9%
23	Triunfo	192,1	189,9	98,8%
24	Tuparetama	185,0	184,2	99,6%
25	Custódia	1403,3	164,6	11,7%
26	Ibimirim	2034,5	5,2	0,3%
Total			18.388,57	

Fonte: O autor com base em APAC (2015)

Figura 6 – Mapa altimétrico e divisão político-administrativa da área de estudo

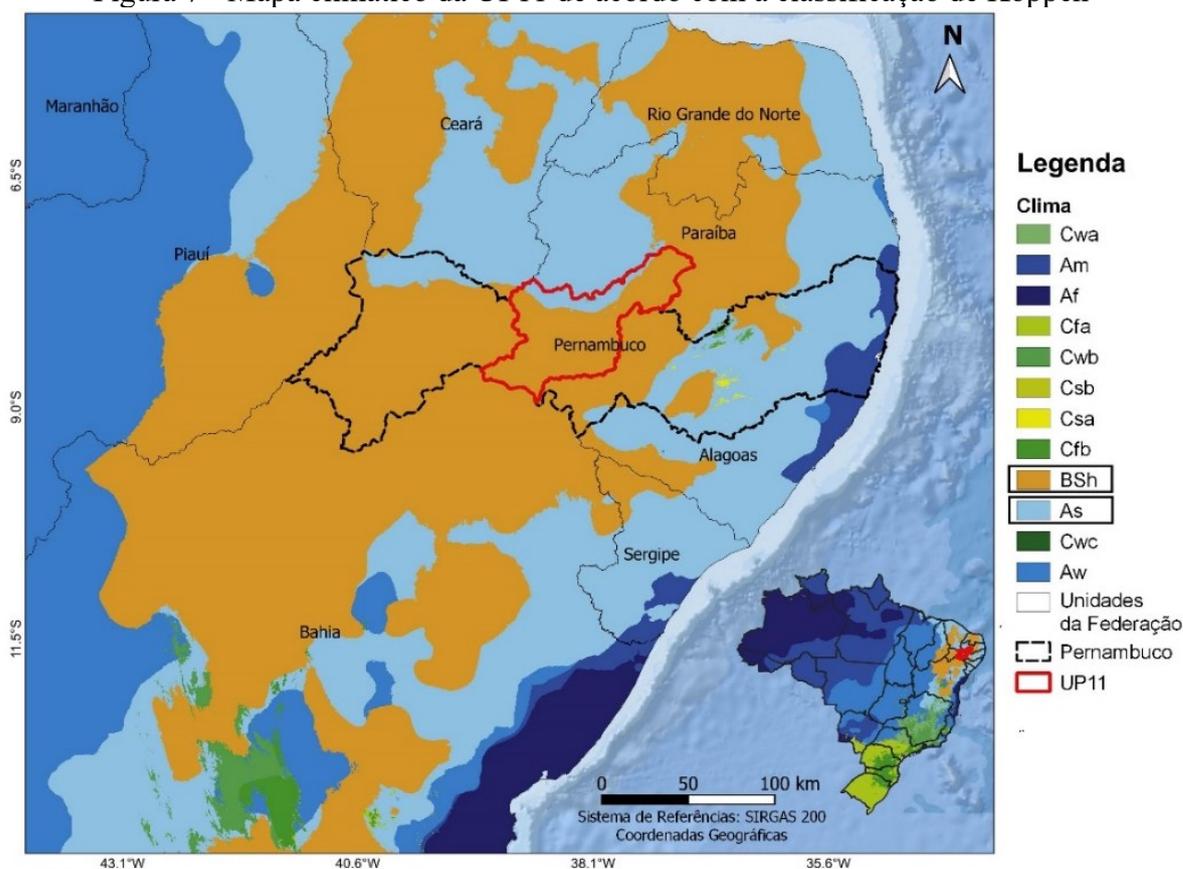


Fonte: O autor (2024)

Essa região é caracterizada pela grande irregularidade das precipitações pluviométricas, com totais pluviométricos anuais oscilando entre 350 e 1250mm (APAC, 2023). Um exemplo dessa irregularidade pluviométrica é o município de Triunfo ao norte da UP11, que devido à elevada altitude nessa região, a umidade do ar se eleva, resultando a um acumulado de chuva anual que chega a 1250mm (Porto et al, 2022). Na porção mais a sul, próximo ao São Francisco, predominam totais anuais entre 350 e 600mm (APAC, 2023).

O período chuvoso abrange os meses de janeiro a abril. Neste período, as chuvas, associadas às elevadas temperaturas e à radiação solar intensa, provocam um aumento tanto da evaporação quanto da transpiração na área, mesmo durante a estação chuvosa (Tavares, 2023). O período seco varia entre 7 e 10 meses com semiaridez acentuada na porção mais ao sul (Porto et al, 2022). O clima na região é, predominantemente, classificado conforme a categoria BSh de Köppen, caracterizando-se como semiárido de baixas latitudes e altitudes (Figura 7), com temperatura anual média variando entre 20 °C a 27°C (APAC, 2023).

Figura 7 - Mapa climático da UP11 de acordo com a classificação de Köppen

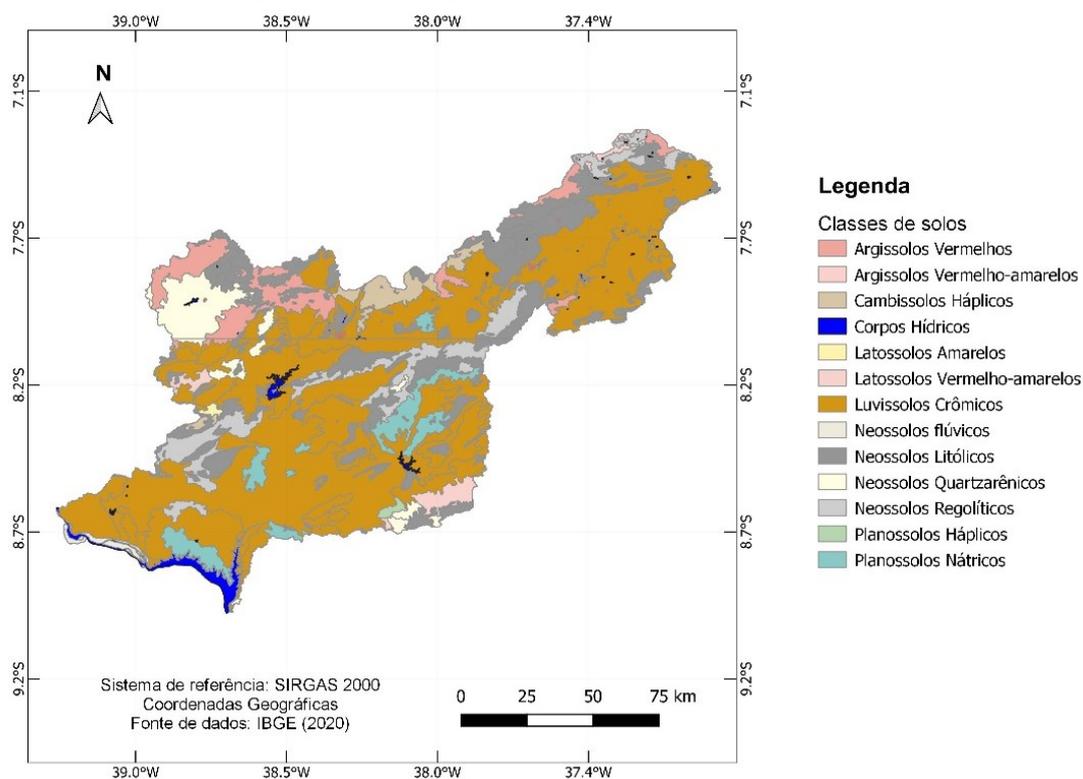


Fonte: O autor (2024)

As características do relevo e a predominância do clima semiárido durante grande parte do ano são fatores locais que exercem influência na formação e ocorrência de diversas classes de solos na região (Feitosa, 2012). A origem dos solos na área é principalmente atribuída ao intemperismo físicos, resultado da ação das altas temperaturas do sol sobre as rochas cristalinas. Esse processo induz fenômenos de dilatação e fragmentação, contribuindo para formação do solo (EMBRAPA, 2018).

Na bacia do Rio Pajeú, os solos se distribuem em dois domínios morfoestruturais distintos (Figura 8). O primeiro está associado às áreas mais altas do Planalto da Borborema, onde prevalecem os Neossolos Litólicos, caracterizados por serem rasos e com fertilidade natural variável; e os Argissolos, que possuem boa profundidade e fertilidade natural com ampla variação. O segundo domínio morfoestrutural relaciona-se com regiões mais planas e predominantemente rebaixadas, como na Depressão Sertaneja, onde os solos incluem Planossolos, com fertilidade natural muito variável, e Luvisolos, caracterizados por sua superficialidade (EMBRAPA, 2018). Além disso, encontram-se em menor quantidade cambissolos, neossolos flúvicos e latossolos (EMBRAPA, 2018).

Figura 8 - Pedologia da Unidade de Planejamento 11



Fonte: O autor (2024)

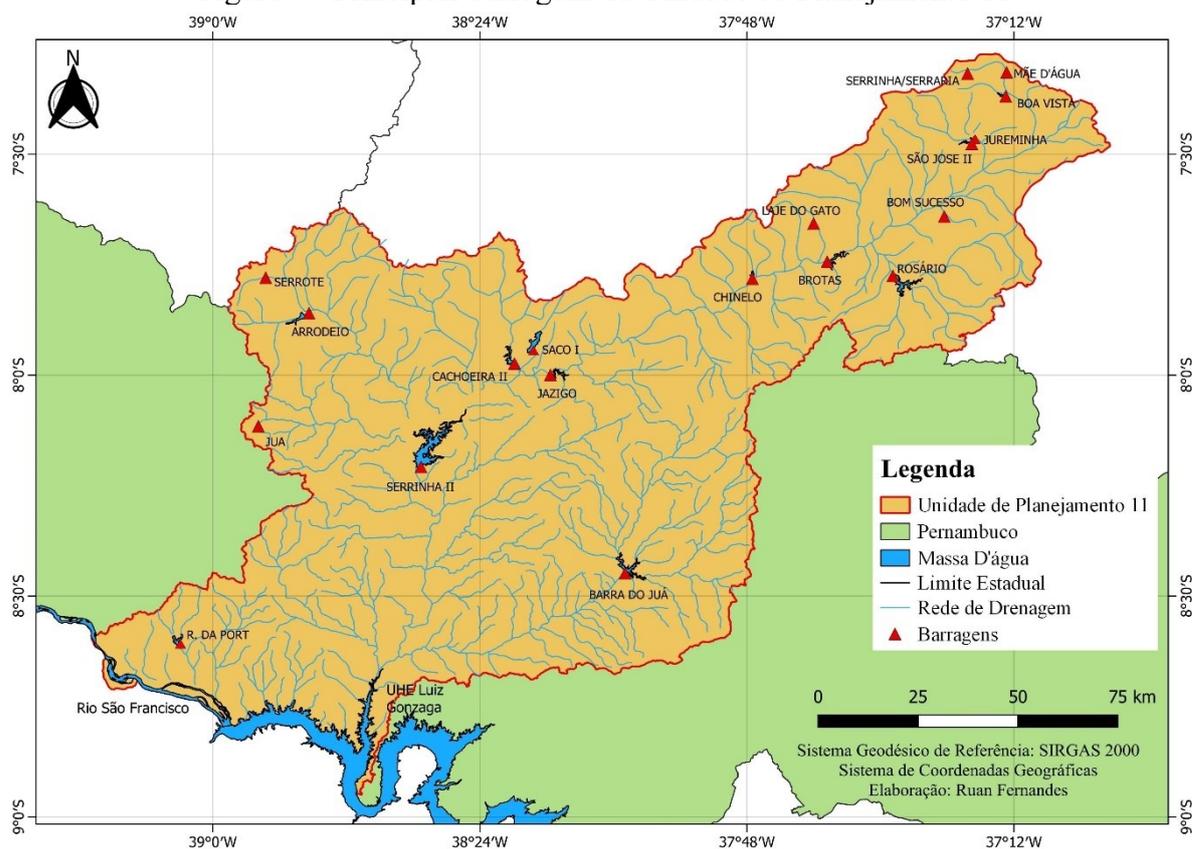
No que diz respeito a cobertura vegetal, a Caatinga se destaca como a vegetação predominante na região, sendo o único bioma brasileiro e um dos mais extensos (Ribeiro, 2016). Essa vegetação é caracterizada por sua resiliência frente à escassez hídrica e na área em questão, ela é representada pela Caatinga Hiperxerófila, que se subdivide em três tipos fisionômicos, determinados pela hierarquia topográfica, relevo, embasamento geológico, solo e umidade (Feitosa, 2012). Essas categorias compreendem a Caatinga arbórea, a Caatinga arbóreo-arbustiva e a Caatinga arbustiva.

Por outro lado, nas áreas de maior altitude, como nos municípios de Triunfo, Santa Cruz da Baixa Verde e Flores, a Caatinga assume a designação de subcaducifólia, devido ao regime pluviométrico mais abundante e às temperaturas mais amenas associadas a este microclima de altitude encontrado na bacia do rio Pajeú (CONDEPE, 2006).

O Rio Pajeú, que é o principal rio da UP11, tem sua nascente na serra do Balanço, localizada no município de Brejinho, próximo aos limites entre os estados de Pernambuco e Paraíba, a uma altitude aproximada de 800m (Gonçalves, 2019). Ao longo de uma extensão de aproximadamente 353 km, o rio inicialmente segue no sentido nordeste-sudoeste, desaguando finalmente no lago de Itaparica, sendo este o maior afluente do rio São Francisco (APAC, 2019).

O regime fluvial do Rio Pajeú é caracterizado por sua intermitência, sendo influenciado pela época chuvosa, durante a qual as águas fluem pela superfície. Durante a estiagem, o rio aparenta desaparecer, embora esteja, na realidade, submerso em baixios, formando um lençol freático com pouca reserva hídrica (Araújo, 2011). Ao longo do seu trajeto, o rio margeia as cidades de Itapetim, Tuparetama, Ingazeira, Afogados da Ingazeira, Carnaíba, Flores, Calumbi, Serra Talhada e Floresta. Seus principais afluentes, pela margem direita, incluem os riachos Tigre, Barreira, Brejo, São Cristóvão e Belém, e pela margem esquerda, os riachos do Cedro, Quixabá, São Domingos, Poço Negro e do Navio (APAC, 2019). Devido à intermitência do regime fluvial do seu principal rio, a Unidade de Planejamento 11 destaca-se como a região com a maior concentração de barragens (Figura 9), conforme indicado pelo PERH-2022 (Pernambuco, 2022b).

Figura 9 - Principais barragens da Unidade de Planejamento 11



Fonte: O autor (2024)

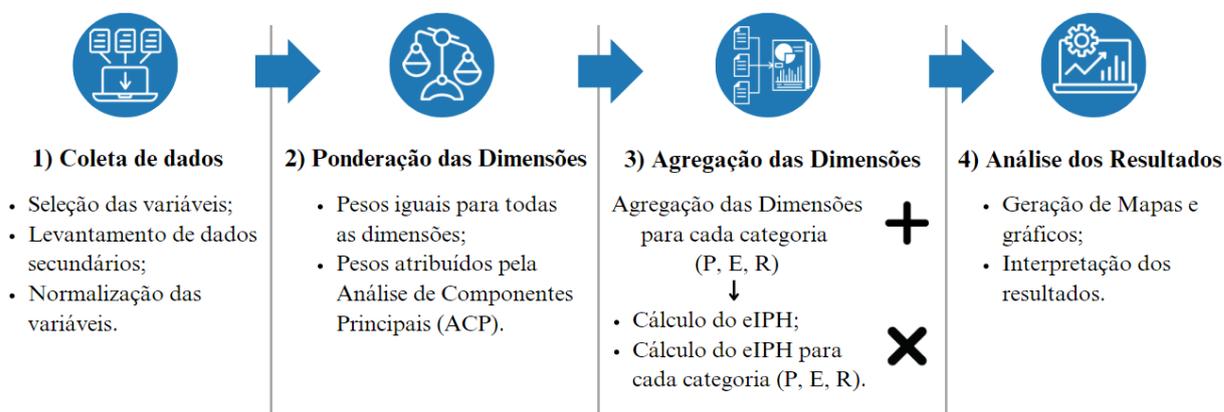
São 63 barragens fiscalizadas, sendo 58 pela Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC), 4 pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e 1 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A maioria desses reservatórios são considerados de

regularização interanual, com destaque para o açude o Serrinha II, que possui uma capacidade de 311.080.000 m³ e está localizado no município de Serra Talhada.

4.2 ETAPAS METODOLÓGICAS

O fluxograma apresentado na Figura 10 sintetiza as principais etapas metodológicas empregadas para a análise da pobreza hídrica de forma multidimensional na Unidade de Planejamento do Pajeú (UP11). Este processo envolve a aplicação do Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado (eIPH), adaptado para área de estudo com base na metodologia apresentada por de Foguet e Garriga (2011). Ao fim do fluxo de trabalho foi possível obter uma compreensão holística e detalhada das múltiplas facetas da pobreza hídrica na região, integrando diversos indicadores e considerando as complexas inter-relações entre fatores socioeconômicos, ambientais e de infraestrutura.

Figura 10 – Etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: O autor (2024)

4.2.1 Seleção das Variáveis

A seleção das variáveis foi conduzida através de uma avaliação da lista de variáveis empregadas em estudos anteriores que desenvolveram a metodologia do Índice de Pobreza Hídrica nas suas diversas formas. Este processo envolveu uma análise crítica, com o objetivo de escolher aquelas mais apropriadas às particularidades da área de estudo retratadas acima. Além disso, foram levados em consideração critérios como a disponibilidade de um banco de dados confiável e características essenciais para um indicador robusto, tais como relevância, viabilidade, acessibilidade, confiabilidade. A relação das variáveis escolhidas encontra-se no Quadro 3.

Quadro 3 - Variáveis selecionadas para desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica aprimorado (eIPH)

Dimensão	Pressão	Estado	Resposta
<i>Recurso</i>	RP01 – Taxa de Crescimento Populacional (%) (2010-2022) RP02 - Ocorrências de seca nos últimos 4 anos (qualitativo) (2020) RP03 - Vulnerabilidade do manancial (qualitativa) (2021)	RE01 - Disponibilidade per capita de água (m³/ano) (2021) RE02 - Coeficiente de variação da precipitação (%) (1990-2020)	RR01 – Planejamento em produção de água (qualitativo) (2021) RR02 – Existência de Plano de Contingência e/ou Preservação para a seca (qualitativo) (2020)
<i>Acesso</i>	AP01 – População abastecida por carro pipa ou água da chuva armazenada (%) (2022) AP02 – Taxa de variação no acesso a água potável (%) (2010-2022)	AE01 - População com acesso a água potável (%) (2022) AE02 - População com acesso a esgotamento sanitário (%) (2022)	AR01 - Investimento em serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário (R\$/hab.) (2021-2033)
<i>Uso</i>	UP01 - Perda física na distribuição (%) (2022) UP02 - Consumo em função da retirada no uso agropecuário (%) (2021) UP03 - Consumo em função da retirada no uso industrial (%) (2021)	UE01 - Consumo per capita de água (l/hab.dia) (2022) UE02 - Eficiência monetária do uso agropecuário (R\$/m³) (2021) UE03 - Eficiência monetária do uso industrial (R\$/m³) (2021)	UR01 - Projeção do uso agropecuário (%) (2021-2030) UR02 - Projeção do uso industrial (%) (2021-2030)
<i>Capacidade</i>	CP01 - População cadastrada no CadÚnico (%) (2022) CP02 - Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental (por 100mil hab.) (2020)	CE01 - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) (2016) CE02 - Índice de GINI (2010) CE03 - Participação no Comitê de Bacia Hidrográfica e Conselho Gestor de Açudes (membros) (2022/2025)	CR01 - Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) (2021) (qualitativa) CR 02 - Orçamento per capita para saúde (R\$/hab) (2019)
<i>Meio Ambiente</i>	EP01 - Índice de Tratamento de Esgoto Gerado (%) (2022) EP02 - Crescimento da área para uso agropecuário (%) (2010-2022)	EE01 - Porcentagem de Cobertura Vegetal (%) (2022) EE02 - Índice de Qualidade da Água (IQA) (2023)	ER01 – Existência de legislação ou instrumento de gestão ambiental (qualitativa) (2020)

Fonte: O autor (2024)

4.2.2 Levantamento de dados secundários:

Uma das principais características do Índice de Pobreza Hídrica reside no uso de variáveis provenientes de dados secundários em seu desenvolvimento, buscando otimizar a eficiência financeira do processo. A escala temporal das variáveis apresentadas na Tabela 4 abrange o período de 2010 a 2022, alinhando-se com os anos de realização dos últimos dois censos demográficos do Brasil.

Dessa forma, os dados secundários desta pesquisa foram levantados por meio do levantamento bibliográfico e documental e coletados a partir de dados abertos de instituições

de órgãos confiáveis como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC), a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), a Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco (Seinfra-PE), o Ministério da Saúde, o Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome, o Ministério das Cidades, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan), Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep).

4.2.2.1 Variáveis da Dimensão Recurso

Na categoria Pressão dessa dimensão, a primeira variável selecionada foi a taxa de crescimento populacional (RP 01), tendo como base os dados extraídos dos últimos dos censos demográficos brasileiros (2010 e 2022) divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A taxa de crescimento populacional foi calculada como a razão entre a diferença na quantidade de habitantes no município em 2022 e em 2010, dividida pela quantidade de habitantes em 2010 multiplicado por 100.

Por ser um fator de pressão em relação aos recursos hídricos, quanto maior o valor da taxa de crescimento populacional mais próximo de 1,0 será o valor da variável. Municípios que registraram uma redução na população durante o período observado tiveram atribuídos o valor 0,0 para esta variável.

A segunda variável da categoria Pressão na dimensão Recursos é a ocorrência de secas nos últimos quatro anos (RP 02). Este dado foi levantado pelo IBGE junto aos municípios brasileiros no âmbito da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC), que em 2020 contemplou a categoria de Gestão de Riscos e Desastres. A variável indica se o município foi atingido pela seca nos últimos 4 anos, sendo atribuídos o valor 1,0 para os municípios que apresentaram resposta *sim* para variável e o valor 0,0 para municípios que apresentaram resposta *não* para a variável.

A pesquisa MUNIC 2020 abordou questões ligadas a gestão de riscos e de desastres, visando fornecer estatísticas sobre os eventos que representam riscos na área dos Municípios como secas, alagamentos, enchentes ou inundações, deslizamento de encostas dentre outros. As informações coletadas abordam aos principais eventos que resultaram em desastres naturais, nos últimos quatro anos (2017, 2018, 2019 e 2020), sendo a prefeitura a principal informante, através dos diversos setores que a compõem (IBGE, 2021).

A terceira variável da categoria Pressão diz respeito a vulnerabilidade dos mananciais que abastecem cada município (RP 03). Os dados qualitativos correspondentes foram extraídos do Atlas das Águas (ANA, 2021), que utiliza uma metodologia na qual os mananciais são classificados a partir de três avaliações sucessivas e complementares de vulnerabilidade: i) a classificação municipal do Índice de Segurança Hídrica para a Dimensão de Resiliência (ISH-S); ii) a relação entre oferta e demanda; e c) o porte do manancial. Dessa forma, os mananciais são categorizados em quatro níveis não vulnerável, baixa vulnerabilidade, média vulnerabilidade e alta vulnerabilidade.

Na categoria Estado, primeira variável é a disponibilidade hídrica per capita (RE 01), calculada como a relação entre a vazão média anual de um corpo d'água superficial ou um aquífero e população que se beneficia dela, com dados provenientes do Atlas das Águas (ANA, 2021), do PERH-PE (Pernambuco, 2022b) e do Censo Demográfico 2022 (IBGE, 2022). Essa variável indica a quantidade de água disponível para cada habitante.

A segunda variável nesta categoria está relacionada ao coeficiente de variação da precipitação (RE 02). Para calcular este coeficiente para a região de estudo, foram utilizados como base dados diários de precipitação extraídos do *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BR-DWGD), desenvolvido por Xavier *et al.* (2022). Os dados meteorológicos diários brasileiros em grade foram calculados pelos pesquisadores através da interpolação de dados de 3.625 pluviômetros e 735 estações meteorológicas fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Esse conjunto de dados abrange o período de janeiro de 1961 a dezembro de 2022, com resolução espacial de $0,1^\circ \times 0,1^\circ$. Ele tem sido amplamente utilizado em diversos estudos como uma fonte confiável de observações de superfície (Herdies *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023; Rocha Júnior *et al.*, 2019; Tomasella *et al.*, 2022; Moura *et al.*, 2023). Para mais detalhes sobre este conjunto de dados e o método de interpolação podem ser encontrados em Xavier *et al.* (2016, 2022).

Para obter os dados de precipitação para cada município do estado de Pernambuco, foi realizado o cálculo da média das precipitações usando como referência o arquivo vetorizado que delimita os limites municipais, fornecido pelo IBGE. Os valores diários de precipitação foram acumulados em dados anuais de precipitação para os anos de 1990 a 2020, a partir dos quais foram obtidos o coeficiente de variação da precipitação para cada município.

Na dimensão Recurso da categoria Resposta, foi selecionada a variável qualitativa planejamento em produção de água (RR 01). Esta variável tem como base de dados o Atlas das

Águas (ANA, 2021), que buscou identificar as soluções planejadas ou em andamento, alinhadas aos problemas de produção de água identificados.

A partir das análises sobre a vulnerabilidade dos mananciais e dos sistemas produtores de água, o estudo avaliou a efetividade do planejamento vigente e sua contribuição para resolver os problemas de segurança hídrica identificados, com o objetivo de garantir o atendimento pleno da população urbana até 2035 (ANA, 2021). Dessa forma, essa variável está diretamente relacionada ao aumento da disponibilidade hídrica. Seguindo este procedimento metodológico, a efetividade do planejamento em vigor é classificada em quatro categorias, conforme descrito no Atlas das Águas (ANA, 2021):

- i) Infraestrutura recomendada: a intervenção proposta é diretamente pertinente ao problema identificado. Não há dúvidas sobre ela ou restando, resultando apenas pendências de menor relevância;
- ii) Infraestrutura potencial com estudo complementar: a intervenção proposta, em princípio, parece ser solução adequada, porém ainda carece de uma consolidação mais robusta, exigindo estudos adicionais para sua implementação;
- iii) Infraestrutura que requer estudo de alternativas: não foi identificada nenhuma proposta de intervenção específica para resolver o problema, o que indica necessidade de explorar diferentes opções para encontrar uma solução viável;
- iv) Sem necessidade de infraestrutura: não há indicação da necessidade de infraestrutura complementar para produção de água, sugerindo que as condições atuais são adequadas para atender às demandas existentes.

Dentro do contexto da categoria Resposta, a variável RR 02 indica se o município possui Plano de Contingência e/ou Preservação para a Seca. Essa informação foi coletada junto aos municípios brasileiros no âmbito da pesquisa MUNIC-2020. O IBGE investigou a existência de instrumentos de planejamento e gestão de riscos ou fatores preventivos, os quais contribuem para reduzir o grau de vulnerabilidade, uma vez que fortalecem a resiliência e a capacidade de resposta da sociedade diante dos perigos existentes nos Municípios (IBGE, 2021). Os municípios que responderam afirmativamente a essa variável foram atribuídos com o valor de 1,0, enquanto aqueles que responderam negativamente receberam o valor 0,0.

4.2.2.2 Variáveis da Dimensão Acesso

O uso comum de cisternas pela Operação Carro Pipa e pelo programa Um Milhão de Cisternas, que tem como principal objetivo a captação de água de chuva, pode representar risco

à saúde, devido a captação inadequada e ao armazenamento destas águas, que podem ser veículos de doenças como hepatites, febre tifoide e diarreias. (BRASIL, 2017; Pires, 2023). Durante períodos chuvosos, quando as cisternas recebem água da chuva, a falta de barreiras sanitárias na captação dessa água e de tratamentos adequados antes do consumo pode colocar em risco a saúde da população que as consome (Pires, 2023).

Apesar de ser uma solução prática em situações de críticas, a Operação Carro Pipa pode acarretar problemas para a saúde a curto e longo prazo, pois muitas das fontes hídricas utilizadas para abastecer os tanques dos caminhões não atendem plenamente aos padrões de segurança estabelecidos pelo Ministério da Saúde (Amorim; Porto, 2003; Andrade et. al., 2017; Maciel, 2019). Além disso, embora o cloro seja adicionado pelos operadores para desinfecção, em águas captadas de mananciais superficiais, a operação não realiza a filtração, deixando essa responsabilidade para a população atendida. A filtração é essencial para reduzir a turbidez e os microrganismos para a ação efetiva do cloro (BRASIL, 2015; Pires, 2023).

Assim, diante da incerteza quanto à qualidade da água fornecida por esses sistemas alternativos, a proporção da população atendida por carro-pipa e/ou que fazem captação de água da chuva foi tratado como uma variável de pressão na dimensão Acesso (AP 01). Essa informação foi coletada nos dados do Censo Demográfico 2022 divulgados pelo IBGE (2022).

A segunda variável analisada na categoria Pressão retrata o progresso dos municípios na garantia do acesso universal à água potável para população. Essa variável é representada pela taxa de variação no acesso a água potável entre os anos de 2010 e 2022 (AP 02). Essa taxa é calculada como a razão entre a diferença do percentual da população com acesso à água em 2022 e o percentual a população com acesso à água em 2010, e o percentual a população com acesso à água em 2010. Os dados utilizados para o cálculo foram obtidos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

Na categoria Estado da dimensão Acesso, as variáveis selecionadas indicam o percentual da população com acesso à água potável (AE 01) e o percentual da população com acesso ao esgotamento sanitário (AE 02). Ambas são fundamentais para o cálculo do índice e são consistentemente utilizadas nas diversas implementações do Índice de Pobreza Hídrica e suas variações. Os dados utilizados para estas variáveis são divulgados pelo SNIS no ano de 2022.

A variável investimento em serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário (AR 01) da categoria Resposta indica qual o montante previsto para investimento nesses serviços em cada município entre os anos de 2021 e 2033. O total projetado de investimento foi divulgado pela Agência de Regulação de Pernambuco (ARPE) em um Relatório de

Requerimento de Comprovação de Capacidade Econômico-Financeira da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), visando demonstrar a capacidade de assegurar o cumprimento das metas de universalização previstas na Lei Nacional de Saneamento Básico (LNSB) (ARPE, 2022).

A variável AR 01 foi calculada como o valor total investido em reais por habitante que ainda não tinha acesso aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com base nos dados de índice de atendimento divulgado pelo SNIS em 2020 e nas metas de atendimento de 100% e 90%, respectivamente. Por não terem dados relacionados ao investimento nesses serviços, os municípios de Carnaubeira da Penha e Santa Cruz da Baixa Verde receberam pontuação nula nessa variável.

4.2.2.3 Variáveis da Dimensão Uso

A categoria pressão da dimensão Uso é composta de três variáveis: o percentual de perda na distribuição em redes de abastecimento de água potável (UP 01), o percentual da água consumida em função da retirada no uso agropecuário (UP 02) e o percentual da água consumida em função da retirada no uso industrial (UP 03).

Os dados para a primeira variável tiveram como fonte as informações do ano de 2022 divulgadas pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, no qual os prestadores de serviço de abastecimento de água dos municípios registram o percentual de água potável não contabilizada ou perdida na distribuição. É essencial que as empresas responsáveis pelo abastecimento busquem constantemente altos níveis de eficiência, garantindo assim a capacidade de oferecer o melhor serviço aos usuários (Corrêa *et al.*, 2021). As perdas não apenas impactam negativamente o faturamento das empresas, mas também prejudicam sua reputação perante a sociedade, órgãos ambientais e poder público (Souza *et al.*, 2020).

As variáveis UP 02 e UP 03 foram obtidas a partir de dados da Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água (BD-Usos), que faz parte do Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil elaborado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Este Manual proporciona uma nova base técnica sobre os usos da água no Brasil, abrangendo tanto os aspectos metodológicos quanto os resultados gerados e suas aplicações (ANA, 2019a). Os dados utilizados são da segunda edição do BD-Usos nomeada como Usos Consuntivos da Água no Brasil (1931-2030) para o ano de 2021.

Na categoria Estado da dimensão Uso, foram escolhidos os usos doméstico, agropecuário e industrial para análise, por serem os mais representativos na região estudada.

Para representar o uso doméstico, foi utilizado o indicador de consumo per capita de água (UE 01), que avalia a eficiência desse uso ao medir a quantidade diária de água consumida por pessoa na população atendida pelo abastecimento de água. Esses dados foram obtidos junto ao SNIS para o ano de 2022.

Para avaliar a eficiência do uso agropecuário, foi escolhida a variável eficiência monetária do uso agropecuário, que avalia a utilização dos recursos hídricos nesse setor com base em valores monetários. Essa métrica é calculada pela razão entre a riqueza gerada pelas atividades agropecuária e o volume de água utilizado. Os dados sobre a riqueza gerada pela agropecuária foram obtidos do valor bruto adicionado do PIB do setor da agropecuária, conforme publicado pelo IBGE para o ano de 2021. Já os dados relativos à quantidade de água utilizada na agropecuária foram extraídos da segunda edição da Base Nacional de Referência de Usos Consuntivos da Água para o ano de 2021.

De modo semelhante, para avaliar a eficiência do setor industrial, utilizou-se a variável de eficiência monetária do uso industrial. Essa variável quantifica a riqueza gerada por metro cúbico de água utilizada na indústria, calculada pela razão entre a riqueza gerada e o volume de água retirada por esse setor. Os dados que compõem a variável de eficiência monetária do uso industrial têm a mesma origem que os dados da variável eficiência monetária do uso agropecuário para o ano de 2021.

Na categoria Resposta, foram avaliadas as projeções de uso de água nos setores agropecuário (UR 01) e industrial (UR 02) com base nos dados da segunda edição do BD-Usos. A análise buscou determinar a diferença percentual desses usos considerando os anos de 2021 e 2030, observando-se se houve projeções de aumento ou redução no uso de água pelos municípios nos referidos setores. Essas projeções são cruciais devido ao impacto direto que o aumento no uso de água pode ter nos recursos hídricos da região.

4.2.2.4 Variáveis da Dimensão Capacidade

Na análise da dimensão Capacidade a primeira variável da categoria Pressão é o percentual da população municipal cadastrada no Cadastro Único do Governo Federal (CP 01). Esta ferramenta, utilizada nos Programas Sociais do Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome, identifica e caracteriza as famílias de baixa renda em todo o país, proporcionando uma compreensão abrangente da população mais vulnerável. Os dados são provenientes da Matriz de Informação Social (MI) da Secretaria Nacional de Renda e Cidadania (SENARC) para o ano de 2022.

O aumento da população e a expansão desordenada das cidades têm um impacto significativo tanto no meio ambiente quanto na qualidade de vida das pessoas (TUCCI, 2010). Apenas no primeiro trimestre de 2020, mais de 40 mil leitos foram ocupados para tratar pacientes afetados por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI), representando cerca de 4,2% dos leitos do SUS. Essas condições são especialmente prevalentes nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (BRASIL, 2020).

Deste modo, a variável CP 02 representa o número de internações hospitalares por 100 mil habitante ocorridas em consequência de doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI). Os dados são provenientes do Sistema de Informações Hospitalares (SIH) do Sistema Único de Saúde (SUS) para o ano de 2020 e foram obtidos através da plataforma do Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades – Brasil, uma iniciativa do Instituto Cidades Sustentáveis em colaboração com o Sustainable Development Solutions Network (SDSN), com apoio do Centro Brasileiro de Análise e Planejamento (Cebrap).

Para categoria Estado da dimensão Capacidade, foi selecionada a variável CE 01, que corresponde ao Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM), usado para analisar o desenvolvimento socioeconômico dos municípios sob a ótica das dimensões saúde, educação, emprego e renda. O IFDM é uma métrica semelhante ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), uma adaptação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das Nações Unidas. No entanto, enquanto o IDHM e o IDH são baseados em dados censitários, o IFDM é atualizado anualmente com estatísticas oficiais de renda e trabalho. Assim, devido as diferenças metodológicas, não é apropriado comparar diretamente o IFDM com o IDHM. O IFDM é utilizado pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2022b) como métrica para analisar o desenvolvimento humano devido à sua maior atualidade e adequação à realidade municipal brasileira. Criado pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN, o IFDM é aplicável a todos os municípios brasileiros, com a última avaliação disponível referente a 2016.

No contexto do PERH-PE 2022, o Índice de Gini também foi aplicado para avaliar o desenvolvimento humano nas Unidades de Planejamento do Estado de Pernambuco. Desta forma, nesse estudo o Índice de Gini foi selecionado como a segunda variável da categoria Estado (CE 02). Essa métrica é empregada para mensurar a disparidade de renda na sociedade, analisando a diferença entre os rendimentos dos mais pobres com os mais ricos (PERNAMBUCO, 2022b). Os dados do Índice de Gini para os municípios são divulgados em relatório do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), sendo que as

informações mais atualizadas disponíveis são do ano de 2010, as quais foram utilizadas nesse estudo.

Nas diversas regiões do Brasil, há disparidades evidentes no envolvimento da comunidade em questões relacionadas à água, o que contribui para assimetrias entre os comitês de bacia. Em regiões mais desenvolvidas, como o Sudeste, observa-se um engajamento mais robusto da comunidade, resultando em um desempenho superior do modelo de gestão. As discussões sobre água são frequentes nessas localidades, atraindo indivíduos altamente qualificados para participar dos comitês de bacia. Além disso, líderes públicos como prefeitos não só participam ativamente dessas reuniões, mas também ocupam cargos de destaque, incluindo a presidência dos comitês (Morais; Fadul; Cerqueira, 2018).

Uma das principais finalidades da dimensão Capacidade é analisar a participação da sociedade na gestão de recursos hídricos, considerado a representação dos mais diversos setores. Para isso, foi selecionada como métrica a contagem da quantidade de membros representativos de cada município no Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú e nos Conselhos Gestores dos Açudes do Rosário, Brotas e Serrinha (CE 03). Os dados foram obtidos a partir dos registros de composição representativa desses órgãos disponíveis no *website* da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) para o ano de 2022.

Na categoria Resposta da dimensão Capacidade, foi selecionado o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) como um indicador chave da qualidade da educação nos municípios. Criado pelo Ministério da Educação (MEC) e pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), o IDEB combina resultados de avaliações externas com taxas de aprovação, reprovação e evasão das escolas. Esses dados são utilizados para estabelecer metas que visam monitorar e avaliar o sistema educacional do país, assim como assegurar a melhoria na qualidade da educação (Chiriéa; Brandão, 2015).

Nesse contexto, foram avaliados nesta variável se os municípios alcançaram as projeções de metas estabelecida pelo IDEB em 2021 para os anos iniciais e finais do ensino fundamental. Para cada município a variável recebeu pontuação de 1,0 se ambas as metas foram atingidas, 0,5 se apenas uma das metas foi alcançada e 0,0 se nenhuma das metas foi alcançada.

Para garantir o direito a saúde e o bem-estar da população, é fundamental investir na ampliação do acesso aos serviços básicos de saúde. No contexto da análise do investimento em saúde por município, a segunda variável da categoria Resposta refere-se ao gasto total do orçamento municipal em saúde *per capita* (CR 02). Esses dados foram obtidos do Sistema de Informações sobre Orçamentos Públicos em Saúde (SIOPS) do Ministério da Saúde, referentes ao ano de 2019. Apesar de estarem disponíveis, os dados para os anos entre 2020 e 2022 foram

desconsiderados da análise devido ao significativo aumento das despesas com saúde decorrente do enfrentamento a pandemia da COVID-19.

4.2.2.5 Variáveis da Dimensão Meio Ambiente

De acordo com Costa *et al.* (2022), o aumento da população e da atividade industrial tem elevado significativamente a demanda por água e, conseqüentemente, por sistemas de esgoto que necessitam de tratamento adequado para preservar a vida e o meio ambiente. Os mesmos autores avaliam que é imprescindível tratar os esgotos antes de seu descarte, pois lançá-los sem tratamento contamina o ambiente e o lençol freático, comprometendo a disponibilidade de água potável segura. Nesse sentido, a primeira variável escolhida na categoria Pressão foi o índice de tratamento de esgoto gerado de 2022 para cada município, expresso em percentual. Esses dados foram extraídos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

Nessa mesma perspectiva de pressão sobre o meio ambiente local, a segunda variável nessa categoria mensura o crescimento da área para uso agropecuário nos municípios entre os anos de 2010 e 2022 (EP 02). Práticas históricas de exploração da madeira, como corte ilegal, queimadas, pastoreio excessivo, monoculturas e uso de agrotóxicos e adubos químicos (Alves, 2020), entre outras ações, contribuíram para a degradação da Caatinga. Isso tem resultado em empobrecimento do solo, redução da biodiversidade e, conseqüentemente, na queda da qualidade de vida da população (Albuquerque *et al.*, 2020). O total de áreas para uso agropecuário para cada ano foram obtidas na Coleção 8 do projeto MapBiomas Brasil.

A porcentagem de cobertura vegetal para o ano de 2022 (EE 01) na categoria Estado, foi outra variável extraída da Coleção 8 do MapBiomas. A seleção dessas variáveis está ligada ao aumento do desmatamento no Bioma Caatinga devido a causas humanas e padrões ambientais, assim como às mudanças climáticas (Montenegro, 2023). Esse fenômeno está causando desertificação em várias regiões, impactando diretamente a biota, o microclima e os solos (Souza; Artigas; Lima, 2015).

A variável escolhida para avaliar a qualidade da água na perspectiva ambiental foi o Índice de Qualidade da Água (IQA) (EE 02), desenvolvido pela US National Sanitation Foundation na década de 1970. Esse índice foi adaptado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para refletir as características das águas brasileiras, incorporando nove parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade considerados essenciais para águas utilizadas no abastecimento público (CETESB, 2014). O IQA para unidade de planejamento do Rio Pajeú foi extraído de um estudo divulgado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento

Básico (2023) sobre a qualidade da água superficial no Brasil, onde os dados utilizados para calcular o índice foram obtidos através de redes de monitoramento operadas pelos órgãos responsáveis pelos recursos hídricos de cada estado brasileiro. Com isso, foi calculada a média do IQA para os pontos de monitoramento que registraram pelo menos 10 observações no período de 2010 a 2023.

Por fim, a variável da categoria Resposta na dimensão Meio Ambiente está relacionada à existência de legislação ou instrumento de gestão ambiental no município. Esses instrumentos abrangem áreas como saneamento básico, gestão de bacias hidrográficas, área e/ou zona de proteção ou controle ambiental, proteção a biodiversidade, adaptação e mitigação de mudanças climáticas, podendo estar inseridos na Lei Orgânica, Plano Diretor ou Código Ambiental. Essas informações foram levantadas pelo IBGE durante a Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) de 2020. Para cada confirmação da existência das legislações mencionadas, o município acumula 0,2 pontos nesta variável.

4.2.3 Normalização das variáveis

Devido a quantidade de variáveis e à diversidade de unidades, as variáveis quantitativas foram normalizadas antes da agregação, visando torná-las adimensionais, utilizando uma escala de 0 a 1,0. Para esse propósito, empregou-se o método do mínimo-máximo, conforme a Equação 2.

$$S_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (2)$$

Em que, S_i é o valor normalizado, X_i é o valor a ser normalizado, X_{min} é o limite inferior e X_{max} é o limite superior.

Os limites superiores e inferiores para cada variável quantitativa estão detalhados no Quadro 4. Em alguns casos, foi viável estabelecer limites com base em dados de órgãos oficiais ou estudos acadêmicos, os quais apresentavam valores extremos que representassem metas a serem alcançadas e evitadas, respectivamente. Entretanto, para algumas variáveis, não foi possível encontrar tais referências extremas. Nestes casos, os limites superior e inferior foram os valores máximos e mínimos que a variável poderia atingir, ou pelos extremos observados nas variáveis dentro da área de estudo.

Quadro 4 - Limites da normalização das variáveis quantitativas do eIPH

Variável	Xmáx	Xmín	Fonte
Dimensão Recurso			
Crescimento populacional	0%	Valor Max. da Variável	-
Disponibilidade per capita de água	1700 m ³ /ano.hab	36,5 m ³ /ano.hab	Falkenmark (1989) apud Brown e Matlock (2011); Beckman (1999)
Coefficiente de variação de precipitação	0%	100%	-
Dimensão Acesso			
Variação no acesso à água	Valor Max. da Variável	Valor Min. da Variável	-
População abastecida por carro pipa ou água da chuva armazenada	Valor Min. da Variável	Valor Max. da Variável	-
População com acesso a água potável	100%	0%	-
População com acesso a esgotamento sanitário	100%	0%	-
Investimento em serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário	Valor Max. da Variável	Valor Min. da Variável	-
Dimensão Uso			
Perda na distribuição	0%	100%	-
Consumo em função da retirada no uso agropecuário	Valor Min. da Variável	Valor Max. da Variável	-
Consumo em função da retirada no uso industrial	Valor Min. da Variável	Valor Max. da Variável	-
Consumo per capita de água	200 l/hab.dia	50 l/hab.dia	ONU (2013)
Eficiência monetária do uso agropecuário	Valor Max. da Variável	Valor Min. da Variável	-
Eficiência monetária do uso industrial	Valor Max. da Variável	Valor Min. da Variável	-
Projeção do uso agropecuário	Valor Min. da Variável	Valor Max. da Variável	-
Projeção do uso industrial	Valor Min. da Variável	Valor Max. da Variável	-
Dimensão Capacidade			
População cadastrada no CadÚnico	Valor Min. da Variável	Valor Max. da Variável	-
Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental	Valor Min. da Variável	Valor Max. da Variável	-
Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal	1	0	FIRJAN (2018)
Índice de GINI	0	1	IPEA (2004)
Participação no Comitê de Bacia Hidrográfica	Valor Max. da Variável	Valor Min. da Variável	-
Orçamento per capita para saúde	Valor Max. da Variável	Valor Min. da Variável	-
Dimensão Meio Ambiente			
Esgoto tratado	100%	0%	-
Crescimento da área para uso agropecuário	Valor Min. da Variável	Valor Max. da Variável	-
Porcentagem de cobertura vegetal	100%	0%	-
Índice de Qualidade da Água	100	0	-

Fonte: O autor (2024)

No caso das variáveis qualitativas, aquelas que no seu resultado podiam ser classificadas em quatro categorias distintas receberam valores para cada categoria, considerando-se 0,0 para ruim, 0,3 para regular, 0,6 para bom e 1,0 para excelente, de acordo com cada caso, com base em estudos realizados por Garriga e Foguet (2010b) e Zare-Bidaki; Pouyandeh; Zamani-Ahmadmoodi (2023). Já as variáveis que resultavam em sim ou não foram atribuídos 1,0 ou 0,0 ou vice e versa, dependendo se a situação é favorável ou desfavorável.

4.2.4 Ponderação das dimensões

Com o objetivo de verificar o equilíbrio estatístico das variáveis selecionadas, foi realizada a ponderação das dimensões por meio do método estatístico conhecido como Análise de Componentes Principais (ACP). Desenvolvido por Hotelling em 1933, esse método visa reduzir a quantidade de variáveis a serem analisadas em uma amostra, transformando um conjunto de variáveis correlacionadas em um conjunto menor de variáveis não correlacionadas, chamadas de componentes principais. Estas, por sua vez, capturam uma parte significativa da variação total das variáveis originais.

A classificação dos componentes principais é feita com base na variância do conjunto de dados não correlacionados. Apesar de a ACP concentrar a análise na variância, ela ainda utiliza a covariância ou a correlação no cálculo das componentes principais, garantindo que estas representem as informações fornecidas pelos dados originais (Jolliffe, 2002). Inicialmente, a equação característica da matriz de correlação ou de covariância é determinada pelas Equações 3 e 4.

$$\det[R - \lambda I] = 0 \text{ ou } |R - \lambda I| = 0 \quad (3)$$

Em que,

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r(x_1x_2) & r(x_1x_3) & \cdots & r(x_1x_p) \\ r(x_2x_1) & 1 & r(x_2x_3) & \cdots & r(x_2x_p) \\ r(x_3x_1) & r(x_3x_2) & 1 & \cdots & r(x_3x_p) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r(x_px_1) & r(x_px_2) & r(x_px_3) & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Os Autovalores (λ), são derivados das raízes da equação característica, onde $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 \dots > \lambda_p$. Os componentes são vetores formados pela multiplicação das variáveis originais com os autovetores. A primeira componente principal explica a maior parte da variância total

dos dados originais, enquanto a segunda componente captura a maior proporção da variância total não explicitada pela primeira, e assim por diante.

Para a geração dos pesos para compor as dimensões, será adotado o método de agregação proposto por Foguet e Garriga (2011), detalhado na Equação 5.

$$P_i = a_1 \frac{\sqrt{\lambda_1}}{\sum_j \sqrt{\lambda_j}} + a_2 \frac{\sqrt{\lambda_2}}{\sum_j \sqrt{\lambda_j}} + \dots + a_j \frac{\sqrt{\lambda_j}}{\sum_j \sqrt{\lambda_j}} \quad (5)$$

Em que, P_i é a ponderação final para a dimensão i , a_j são os autovetores, λ_j são os autovalores e $\sum_j \sqrt{\lambda_j}$ é o somatório das raízes dos j autovalores.

Seguindo critério adotado com base no estudo de Jolliffe (2002), na agregação dos componentes principais, consideraram-se apenas aqueles com autovalores maiores que 0,7 na matriz de correlação.

4.2.5 Agregação das dimensões

Para elaboração do Índice de Pobreza Hídrica aprimorado, foram conduzidas quatro etapas de agregação, seguindo a metodologia proposta por Foguet e Garriga (2011). Na primeira etapa, as variáveis foram agregadas para formar as dimensões em cada estado, utilizando-se uma média aritmética. Em seguida, na segunda etapa, ocorreu a combinação das variáveis nos três estados para cada dimensão do índice, empregando-se uma função aditiva. Essa escolha se deve ao fato de que, nesse nível de agregação, os estados podem compensar o desempenho um dos outros em relação à mesma dimensão. Além disso, foi considerado que todos os estados têm igual importância e, portanto, nenhuma ponderação foi aplicada. Dessa forma, o valor para cada dimensão é determinado pela média aritmética, conforme mostrado na Equação 6.

$$X_i = \frac{1}{3} \sum_{j=P,S,R} V_{ij} \quad (6)$$

Em que X_i é o valor da combinação dos três estados para cada dimensão, i são as dimensões do índice (R, A, C, U, E), j são os estados (P, S, R), V_{ij} valor da dimensão i para o estado j .

A terceira etapa consiste na agregação das dimensões. Conforme delineado por Garriga e Foguet (2010a) e posteriormente reforçado por Foguet e Garriga (2011), para essa fase de

agregação, a função multiplicativa é considerada a mais apropriada para estimar a pobreza hídrica. Isso se deve ao fato de que esse método não permite compensação entre os diferentes componentes do índice. Além disso, a ponderação das dimensões foi abordada de duas maneiras distintas. Na primeira as dimensões foram ponderadas igualmente. Por outro lado, na segunda foram atribuídos pesos diferentes, os quais foram calculados por meio da Análise dos Componentes Principais, conforme demonstrado no item anterior. Deste modo, as dimensões são agregadas utilizando-se a Equação 7.

$$eIPH = \prod_{i=R,A,C,U,E} X_i^{w_i} \quad (7)$$

Em que, eIPH é o valor do índice, X_i refere-se a dimensão i da estrutura do eIPH e w_i é o peso aplicado a essa dimensão.

Na quarta etapa de agregação, visando aprimorar a análise de dados, foi calculado o eIPH para os estados gerais (Pressão, Estado, Resposta). Por motivos semelhantes aos mencionados anteriormente, este cálculo foi realizado utilizando uma função multiplicativa, conforme descrito na Equação 8.

$$eIPH_j = \prod_{i=R,A,C,U,E} V_{ij}^{w_i} \quad (8)$$

Em que, eIPH_j é o valor do índice para o estado j , V_{ij} refere-se a dimensão i da estrutura do eIPH no estado j e w_i é o peso aplicado a essa dimensão.

4.2.6 Classificação do índice

Para melhor interpretação do eIPH e suas dimensões serão classificados com valores entre 1 (máximo) e 0 (mínimo), conforme proposto por El-Gafy (2018) com base em El-Sherbini e El-Moattassem (1994) e Juwana, Muttil e Perera (2010), mostrados no Quadro 5.

Quadro 5 - Classificação dos resultados do eIPH

Resultado eIPH	Classificação
0,00 – 0,20	Crítica
0,20 – 0,40	Alta
0,40 – 0,60	Moderada
0,60 – 0,80	Baixa
0,80 – 1,00	Insignificante

Fonte: Adaptado de El-Gafy (2018)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DIMENSÃO RECURSO

A intensificação da urbanização é um dos principais fatores contribuintes para os problemas ambientais atuais devido às mudanças afetam o meio ambiente natural através da conversão de solo natural em urbano, da exploração e esgotamento de recursos naturais, e da gestão dos resíduos urbanos (Stanganini; Lollo, 2018; Araújo *et al.*, 2021).

Para compreender a pressão causada sobre os recursos hídricos por esse fator, a Tabela 2 apresenta a taxa de crescimento populacional para os municípios da UP11 no período de 2010 a 2022, destacando as variações no número de habitantes ao longo desses anos.

Tabela 2 - Taxa de crescimento populacional dos municípios da UP11 entre 2010 e 2022

Município	População 2010 (hab.)	População 2022 (hab.)	Taxa de Crescimento Populacional (%)
Afogados da Ingazeira	35.088	40.241	14,69
Belém de São Francisco	20.253	18.301	-9,64
Betânia	12.003	11.232	-6,42
Brejinho	7.307	7.720	5,65
Calumbi	5.648	5.228	-7,44
Carnaíba	18.574	18.644	0,38
Carnaubeira da Penha	11.782	12.239	3,88
Flores	22.169	20.347	-8,22
Floresta	29.285	30.144	2,93
Iguaracy	11.779	11.082	-5,92
Ingazeira	4.496	4.768	6,05
Itacuruba	4.369	4.284	-1,95
Itapetim	13.881	13.788	-0,67
Mirandiba	14.308	14.166	-0,99
Quixaba	6.739	6.554	-2,75
Santa Cruz da Baixa Verde	11.768	11.567	-1,71
Santa Terezinha	10.991	10.244	-6,80
São José do Belmonte	32.617	34.843	6,82
São José do Egito	31.829	31.004	-2,59
Serra Talhada	79.232	92.228	16,40
Solidão	5.744	5.210	-9,30
Tabira	26.427	27.681	4,75
Triunfo	15.006	14.705	-2,01
Tuparetama	7.925	8.005	1,01
Total	439.220	454.224	-
Taxa de Crescimento Populacional Total (%)			3,42

Fonte: O autor com base em IBGE (2010) e IBGE (2022)

Ao analisar os dados apresentados, observa-se um aumento populacional de 3,42% na região como um todo, superando a taxa de crescimento de 2,98% registrada no estado para o mesmo período. Esse crescimento é impulsionado principalmente pelos municípios de Serra Talhada e Afogados da Ingazeira, localizados na região do Alto Pajeú, os quais apresentaram

taxa de crescimento acima de 14%. Uma das causas desse efeito é o papel crescente dessas cidades como polos universitários no processo de interiorização do ensino superior, com campus de instituições como Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade de Pernambuco (UPE), Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) e Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE).

Fusco e Ojima (2016) afirmam que a abertura de universidades no interior do estado de Pernambuco foi feita por iniciativas públicas e privadas. No entanto, o programa federal de expansão do Ensino Superior, implementado a partir de 2003, foi crucial para acelerar esse movimento de interiorização. Essa interiorização, segundo os autores, tem potencial para estimular a economia local, possibilitando a atração ou retenção de trabalhadores.

Serra Talhada, que recebeu seu primeiro campus de uma universidade pública com a instalação da UFRPE em 2006, já demonstrou crescimento populacional entre os censos de 2000 e 2010, alcançando 11,7%. Além disso, Duarte (2023) constatou que a implantação, mesmo que tardia, de *campi* universitários nas cidades de Caruaru, Garanhuns e Serra Talhada tem contribuído para o desenvolvimento econômico dessas localidades.

Embora não tenha estudos tão abrangentes quanto Serra Talhada, Afogados da Ingazeira, que ganhou uma unidade do IFPE em 2010, apresentou uma taxa de crescimento populacional entre 2010 e 2022 superior à registrada entre 2000 e 2010, que foi de 6,6%. Esse fenômeno indica uma tendência de crescimento populacional nos próximos anos, à medida que o município se consolida como um polo universitário na região, a exemplo de Serra Talhada.

Em contraste, mais da metade dos municípios da região apresentaram uma taxa de crescimento populacional negativa, refletindo uma redução da população local. Um dos fatores que influenciam esse resultado são os intensos fluxos migratórios que, ao longo de décadas, têm levado muitos habitantes dos municípios menores em direção ao Sudeste e, mais recentemente, para as cidades de médio porte no interior, que se tornaram atrativas para a migração (Baptista; Campos; Rigotti, 2017; Fusco; Oliveira; Moreira. 2021). Ademais, um outro fator de influência para a redução da população nesses municípios é a diminuição na taxa de fecundidade no Nordeste, resultado da interação de vários padrões reprodutivos, influenciados pelas disparidades sociais e econômicas entre as mulheres da região (Pimentel, 2018).

Na Tabela 3 estão expostos os dados de disponibilidade hídrica *per capita* anual para cada município, acompanhados de um resumo de informação sobre os mananciais que abastecem esses municípios e sua respectiva vulnerabilidade. Através dos dados dessa tabela, podem ser analisadas as variáveis de vulnerabilidade dos mananciais e disponibilidade hídrica *per capita*.

Tabela 3 – Mananciais, vulnerabilidade dos mananciais e disponibilidade hídrica dos municípios da UP11

Município	Tipo do Manancial	Mananciais	Disponibilidade Hídrica <i>per capita</i> (m ³ /hab.ano)	Vulnerabilidade do Manancial
Afogados da Ingazeira	Superficial	Eixos Leste (PISF) Barragem Brotas	113	Não Vulnerável
Belém de São Francisco	Superficial	Rio São Francisco	76	Não Vulnerável
Betânia	Subterrâneo	Poços	83	Média Vulnerabilidade
Brejinho	Superficial	Barragem Mãe d'Água Barragem Serraria	71	Alta Vulnerabilidade
Calumbi	Superficial	Lago Itaparica	102	Não Vulnerável
Carnaíba	Superficial	Lago de Itaparica Eixos Leste (PISF)	18	Não Vulnerável
Carnaubeira da Penha	Subterrâneo Superficial	Poços Lago de Itaparica	65	Não Vulnerável
Flores	Superficial	Lago de Itaparica Eixos Leste (PISF)	29	Não Vulnerável
Floresta	Superficial	Lago de Itaparica Barragem Itaparica	112	Não Vulnerável
Iguaracy	Superficial	Eixos Leste (PISF) Açude Rosário	128	Não Vulnerável
Ingazeira	Superficial	Açude Rosário	64	Baixa Vulnerabilidade
Itacuruba	Superficial	Barragem Itaparica	92	Não Vulnerável
Itapetim	Superficial	Eixos Leste (PISF) Barragem Boa Vista Barragem Caramucuqui	79	Não Vulnerável
Mirandiba	Subterrâneo Superficial	Poços Lago de Itaparica	201	Não Vulnerável
Quixaba	Superficial	Eixos Leste (PISF) Lago de Itaparica	65	Não Vulnerável
Santa Cruz da Baixa Verde	Subterrâneo	Poços	6	Alta Vulnerabilidade
Santa Terezinha	Superficial	Barragem José Antônio Barragem Cascudo	80	Média Vulnerabilidade
São José do Belmonte	Subterrâneo	Poços	30	Média Vulnerabilidade
São José do Egito	Superficial	Eixos Leste (PISF) Barragem São José I Barragem São José II Açude Rosário	157	Não Vulnerável
Serra Talhada	Superficial	Lago de Itaparica Barragem Cachoeira	130	Não Vulnerável
Solidão	Superficial	Barragem Nossa Senhora de Lourdes	24	Alta Vulnerabilidade
Tabira	Superficial	Eixos Leste (PISF) Barragem Brotas	115	Não Vulnerável
Triunfo	Superficial	Lago de Itaparica Barragem Brejinho	27	Baixa Vulnerabilidade
Tuparetama	Superficial	Eixos Leste (PISF) Barragem Rosário Barragem Bom Sucesso	208	Não Vulnerável

Fonte: O autor com base em ANA (2021) e Pernambuco (2022b)

Apenas quatro municípios são abastecidos por fontes subterrânea, dois de maneira exclusiva e dois como complemento ao abastecimento superficial. Assim, a maioria dos municípios da região é suprida por fontes superficiais, destacando-se o Lago da UHE Itaparica, que abastece diversos municípios através do Sistema Integrado Adutor do Pajeú (Adutora do Pajeú). Esta adutora possui duas captações de água em operação: uma no Lago de Itaparica e outra no Eixo Leste do Projeto de Integração do São Francisco (PISF). O sistema inclui 14 estações de bombeamento para água bruta, 51 adutoras de água bruta e 9 reservatórios de água bruta, que transportam água bruta para as Estações de Tratamento de Água (ETA) dos municípios (Pernambuco, 2022b).

Conforme observado, o Rio São Francisco desempenha um papel fundamental na garantia do abastecimento de água na região da UP11, servindo exclusivamente ou como complemento para 16 municípios. Além disso, as águas do Velho Chico ganham ainda mais importância para região, uma vez que os reservatórios têm capacidades limitadas para regularizar as demandas que precisam atender, especialmente com altas garantias de suprimento (Pernambuco, 2022c).

Neste contexto, todos os 16 municípios beneficiados pelos sistemas integrados de abastecimento que recebem água do Rio São Francisco têm os seus mananciais classificados como não vulneráveis, representado 66,67% do total. Por outro lado, os municípios de Brejinho, Santa Cruz da Baixa Verde e Solidão possuem reservatórios de alta vulnerabilidade devido ao baixo volume de armazenamento. Os outros quatro municípios têm seus mananciais classificados de vulnerabilidade média ou baixa.

Diante disso, ao realizar o diagnóstico dos recursos hídricos da Unidade de Planejamento do Pajeú em relação ao PISF, o Plano Estadual de Recursos Hídricos (2022d) destaca que a passagem do Eixo Leste pela região em direção à Paraíba representa tanto uma oportunidade para solucionar os problemas hídricos quanto uma ameaça relacionada aos custos associados à utilização dessa água.

Silveira (2022) ressalta que o PISF enfrenta desafios significativos devido ao seu método de distribuição baseado em bombeamento, o que resulta em custos elevados tanto em infraestrutura quanto em energia, relacionados à captação, transporte e entrega nos pontos de distribuição. O autor enfatiza de ressarcir esses custos para garantir a sustentabilidade do projeto, uma vez que a falta de pagamento poderia inviabilizar sua operação em curto prazo.

De modo geral, os resultados do levantamento do PERH-2022 (2022b) indicam que o setor industrial tende a não ser afetado se receber água do PISF, desde que consiga absorver os custos envolvidos, embora existam algumas exceções. Para a irrigação, a capacidade de arcar

com esses custos adicionais varia conforme a cultura e a localização. Em relação ao abastecimento público, algumas cidades podem enfrentar dificuldades para absorver o custo da água do PISF se esse custo for repassado para as tarifas. No entanto, outras podem mitigar esses desafios por meio de subsídios cruzados e melhorias na eficiência, reduzindo perdas físicas e possibilitando a absorção desses custos através de ajustes tarifários (Pernambuco, 2022b).

Outro fator relevante para essa discussão é a dificuldade em garantir o aporte d'água do São Francisco para os dois eixos da Transposição, devido as recentes condições da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e do reservatório de Sobradinho. Nesse sentido, Aguiar (2019) argumenta que, no projeto inicial do PISF, as simulações de capacidade de regularização dos reservatórios foram baseadas em dados hidrológicos até 1991, desconsiderando os períodos críticos de baixa pluviosidade que afetaram o semiárido no final do século XX e na década de 2010. Isso levou à previsão de que o Rio São Francisco forneceria água suficiente para os dois eixos da Transposição, atendendo, na maior parte do tempo, à sua capacidade máxima de transferência (Aguiar, 2019). No entanto, vale ressaltar que atualmente o PISF ainda não opera com a capacidade máxima de carga projetada, uma vez que o Eixo Norte ainda não está em pleno funcionamento.

Devido às suas dimensões e às promessas associadas, o PISF proporciona aos gestores uma sensação de segurança hídrica nos estados beneficiados. Com a participação de diversos atores, é fundamental que os papéis de cada um sejam claramente definidos para promover uma boa interação política, confiança mútua e adoção de boas práticas de governança, colaboração e cooperação. Esses elementos são essenciais para garantir o desenvolvimento sustentável da região, sem comprometer a disponibilidade hídrica do Rio São Francisco (Portela, 2021; Brito, 2020).

Vale destacar que, em relação ao abastecimento de áreas rurais, apenas uma pequena fração da população poderá ser atendida pela transposição, devido à distância e aos custos à disseminação da infraestrutura da rede adutora de água necessária para atender a população rural dispersa. Assim, somente residentes de comunidades próximas aos canais do PISF devem ser beneficiadas (Castro; Cerezini, 2022).

Em relação a disponibilidade hídrica, os municípios de Carnaíba, Flores, Santa Cruz da Baixa Verde, São José do Belmonte, Solidão e Triunfo apresentam disponibilidade *per capita* inferior a 36,5 m³/hab.ano. Conforme indicado por Beekman (1999), essa quantidade representa o mínimo necessário de água por pessoa, equivalente a 100 litros diários, para atender às necessidades domésticas e garantir um nível adequado de saúde, especialmente em regiões moderadamente desenvolvidas situadas em áreas áridas.

É importante notar que os municípios com os maiores valores de disponibilidade hídrica *per capita* são aqueles que recebem água do Rio São Francisco, seja do Eixo Leste da transposição ou pelo Reservatório de Itaparica. Na maioria dos casos, essa é a principal fonte de abastecimento humano. Este dado destaca ainda mais a tendência de dependência dessa região dos sistemas integrados de abastecimento que captam água no Rio São Francisco.

Mesmo com o aporte de água vindo do São Francisco todos os municípios apresentam disponibilidade hídrica *per capita* menor que 500 m³/hab.ano, o que, segundo a classificação do Índice de Falkenmark, indica uma situação hídrica com problemas crônicos e de grande escala de suprimento de água, especialmente durante períodos de secas, atingindo o limite da capacidade de gerenciamento dos recursos hídricos (Falkenmark; Widstrand, 1992).

Esses dados corroboram as pesquisas de Ogata (2014) e Luna (2007), que avaliaram a pobreza hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba e nos municípios inseridos no semiárido do estado do Ceará, respectivamente. As regiões do baixo e médio Paraíba, analisadas por Ogata (2014), também apresentaram disponibilidade hídrica inferior a 500 m³/hab.ano, assim como a maioria dos municípios estudados por Luna (2007).

O Quadro 6 apresenta os dados relativos ao sistema produtor de água, que abrange todo o processo de produção de água, desde o manancial (superficial e subterrâneo), passando pelas unidades de produção (captação, adutora de água bruta, estações elevatórias de água bruta e de tratamento), até a capacidade de armazenamento.

Conforme indicam os dados da Tabela 3, a maioria dos municípios possui um sistema produtor de água integrado. Entre os 24 municípios analisados, apenas 7 apresentaram um sistema produtor de água considerado satisfatório. Dos sistemas considerados satisfatórios, 6 recebem água do Sistema Integrado do Pajeú. De acordo com o Atlas das Águas (ANA, 2021), Betânia o único município com um sistema isolado cuja demanda urbana atendida e a capacidade da unidade do sistema produtor são considerados satisfatório. Vale notar que, dos 7 municípios com sistema produtor classificado como satisfatório, apenas Mirandiba apresentou informações sobre o planejamento para o sistema produtor de água.

Analisando o diagnóstico do sistema produtor de água dos municípios no Quadro 6, observa-se que outros 6 municípios precisam de pequenas adequações em seus sistemas, sem necessidade de ampliação de capacidade das unidades. Dentre estes, Belém do São Francisco e Itacuruba não apresentaram informações sobre o planejamento dos sistemas produtores de água, enquanto Brejinho, Ingazeira, Santa Terezinha e Solidão apresentaram planos diretamente pertinentes aos problemas identificados.

Os outros 11 municípios necessitam de ampliação nos sistemas produtores de água, pois a relação entre a parcela da demanda urbana atendida e a capacidade das unidades não é considerada satisfatória. Do ponto de vista de planejamento em produção de água, 73% dos municípios que necessitam de ampliação dos sistemas foram identificados como desprovidos de propostas para resolver os problemas de segurança hídrica. Para estes, foram recomendados estudos de alternativa de ampliação do sistema (ANA, 2021).

Por outro lado, Santa Cruz da Baixa Verde e Solidão apresentaram propostas de intervenção aderente ao problema identificado, enquanto São José do Belmonte apresentou plano com intervenções nos sistemas de produção de água que parecem ser as soluções adequadas, embora ainda não estejam consolidadas.

Quadro 6 - Características dos sistemas produtores de água dos municípios da UP11

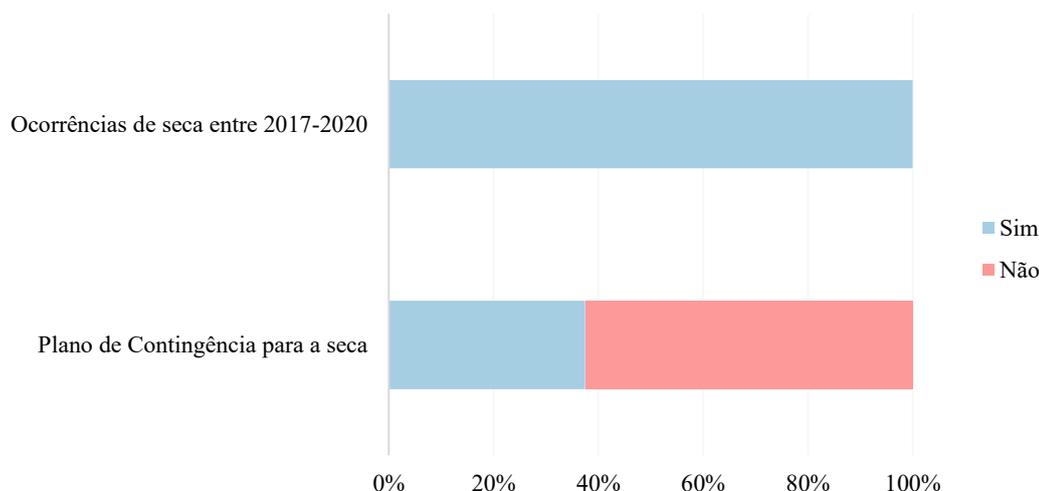
Município	Tipo do Sistema Produtor de Água	Diagnóstico do Sistema Produtor de Água	Planejamento em Produção de Água
Afogados da Ingazeira	Integrado	Ampliação do Sistema	Estudo de Alternativas: Ampliação do Sistema
Belém de São Francisco	Isolado	Adequação do Sistema	<i>Sem informações</i>
Betânia	Isolado	Sistema Satisfatório	<i>Sem informações</i>
Brejinho	Isolado	Adequação do Sistema	Infraestrutura Recomendada
Calumbi	Integrado	Sistema Satisfatório	<i>Sem informações</i>
Carnaíba	Integrado	Sistema Satisfatório	<i>Sem informações</i>
Carnaubeira da Penha	Isolado / Integrado	Ampliação do Sistema	Estudos de Alternativas: Ampliação do Sistema
Flores	Integrado	Sistema Satisfatório	<i>Sem informações</i>
Floresta	Isolado / Integrado	Sistema Satisfatório	<i>Sem informações</i>
Iguaraci	Isolado / Integrado	Ampliação do Sistema	Estudo de Alternativas: Ampliação do Sistema
Ingazeira	Isolado	Adequação do Sistema	Infraestrutura Recomendada
Itacuruba	Isolado	Adequação do Sistema	<i>Sem informações</i>
Itapetim	Isolado	Ampliação do Sistema	Estudos de Alternativas: Ampliação do Sistema
Mirandiba	Isolado / Integrado	Sistema Satisfatório	Infraestrutura Recomendada
Quixaba	Integrado	Sistema Satisfatório	<i>Sem informações</i>
Santa Cruz da Baixa Verde	Isolado	Ampliação do Sistema	Infraestrutura Recomendada
Santa Terezinha	Isolado	Adequação do Sistema	Infraestrutura Recomendada
São José do Belmonte	Isolado	Ampliação do Sistema	Infraestrutura Potencial com estudo complementar
São José do Egito	Isolado / Integrado	Ampliação do Sistema	Estudos de Alternativas: Ampliação do Sistema
Serra Talhada	Isolado / Integrado	Ampliação do Sistema	Estudos de Alternativas: Ampliação do Sistema
Solidão	Isolado	Adequação do Sistema	Infraestrutura Recomendada
Tabira	Integrado	Ampliação do Sistema	Estudos de Alternativas: Ampliação do Sistema
Triunfo	Integrado	Ampliação do Sistema	Infraestrutura Recomendada
Tuparetama	Isolado / Integrado	Ampliação do Sistema	Estudos de Alternativas: Ampliação do Sistema

Fonte: O autor com base em ANA (2021)

De modo geral, em relação ao planejamento em produção de água dos municípios da área de estudo, cerca de 67% dos municípios não forneceram informações ou foram identificados como desprovidos de propostas para resolver os problemas de segurança hídrica. Do restante, 4% apresentaram intervenções nos sistemas de produção de água que parecem ser a soluções adequadas, embora ainda não estejam consolidadas, e 29% apresentaram intervenção alinhadas com os problemas de segurança hídrica identificados.

Ainda na dimensão Recurso, o gráfico da Figura 11 mostra a percentagem de municípios que apresentaram valor positivo (sim) ou negativo (não) nas variáveis e Pressão RP 02 e de Resposta RR 02. Essas variáveis refletem se os municípios enfrentaram seca entre os anos de 2017 e 2020 e como têm se planejado para enfrentar esse fenômeno, por meio da elaboração do plano de contingência e/ou preservação para a seca.

Figura 11 – Percentual de municípios da UP 11 que enfrentaram seca entre 2017-2020 e existência de Planos de Contingência



Fonte: O autor com base em IBGE (2021)

Os efeitos das longas estiagens são uma realidade que causam grandes desafios para os municípios do Nordeste brasileiro, especialmente os situados na região semiárida, impactando tanto o abastecimento de água quanto as atividades produtivas (Campos, 2014; Lima; Magalhães, 2018; Mata; Freitas; Resende, 2019). Nesse contexto, todos os municípios localizados na área de estudo registraram a ocorrência de seca entre os anos de 2017 e 2020. Dados do IBGE (2021) mostram que o ano com a seca de maior impacto para os municípios nesse período foi 2017.

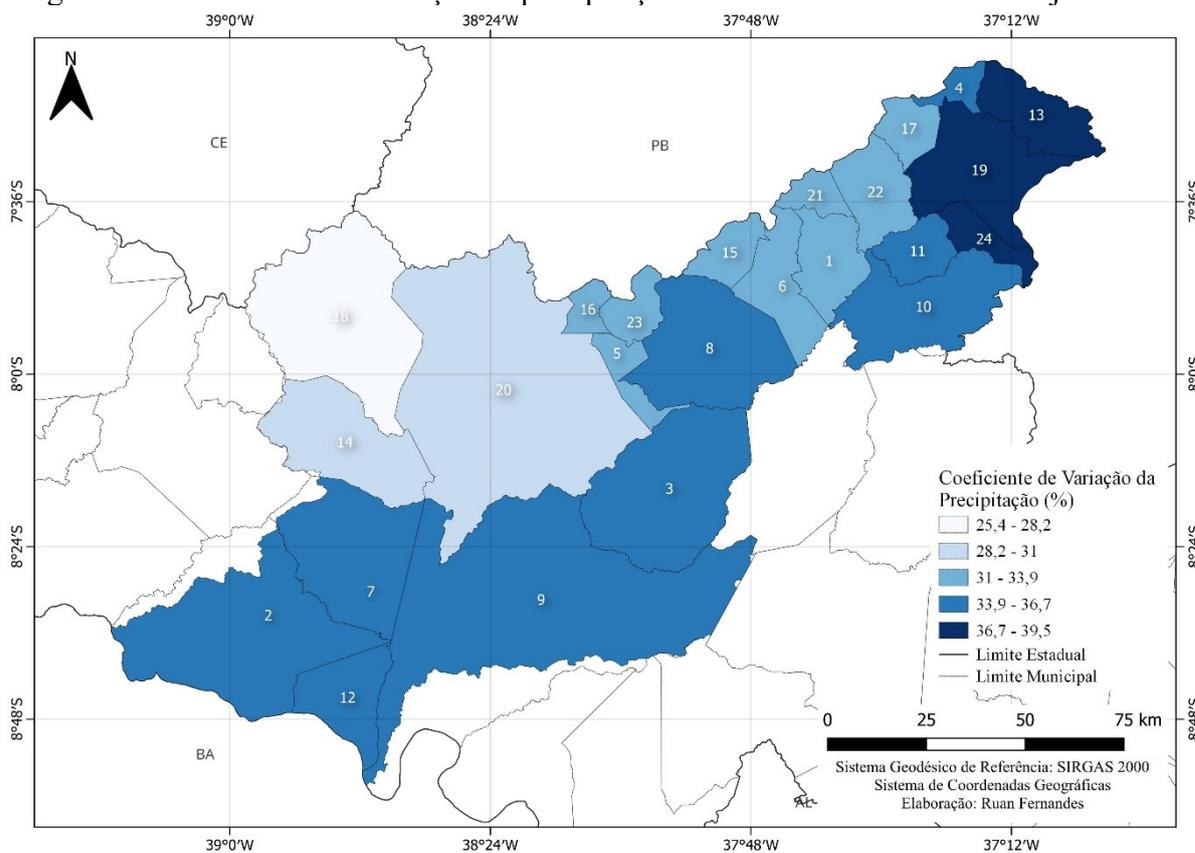
Esse dado reflete o período de seca que começou em 2010 e se prologou até o início de 2017 (exceto 2011). Embora não tenha causado um grande êxodo migratório como em períodos

anteriores, a estiagem afetou a economia de 1.794 municípios do semiárido e resultou na morte de cerca de 10 milhões de cabeças de gado (Lima; Magalhães, 2018). Em Pernambuco, 58% dos municípios na região semiárida do estado declararam emergência devido à seca de 2017 (Santana; Santos, 2020).

Apesar desse cenário, apenas os municípios de Belém do São Francisco, Betânia, Brejinho, Carnaubeira da Penha, Flores, Itapetim, Santa Cruz da Baixa Verde, Serra Talhada e Solidão possuíam um plano de contingência e/ou preservação para a seca em 2020. Os outros 63% dos municípios afirmaram não dispor de um instrumento como esse, que apresenta procedimentos a serem seguidos pelos órgãos envolvidos, direta e indiretamente, na prevenção, preparação e resposta a emergências e desastres decorrentes desses eventos.

Esses eventos de seca fazem com que a região do semiárido tenha o maior coeficiente de variação do país. Essa variável foi calculada para Unidade de Planejamento do Pajeú conforme metodologia descrita no item 4.2.2.1, resultando no mapa da Figura 12.

Figura 12 - Coeficiente de variação da precipitação na área da Unidade de Planejamento 11



Fonte: O autor (2024)

Os resultados expressos no mapa da Figura 12 estão em concordância com os dados de variabilidade pluviométrica apresentados no Plano Nacional de Segurança Hídrica, que aponta coeficiente de variação maior que 25% na região do semiárido brasileiro (ANA, 2019b).

5.2 DIMENSÃO ACESSO

Na dimensão Acesso, a Tabela 4 exibe as seguintes variáveis: a taxa de variação no índice de acesso a água potável entre 2010 e 2022 (AP 02), a população total com acesso à água potável em 2022 (AE 01) e a população total com acesso ao esgotamento sanitário em 2022 (AE 02).

Tabela 4 - Índice de acesso à água potável (2010 e 2022) e índice de acesso ao esgotamento sanitário (2022) nos municípios da UP11

Município	Acesso à Água 2010	Acesso à Água 2022	Taxa de Variação 2010-2022	Acesso ao Esgotamento Sanitário 2022
Afogados da Ingazeira	81%	100%	19%	18%
Belém de São Francisco	64%	94%	30%	22%
Betânia	14%	59%	45%	30%
Brejinho	52%	75%	23%	0%
Calumbi	39%	59%	19%	38%
Carnaíba	41%	77%	36%	43%
Carnaubeira da Penha	<i>Sem Informações</i>	21%	-	17%
Flores	45%	73%	28%	0%
Floresta	67%	100%	33%	50%
Iguaracy	57%	76%	19%	0%
Ingazeira	36%	66%	30%	0%
Itacuruba	95%	98%	3%	0%
Itapetim	58%	83%	25%	13%
Mirandiba	71%	100%	29%	66%
Quixaba	41%	70%	29%	41%
Santa Cruz da Baixa Verde	2%	2%	0%	0%
Santa Terezinha	62%	97%	35%	31%
São José do Belmonte	49%	67%	18%	46%
São José do Egito	68%	99%	31%	66%
Serra Talhada	79%	100%	21%	78%
Solidão	22%	43%	21%	0%
Tabira	74%	100%	26%	0%
Triunfo	45%	63%	18%	0%
Tuparetama	91%	100%	9%	0%

Fonte: O autor com base em SNIS (2022) e SNIS (2010)

Com base nos dados apresentados na tabela acima, observa-se que na região da UP11, em média, 76% da população possui acesso à água potável. Esse valor é inferior à média de atendimento em Pernambuco, que é de 86,65%, e semelhante à média do Nordeste, que é de 76,9%, conforme dados do SNIS (2022). Dos 24 municípios analisados, apenas 10 alcançaram

índice de acesso à água potável superior a 90% da população total em 2022, sendo que 6 desses municípios estão entre os mais populosos da região.

Dentre esses 10 municípios, destacam-se Afogados da Ingazeira, Floresta, Mirandiba, Serra Talhada, Tabira e Tuparetama, que apresentaram índice de atendimento de 100% da população. Entre esses, São José do Egito, Santa Terezinha e Floresta se destacam ainda mais com uma taxa de crescimento no índice de mais de 30% entre 2010 e 2022. Cabe ressaltar que todos esses municípios com índice de 100% recebem água captada no Rio São Francisco.

Por outro lado, os 5 municípios com os menores índice de acesso à água potável atendem menos de 60% da população com esse serviço. Neste ponto, os destaques negativos são Carnaubeira da Penha e Santa Cruz da Baixa Verde com índices de atendimento de 21% e 2%, respectivamente. O primeiro não forneceu informações sobre o percentual da população atendida com água potável entre os anos de 2010 e 2013, enquanto o segundo não apresentou melhorias nessa área durante os dez anos analisados nesse estudo.

Entre os 5 municípios que menores taxas de atendimento, destacam-se Betânia, Santa Cruz da Baixa Verde e Solidão, que são abastecidos por sistemas isolados através de mananciais classificados entre média e alta vulnerabilidade. Os dois últimos ainda registram disponibilidade hídrica *per capita* inferior a 30 m³/ano.hab.

Com exceção de Carnaubeira da Penha, todos os outros municípios declararam o índice de população atendida com água potável em 2010 e 2022, permitindo verificar que a taxa média de variação de atendimento nesse período para região é de 24%. Isso representa aproximadamente 109 mil pessoas que passaram a ter acesso à água potável. Observa-se que, entre os municípios que menos avançaram, Tuparetama já apresentava um patamar de atendimento muito superior aos demais.

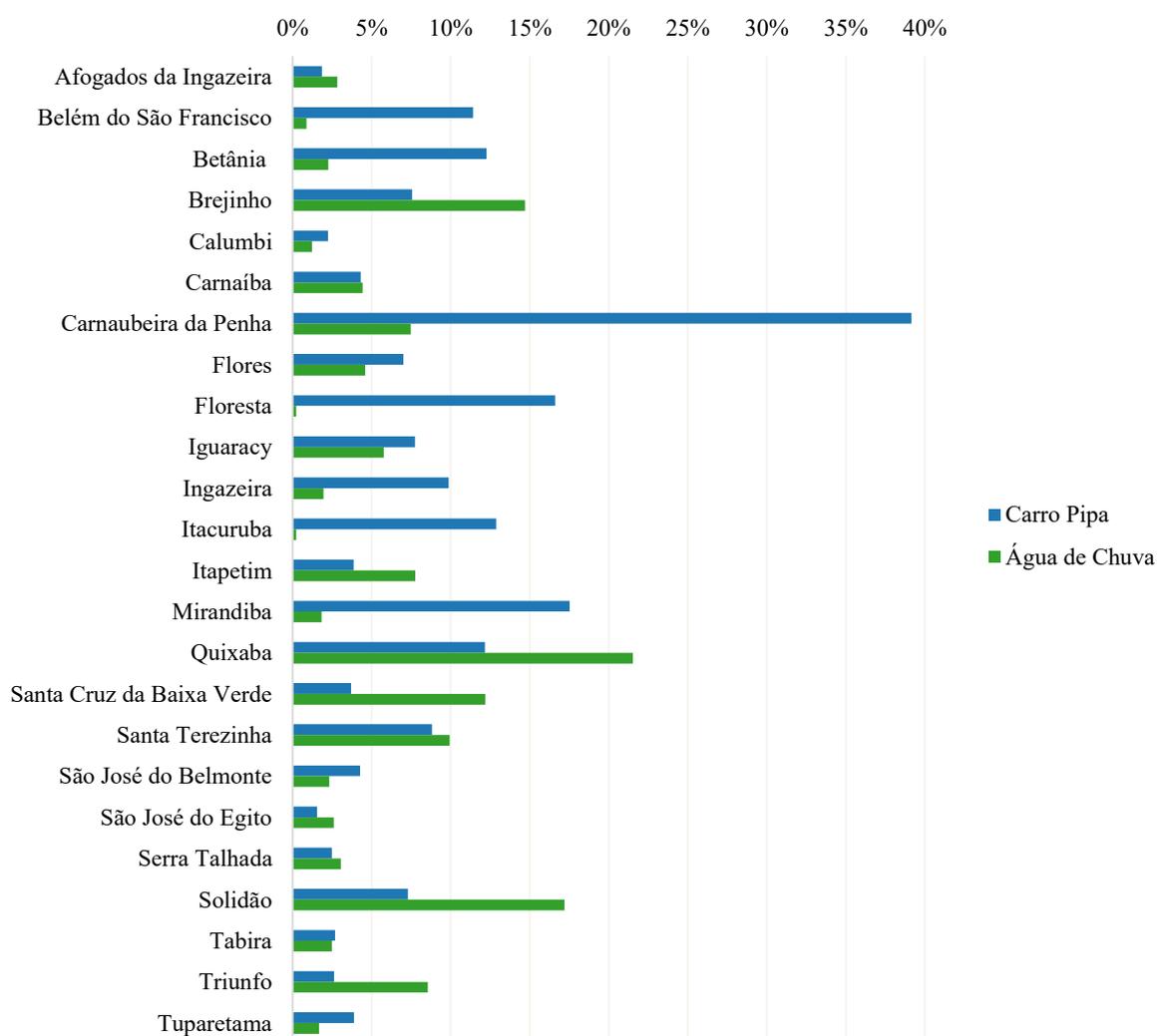
Em relação ao acesso ao esgotamento sanitário, a média de atendimento na Unidade de Planejamento do Pajeú é de 23,3%, inferior ao percentual de atendimento com rede de esgoto no Nordeste, que é de 31,4%, e de Pernambuco, que é de 34,2% (SNIS, 2022). A população de 10 dos 24 municípios não tem acesso a esse serviço, o que afeta diretamente um total de 115.369 pessoas. Em outros 10 municípios da região, o índice de acesso ao esgotamento sanitário fica abaixo de 50%. Os municípios de Floresta, Mirandiba, São José do Egito e Serra Talhada foram os que apresentaram os melhores indicadores desse serviço, com mais de 50% de cobertura.

De acordo com Sousa e Gomes (2019) e Santos *et al.* (2022), na Região Nordeste, diversos fatores contribuem para agravar o déficit na prestação de serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário, incluindo interferências climáticas como períodos prolongados de seca e/ou estiagem, baixa renda da população, especialmente nas áreas rurais, falta de

capacidade técnica dos municípios na operação de projetos, distribuição desigual de recursos entre regiões e restrição orçamentária dos municípios, entre outros aspectos.

Diante desse cenário deficitário, fontes alternativas de abastecimento de água surgem como a principal opção, especialmente para abastecer as comunidades difusas. As duas alternativas que mais se destacam são os carros-pipa e a captação de água pluvial. Embora sejam importantes para o abastecimento das famílias, essas fontes podem trazer riscos à saúde devido à qualidade da água fornecida (Pires, 2023; Amorim; Porto, 2003; Andrade et. al., 2017; Maciel, 2019). A Figura 13 mostra o percentual de pessoas atendidas por essas fontes alternativas na Unidade de Planejamento do Pajeú.

Figura 13 - Percentual da população abastecida por carro pipa e água de chuva na UP 11



Fonte: O autor com base em IBGE (2022)

Observa-se que em Carnaubeira da Penha, em 2022, aproximadamente 40% da população era atendida por carros-pipa e outros 7% utilizam água da chuva como fonte. No

mesmo ano, apenas 21% da população conectada à rede de água. Uma das explicações para esse fato é que a maioria da população desse município está localizada na zona rural, de acordo com o Censo 2010, esse percentual era de 83% (IBGE, 2010).

Mirandiba e Floresta, apesar de terem toda a população conectada à rede de abastecimento, registram 18% e 17% da população abastecida por carros-pipa. Neste cenário, pode-se supor que o abastecimento nesses municípios é irregular para uma parcela da população, que ainda depende de fontes alternativas de água. A Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) estima que até 25% da população de Floresta e entre 75% e 100% da população de Mirandiba estão em regime de rodízio de abastecimento (COMPESA, 2024).

No contexto em que grande parte da população está localizada na zona rural, os municípios de Quixaba, Solidão e Brejinho são os que mais utilizam a água pluvial como fonte alternativa. As famílias residentes nas áreas rurais de municípios como esses são as principais beneficiadas do Programa Um Milhão de Cisternas (PIMC), que, após sua ampla adoção na região semiárida, se consolidou como uma política pública fundamentada na captação e no armazenamento de água de chuva por meio de cisternas, conforme estabelecido pela Lei nº 12.873 (BRASIL, 2013).

Em contrapartida, nos municípios de Afogados da Ingazeira, Serra Talhada, São José do Egito, Tuparetama e Tabira, a utilização de fontes alternativas como carro-pipa e água pluvial é menor, pois 100% da população é atendida por redes de abastecimento de água potável. Nesses municípios, menos de 35% da população reside na zona rural (IBGE, 2010), o que também justifica o menor percentual de uso dessas fontes alternativas.

Outros dois municípios que fazem pouco uso da água proveniente de carro-pipa e da chuva são Calumbi e São José do Belmonte, apesar de terem mais de 50% da população localizada na zona rural (IBGE, 2010) e índices de atendimento com água potável inferior a 70%. Isso pode ocorrer porque ambos os municípios utilizam principalmente água subterrânea proveniente de poços profundos ou artesianos, poços rasos, freáticos ou cacimbas. Para Calumbi, essa forma de abastecimento representa 26%, e para São José do Belmonte representa, 40% (IBGE, 2022).

Situação semelhante ocorre em Santa Cruz da Baixa Verde, onde apenas 2% da população é atendida pela rede de água potável e a população é predominantemente rural. O uso de carro-pipa e água pluvial representa apenas 16% do total, pois a água subterrânea é a fonte de 80% do abastecimento local (IBGE, 2022).

A universalização dos serviços de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário requer um plano de investimento coeso, adaptado à realidade de cada município. Com

o objetivo de avaliar os investimentos previstos para os municípios da Unidade de Planejamento do Pajeú, a Tabela 5 apresenta os valores de investimento previstos no Relatório Comissão nº 01/2022 da COMEPESA à Agência de Regulação de Pernambuco (ARPE) para avaliação da capacidade econômico-financeira da Companhia (ARPE, 2022).

Tabela 5 - Total de investimentos previstos por município e serviços até 2033 para UP11

Município	Abastecimento de Água (R\$)	Meta até 2033	Esgotamento Sanitário (R\$)	Meta até 2033	Total Investido (R\$)	População não atendida até 2020 (hab)		Total Investido (R\$/hab)
						Água	Esgoto	
Afogados da Ingazeira	21.735.225,61	100%	37.836.603,60	90%	59.571.829,21	0	31.987	1.862,39
Belém de São Francisco	8.368.621,96	100%	14.015.887,43	90%	22.384.509,39	3.585	13.292	1.326,32
Betânia	5.629.549,03	100%	12.049.645,68	90%	17.679.194,71	5.476	10.109	1.134,42
Brejinho	4.569.450,46	100%	5.793.038,06	90%	10.362.488,52	2.102	6.948	1.145,01
Calumbi	4.438.499,88	100%	3.306.455,03	90%	7.744.954,91	2.508	4.705	1.073,74
Carnaíba	7.375.534,80	100%	27.243.473,27	90%	34.619.008,07	5.381	10.063	2.241,67
Carnaubeira da Penha	<i>Sem Informações</i>	-	<i>Sem Informações</i>	-	-	9.945	9.162	-
Flores	7.365.170,34	100%	25.433.748,19	90%	32.798.918,53	7.634	18.312	1.264,10
Floresta	27.968.882,00	100%	29.569.391,52	90%	57.538.273,52	1.673	7.292	6.417,79
Iguaracy	4.802.870,78	100%	11.149.103,88	90%	15.951.974,66	3.653	9.974	1.170,66
Ingazeira	1.272.428,18	100%	6.088.114,02	90%	7.360.542,20	1.714	4.291	1.225,68
Itacuruba	9.251.423,91	100%	6.624.162,60	90%	15.875.586,51	0	3.856	4.117,54
Itapetim	6.794.482,91	100%	7.989.171,68	90%	14.783.654,59	2.700	10.658	1.106,73
Mirandiba	5.922.589,09	100%	15.427.550,12	90%	21.350.139,21	915	5.332	3.417,71
Quixaba	4.451.601,39	100%	7.467.960,40	90%	11.919.561,79	2.384	3.716	1.954,09
Santa Cruz da Baixa Verde	<i>Sem Informações</i>	-	<i>Sem Informações</i>	-	-	11.392	10.410	-
Santa Terezinha	5.290.561,10	100%	8.026.817,22	90%	13.317.378,32	2.042	5.334	1.805,48
São José do Belmonte	36.140.271,86	100%	29.416.517,17	90%	65.556.789,03	11.526	17.442	2.263,09
São José do Egito	17.543.853,83	100%	33.679.646,15	90%	51.223.499,98	3.934	27.904	1.608,88
Serra Talhada	48.083.798,65	100%	247.962.426,28	90%	296.046.224,93	0	18.651	15.872,71
Solidão	2.178.279,35	100%	7.426.002,77	90%	9.604.282,12	3.347	3.474	1.408,05
Tabira	18.968.309,71	100%	39.715.470,34	90%	58.683.780,05	216	24.913	2.335,32
Triunfo	8.486.978,16	100%	12.677.484,20	90%	21.164.462,36	6.173	13.235	1.090,52
Tuparetama	5.020.029,12	100%	14.422.223,66	90%	19.442.252,78	0	1.431	13.588,25

Fonte: O autor com base em ARPE (2022)

A previsão de investimentos até 2033 incluiu um total de R\$ 261.658.412,12 para o abastecimento de água, visando atingir a meta de 100% de cobertura da população com esse serviço, e R\$ 603.320.893,27 para esgotamento sanitário, com a meta de 90% de cobertura ao final do período. Assim, o valor total previsto de investimento na região, para alcançar as metas em ambos os serviços, era de R\$ 864.979.305,39.

Os seis municípios mais populosos da UP11 - Serra Talhada, Afogados da Ingazeira, São José do Belmonte, São José do Egito, Floresta e Tabira – receberiam 68,1% do valor total

previsto, totalizando R\$ 588.620.396,72. A maior parte desse montante será destinada ao sistema de esgotamento sanitário desses municípios, que apresentam baixos índices de atendimento.

Em contrapartida municípios como Betânia, Brejinho, Calumbi e Triunfo, que também apresentaram baixos índices de atendimento em ambos os serviços, têm investimentos previstos de menos de R\$ 1.200 por habitante que ainda não tem acesso a água e esgotamento sanitário. Além disso, Carnaubeira da Penha e Santa Cruz da Baixa Verde, que apresentaram os menores índices de acesso à água, não têm investimentos previsto de acordo com este relatório.

A COMPESA divulgou um Plano Anual de Negócios para 2024, delineando sua estratégia de longo prazo até 2027, com destaque para investimentos em sistemas produtores de água e na rede de distribuição. Para região influenciada pela adutora do Pajeú, estão planejadas melhorias nos sistemas produtores existentes.

Um projeto prioritário para 2024 é a expansão do Sistema de Abastecimento de Água de Serra Talhada, incluindo o remanejamento da Estação Elevatória 04, a substituição de 37 km de tubulações e a instalação de uma nova ETA com capacidade de 200 L/s (COMPESA, 2024). Essas medidas irão dobrar a oferta de água para Serra Talhada e outras localidades atendidas pela adutora do Pajeú, beneficiando os municípios de Calumbi, Triunfo e Santa Cruz da Baixa Verde (COMPESA, 2024).

Quanto ao esgotamento sanitário, está previsto o início da operação do sistema de esgotamento em alguns municípios que receberam intervenções da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), como Belém de São Francisco e Tabira, além da conclusão das obras em curso no município de Afogados da Ingazeira (COMPESA, 2024).

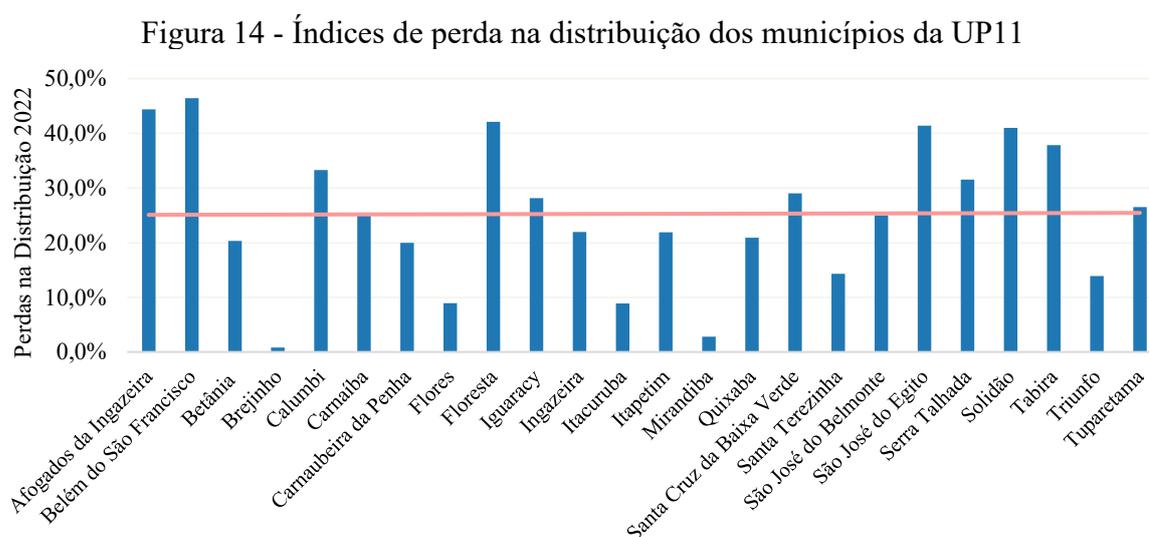
5.3 DIMENSÃO USO

Um dos grandes problemas nas redes de distribuição de água é a perda de água tratada durante a distribuição. Essas perdas não apenas comprometem a eficiência operacional e a qualidade da água distribuída, mas também reduzem as receitas e causam desequilíbrios na oferta e demanda, exigindo investimentos substanciais para ampliação dos sistemas produtores (COMPESA, 2024).

A Figura 14 mostra o percentual de perda na distribuição de água dos municípios em 2022. A média desse indicador é de 25,3%, situando-se no limite entre as classificações “bom” e “regular” conforme a classificação de sistemas de abastecimento de água segundo as perdas proposta por Tsutiya (2014).

O índice médio de perda na distribuição da UP11 é também inferior aos índices da Região Nordeste, que é de 46,7%, e de Pernambuco, que é de 48,5%. É importante destacar a redução significativa no percentual de perdas ao comparar-se os anos de 2010 (51,9%) e 2022.

Segundo a classificação de Tsutiya (2014), os sistemas de abastecimento de Afogados da Ingazeira, Belém de São Francisco, Floresta, São José do Egito e Solidão estão na classe "ruim" em termos de perda na distribuição. Outros sete municípios que apresentam índice de perda entre 25% e 40%, são classificados como regulares.



Fonte: O autor com base em SNIS (2022)

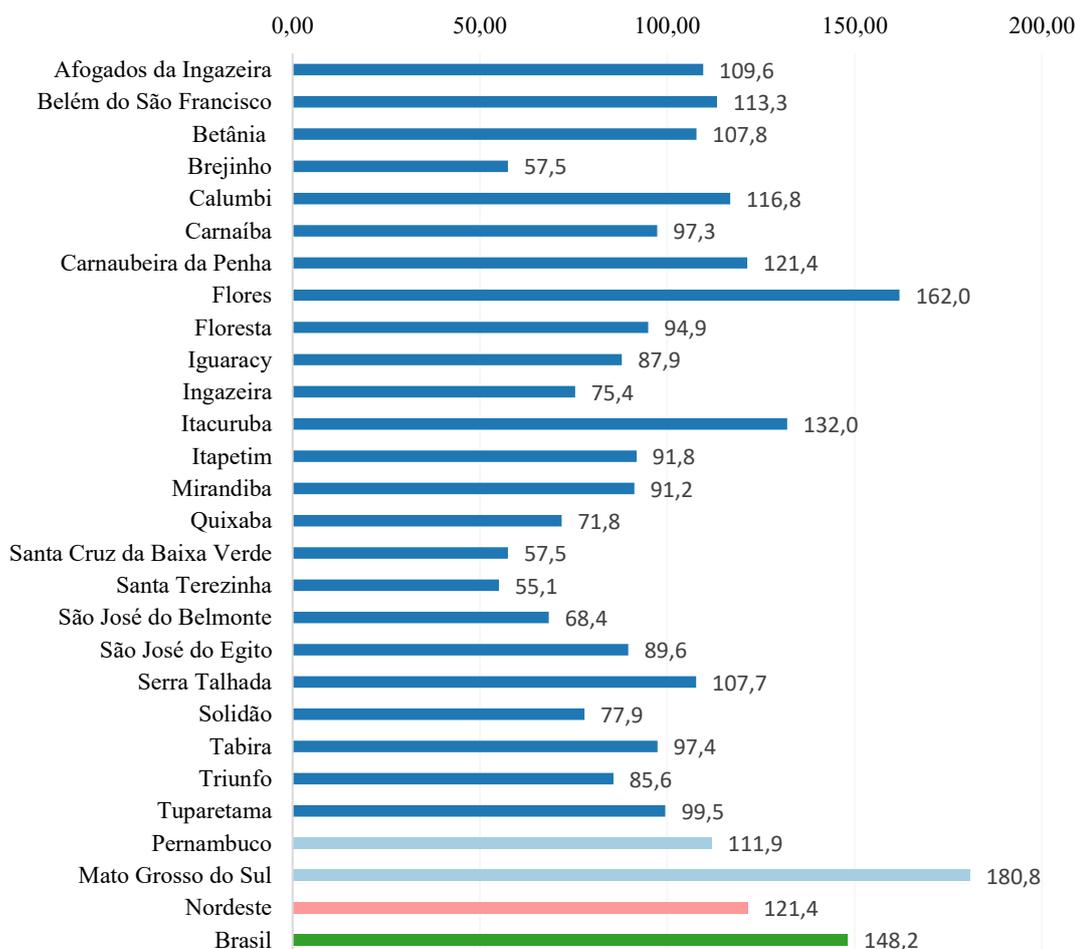
Doze dos vinte e quatro dos municípios da região são classificados como bons, com índices de perda menores que 25% (Tsutiya, 2014). Destaques positivos incluem Brejinho, com 0,79%, e Mirandiba, com 2,78% de perdas na distribuição. Ambos os municípios conseguiram reduzir a quantidade de água perdida, que em 2010 era de 46,7% e 64,7%, respectivamente (SNIS, 2010). É importante estudar esses casos isoladamente para entender os fatores que levaram a essa redução e replicar essas práticas em outros municípios.

Mesmo com baixos índices pluviométricos nas regiões do Agreste e Sertão de Pernambuco, a redução das perdas no sistema de abastecimento poderia estabilizar o fornecimento de água nessas áreas, diminuindo a intermitência e garantindo maior segurança hídrica para os moradores (Figueredo; Cabral; Silva; Bezerra, 2023).

A Figura 15 apresenta o consumo *per capita* médio nos municípios da UP11, bem como na Região Nordeste, no Brasil e nos estados de Pernambuco e Mata Grosso do Sul, este último apresentando o maior consumo *per capita* do país.

Observa-se que o consumo *per capita* médio é superior a 100 litros por habitante por dia em 8 municípios da UP11. Esse consumo é semelhante ao observado no estado de Pernambuco, na região Nordeste e até mesmo o Brasil. Ressalta-se que esses municípios possuem condições hídricas relativamente mais favoráveis na região, com exceção de Flores, que tem um dos maiores consumos *per capita* e uma das menores disponibilidade hídrica entre os municípios.

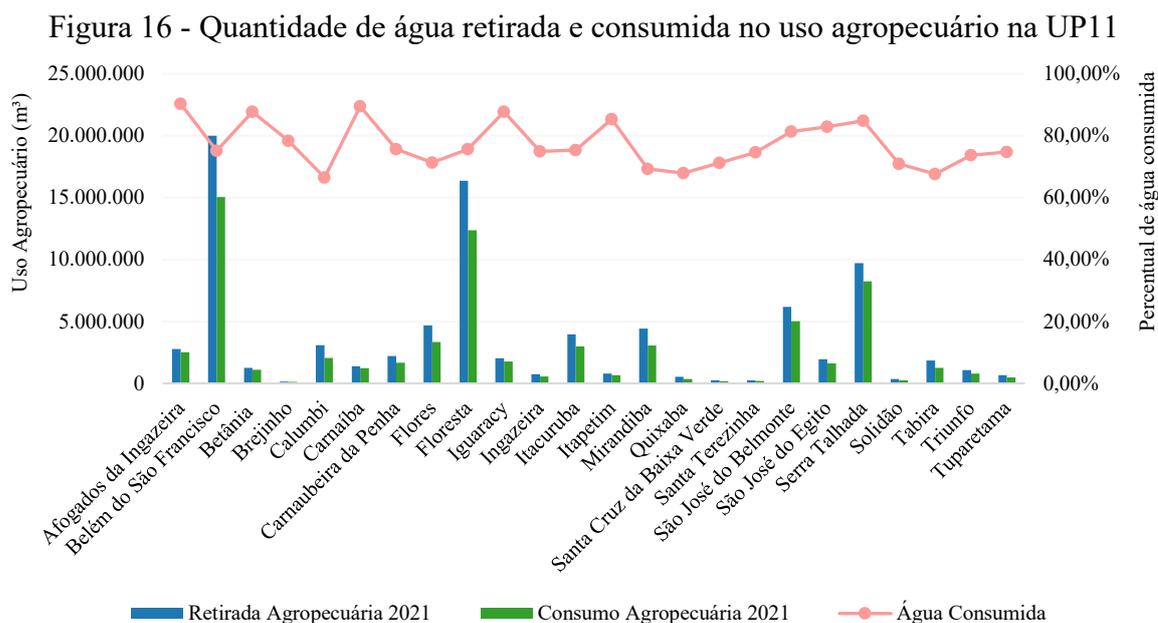
Figura 15 - Consumo *per capita* de água nos municípios da UP11



Fonte: O autor com base em SNIS (2022)

Também se verifica que Brejinho, Santa Cruz da Baixa Verde e Santa Terezinha têm um consumo *per capita* médio inferior a 60 litros por habitante por dia. No entanto, esses valores ainda estão dentro do intervalo aceitável segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2013), que recomenda que um consumo entre 50 e 100 litros por habitante por dia para atender as necessidades sanitárias, com o consumo médio ideal sendo 100 litros por habitante por dia.

Ainda na dimensão Uso, foi avaliado o consumo de água, que representa a fração retirada que não retorna ao corpo hídrico, abrangendo usos consuntivos como agropecuário e industrial. Esses usos são classificados como consuntivos porque a água retirada é utilizada, em parte ou totalmente, no processo para o qual é destinada, sem retornar diretamente ao corpo hídrico (ANA, 2019a). O gráfico da Figura 16 mostra a quantidade de água retirada, o total consumido e o percentual de água consumida para todos os municípios da UP11 no uso agropecuário.



Fonte: O autor com base em ANA (2019a)

Na Figura 16, é possível ver que o consumo no uso agropecuário em todos os municípios da Unidade de Planejamento do Pajeú supera 60%. Em outras palavras, em todos os casos, mais da metade da água retirada dos corpos hídricos é utilizada no processo das atividades agropecuárias e não retorna aos corpos hídricos.

Os municípios que apresentam as maiores retiradas de água para uso agropecuário são Belém de São Francisco, Floresta e Serra Talhada. Em Belém de São Francisco, 62% do território é destinado à pastagem e à agricultura, essas atividades representaram aproximadamente 45% do PIB do município em 2021 (MAPBIOMAS, 2023; IBGE, 2021). O município se destaca por suas ilhas e pela intensa atividade agropecuária, que historicamente impulsionou sua economia (Sousa *et al*, 2022). Além disso, abriga o Projeto Público de Irrigação Manga de Baixo, implantado pela CODEVASF, com 102 hectares de área irrigável (CODEVASF, 2023a).

Também implantado pela CODEVASF, uma pequena fração do Projeto Público de Irrigação Icó-Mandantes está localizada em Floresta (CODEVASF, 2023b), que tem 28% da sua área destinada à pastagem e à agricultura (MAPBIOMAS, 2023), sendo o segundo usuário de água para fins agropecuários. Serra Talhada, por sua vez, tem 29% da sua área destinada a agropecuária e se destaca pelo Perímetro Irrigado Cachoeira II, composto de 37 lotes (MAPBIOMAS, 2023; Fernandes *et al.*, 2009).

Embora esses municípios façam as maiores retiradas de água para uso agropecuário, apresentam eficiência monetária, definida como a relação entre o PIB Agropecuário e o total de água retirada para uso agropecuário, abaixo da média regional de R\$ 12,30/m³. O caso mais crítico é o de Floresta, que produz apenas R\$ 1,16 de PIB para cada metro cúbico de água retirado, conforme mostrado na Tabela 6. Valores similares de eficiência monetária do uso agropecuário foram encontrados por Ogata (2014) ao analisar o mesmo parâmetro para Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.

Tabela 6 - Eficiência monetária do uso agropecuário e projeções de uso para 2030 na UP11

Município	Uso Agropecuário 2021 (m ³)	PIB Agropecuário 2021 (R\$)	Eficiência Agropecuária (R\$/m ³)	Projeção Uso Agropecuário 2030 (m ³)	Varição 2021-2030 (m ³)
Afogados da Ingazeira	2.782.737	9.863.197,00	3,54	3.033.763	251.027
Belém de São Francisco	20.006.754	156.894.501,00	7,84	23.070.476	3.063.722
Betânia	1.247.880	5.783.830,00	4,63	1.374.970	127.090
Brejinho	146.642	5.968.225,00	40,70	146.958	315
Calumbi	3.084.852	1.708.393,00	0,55	3.398.635	313.783
Carnaíba	1.375.285	20.364.960,00	14,81	1.505.529	130.244
Carnaubeira da Penha	2.203.736	7.657.612,00	3,47	2.497.651	293.916
Flores	4.676.789	15.376.916,00	3,29	5.116.085	439.296
Floresta	16.352.047	18.941.277,00	1,16	19.571.242	3.219.195
Iguaracy	2.023.350	18.880.452,00	9,33	2.202.790	179.440
Ingazeira	733.843	7.080.286,00	9,65	793.446	59.603
Itacuruba	3.953.668	8.433.584,00	2,13	4.557.267	603.599
Itapetim	781.147	18.358.885,00	23,50	810.475	29.328
Mirandiba	4.413.779	8.120.520,00	1,84	4.855.598	441.819
Quixaba	521.921	8.922.410,00	17,10	552.195	30.275
Santa Cruz da Baixa Verde	256.388	5.568.230,00	21,72	249.450	-6.938
Santa Terezinha	253.549	9.066.376,00	35,76	260.803	7.253
São José do Belmonte	6.173.487	21.215.666,00	3,44	6.773.302	599.815
São José do Egito	1.946.087	66.851.624,00	34,35	2.077.276	131.190
Serra Talhada	9.708.988	49.590.220,00	5,11	10.648.761	939.773
Solidão	349.104	6.880.307,00	19,71	372.125	23.021
Tabira	1.842.333	19.651.752,00	10,67	1.953.024	110.691
Triunfo	1.064.025	8.839.375,00	8,31	1.117.951	53.927
Tuparetama	651.849	8.236.592,00	12,64	713.344	61.495

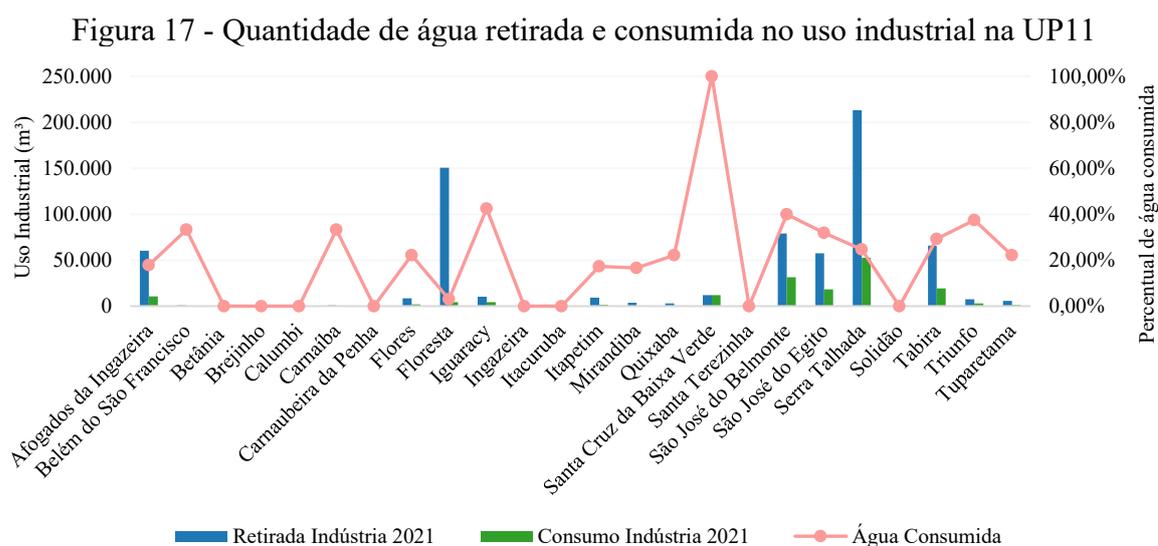
Fonte: O autor com base em ANA (2019a) e IBGE (2021)

As menores quantidades de água retiradas para uso agropecuário são de municípios localizados nas partes mais altas da bacia do Rio Pajeú, onde predomina o cultivo da cana-de-açúcar sem irrigação (ANA, 2017). Em contrapartida, são esses municípios que mostraram as melhores eficiências monetárias no uso agropecuário. Brejinho, por exemplo, contabiliza R\$ 40,70 no PIB a cada metro cúbico de água utilizado na agropecuária.

Em uma projeção da retirada para uso agropecuário em 2030, mostrada na Tabela 6, verifica-se que os municípios com as maiores retiradas de água também têm as maiores altas nas projeções. Por outro lado, os municípios que fazem as menores retiradas de água apresentam os menores valores de aumento, com destaque para Santa Cruz da Baixa Verde, que prevê uma redução de quase 7.000 m³ de água por ano em 2030.

De forma geral, é previsto um aumento do uso de água para fins agropecuários de 12,8% entre 2021 e 2030, o que representa aproximadamente 11 milhões de metros cúbicos por ano. Diante do intenso uso agrícola e pecuário da Bacia Hidrográfica do Pajeú e do seu potencial impacto ambiental ao longo do tempo, é evidente a necessidade urgente de adotar tecnologias sustentáveis para o desenvolvimento dessa atividade, garantindo sua integração com iniciativas de proteção e recuperação ambiental (Gonçalves *et al.*, 2022).

Para o uso industrial, o gráfico da Figura 17 mostra a quantidade de água retirada, o total consumido e o percentual de água consumida para todos os municípios da Unidade de Planejamento do Pajeú.



Fonte: O autor com base em ANA (2019)

O setor industrial é proeminente em algumas cidades-polo da Unidade de Planejamento do Pajeú, como Afogados da Ingazeira, Floresta, São José do Belmonte e Serra Talhada, que

são responsáveis pelas maiores retiradas de água para fins industriais. Nessas cidades, o setor industrial contribuiu com 7 a 10% do PIB municipal (IBGE, 2021).

Com exceção de Santa Cruz da Baixa Verde, o consumo médio de água para atividades industriais nesses municípios é de 40%, indicando que 60% da água retirada para a indústria é retornada aos corpos hídricos.

Vários municípios não registram volume de água retirados para fins industriais. Brejinho se destaca entre esses municípios, pois a atividade industrial representa 17% do PIB local. No entanto, não há registros do uso de água para fins industriais em 2021 nem nas projeções para 2030 (Tabela 7).

Tabela 7 - Eficiência monetária do uso industrial e projeções de uso para 2030 na UP11

Município	Uso Indústria 2021 (m ³)	PIB Indústria 2021 (R\$)	Eficiência Indústria (R\$/m ³)	Projeção Uso Indústria 2030 (m ³)	Varição 2021-2030 (m ³)
Afogados da Ingazeira	60.234	33.955.203,00	563,72	65.280	5.046
Belém de São Francisco	946	11.327.018,00	11.972,58	946	0
Betânia	0	3.318.238,00	3.318.238,00	0	0
Brejinho	0	13.458.636,00	13.458.636,00	0	0
Calumbi	0	1.483.508,00	1.483.508,00	0	0
Carnaíba	946	12.022.551,00	12.707,75	946	0
Carnaubeira da Penha	0	1.394.239,00	1.394.239,00	0	0
Flores	8.515	17.149.452,00	2.014,09	14.822	6.307
Floresta	150.427	28.614.680,00	190,22	252.919	102.492
Iguaracy	10.407	3.305.278,00	317,61	10.407	0
Ingazeira	0	1.506.328,00	1.506.328,00	0	0
Itacuruba	0	2.302.755,00	2.302.755,00	0	0
Itapetim	9.145	5.773.359,00	631,28	11.353	2.208
Mirandiba	3.784	8.569.053,00	2.264,36	3.784	0
Quixaba	2.838	1.804.339,00	635,72	4.415	1.577
Santa Cruz da Baixa Verde	11.984	5.998.679,00	500,57	11.984	0
Santa Terezinha	315	9.968.290,00	31.609,24	315	0
São José do Belmonte	78.840	28.856.415,00	366,01	138.758	59.918
São José do Egito	57.396	22.212.369,00	387,01	77.579	20.183
Serra Talhada	213.183	143.768.421,00	674,39	294.231	81.048
Solidão	0	1.310.102,00	1.310.102,00	0	0
Tabira	65.910	17.678.954,00	268,23	70.010	4.100
Triunfo	7.569	5.661.914,00	748,08	7.569	0
Tuparetama	5.676	5.723.064,00	1.008,21	6.307	631

Fonte: O autor com base em ANA (2019a) e IBGE (2021)

A Tabela 7 revela que os municípios com melhor eficiência monetária no uso da água para fins industriais são aqueles que, apesar de não utilizarem água nesse setor, registram contribuições para o PIB municipal. Esses municípios também apresentam as menores variações no uso de água entre 2021 e 2030. É importante destacar que, devido à escassez de

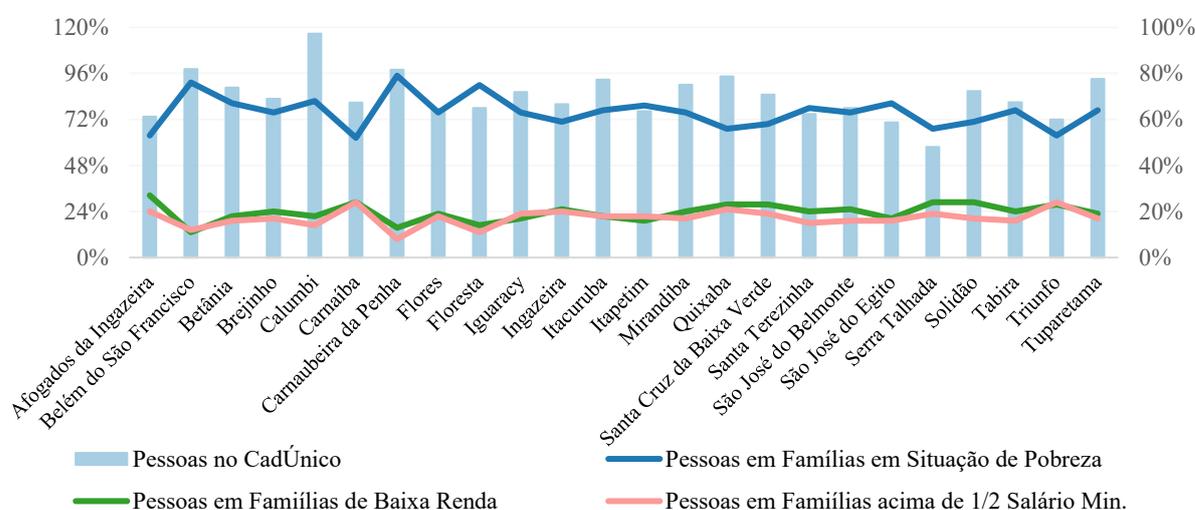
inventários de medição, o setor industrial tem historicamente dependido de estimativas indiretas para avaliar o uso da água (ANA, 2019a).

Floresta, São José do Belmonte e Serra Talhada mostram uma grande variação positiva na retirada de água para uso industrial entre 2022 e 2030, indicando uma tendência de crescimento desse setor nesses municípios nos próximos anos.

5.4 DIMENSÃO CAPACIDADE

Na categoria Pressão da dimensão Capacidade, a Figura 18 apresenta o percentual de pessoas cadastradas no Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico) do Governo Federal. O CadÚnico consolidou vários sistemas de cadastro e tornou-se a principal ferramenta para identificar e caracterizar famílias de baixa renda (Paz, 2021). Ele facilita a inclusão dessas famílias em programas sociais ao fornecer uma visão detalhada das suas condições socioeconômicas, permitindo a análise de diferentes aspectos da pobreza e vulnerabilidade além da renda monetária (BRASIL, 2007).

Figura 18 - Percentual e caracterização das pessoas cadastradas no CadÚnico nos municípios da UP11



Fonte: O autor com base em SENARC (2022)

Ele surge como um importante instrumento para expandir a implantação de tarifas sociais para água e esgoto. Essa tarifa reduzida é destinada a pessoas em situação de vulnerabilidade socioeconômica, visando promover a inclusão social no acesso a determinados serviços públicos (ABAR, 2020). O instrumento está em conformidade a Lei do Saneamento (Lei nº 11.445/2007), que, no artigo 29, determina que “os sistemas tarifários devem ser inclusivos, garantindo o acesso de todos aos serviços e promovendo a equidade.”

Na região do Pajeú, quase todos os municípios têm mais de 70% de suas populações cadastradas no CadÚnico. A exceção é Serra Talhada, onde pouco mais da metade da população está registrada nesse cadastro. Essa discrepância pode ser atribuída ao maior nível de desenvolvimento econômico de Serra Talhada em comparação com os outros municípios da região. Esse desenvolvimento proporciona mais oportunidades de emprego e, conseqüentemente, uma renda maior, reduzindo a dependência da população local em relação aos benefícios assistenciais do governo.

Cerca de 63% das pessoas cadastradas no CadÚnico nos municípios da UP11 pertencem a famílias em situação de pobreza. De acordo com a Lei Federal nº 14.601/2023, são consideradas em situação de pobreza as famílias “cuja renda familiar per capita mensal seja igual ou inferior a R\$ 218,00.” Gomes e Pereira (2005) destacam que essas pessoas enfrentam exclusão social, estando expostas a riscos pessoais e sociais e distantes de políticas sociais essenciais, como emprego, educação, saúde, habitação, alimentação e saneamento básico.

Observa-se que, apesar de ser um sistema unificado de cadastro, ainda existem inconsistência nos dados do CadÚnico. Por exemplo, o município de Calumbi apresenta mais pessoas cadastradas no Cadastro Único do que a quantidade total de habitantes registrada em 2022.

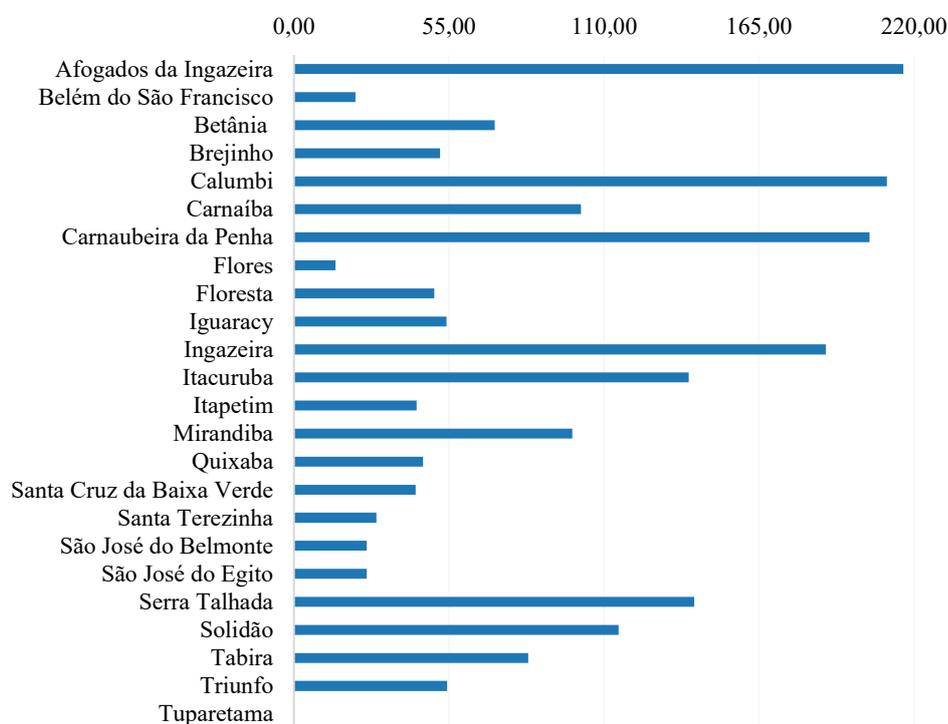
Ainda dentro da categoria Pressão da dimensão Capacidade, a variável que avalia as internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental inadequado (DRSAI) está ilustrada na Figura 19. Essa variável permite analisar a correlação entre a falta de acesso da população a serviços de saneamento básico e os impactos diretos na saúde e no bem-estar.

Sob essa perspectiva, entre os municípios com as maiores taxas de internações hospitalares decorrentes de DRSAI por 100 mil habitantes, destacam-se aqueles que enfrentam não apenas um esgotamento sanitário deficitário comum na região, mas também um baixo acesso à água potável. Exemplos incluem Calumbi, Carnaubeira da Penha, Ingazeira e Solidão.

Nota-se que, Afogados da Ingazeira e Serra Talhada que são grandes centros urbanos da região, também enfrentam problemas de esgotamento sanitário deficitário e figuram entre os municípios com as maiores taxas de internações hospitalares por DRSAI.

Esperava-se que Santa Cruz da Baixa Verde, com seus índices de acesso a água e esgoto, tivesse uma das maiores taxas de internações hospitalares por DRSAI. No entanto, é importante considerar que os dados do sistema DATASUS podem estar sujeitos a subnotificações. Isso pode ocorrer se não houver uma busca ativa, se o atendimento não for realizado em unidades de saúde, ou se o atendimento for realizado, mas não for devidamente registrado (Santos; Barbosa; Monteiro Neto, 2023).

Figura 19 - Internações hospitalares ocorridas em consequência de DRSAl, por 100 mil habitantes, nos municípios da UP11



Fonte: O autor com base em SNIS (2022)

Na análise do contexto socioeconômico da região, a Tabela 8 exibe o Índice de Gini dos municípios referentes a 2010, uma vez que os dados do Censo de 2022 ainda não foram divulgados para subsidiar o cálculo desse parâmetro. No entanto, os valores do Índice de Gini calculado com base na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) para o Estado de Pernambuco indicam que a situação pouco mudou. Em 2010, o Estado tinha um valor do índice de 0,62, e nos anos seguintes, de 2012 a 2021, esse valor variou entre 0,53 e 0,58.

Valores mais altos do Índice de Gini, distantes de 0,0, refletem maior desigualdade de rendimento e maior concentração de renda na sociedade analisada. Neste sentido, os municípios da Unidade de Planejamento do Pajeú apresentam um nível intermediário de desigualdade de renda, com valor médio do Índice de Gini de 0,53. O destaque negativo é Belém do São Francisco, que possui um Índice de Gini de 0,63, o segundo maior do estado, superado apenas por Recife, que tem um índice de 0,68 (PERNAMBUCO, 2022a).

Para medir o desenvolvimento socioeconômico dos municípios, foi adotado o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal (Tabela 8). Esta variável avalia, com a mesma importância, três áreas estabelecidas do desenvolvimento humano: Emprego e Renda, Educação e Saúde (SISTEMA FIRJAN, 2018).

Os valores do IFDM foram classificados em quatro conceitos para facilitar a análise dos resultados: 0,0 a 0,4 (baixo estágio de desenvolvimento); 0,4 a 0,6 (desenvolvimento regular); 0,6 a 0,8 (desenvolvimento moderado); e 0,8 a 1,0 (alto estágio de desenvolvimento) (SISTEMA FIRJAN, 2018).

Tabela 8 - Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) e Índice de Gini dos municípios da UP11

Município	Índice de GINI 2010	IFDM 2016	IFDM Emprego e Renda 2016	IFDM Educação 2016	IFDM Saúde 2016
Afogados da Ingazeira	0,56	0,680	0,3501	0,7918	0,8972
Belém de São Francisco	0,63	0,680	0,5392	0,7327	0,7686
Betânia	0,55	0,627	0,4103	0,7183	0,7535
Brejinho	0,49	0,743	0,4830	0,8064	0,9404
Calumbi	0,54	0,636	0,4280	0,6809	0,8001
Carnaíba	0,53	0,725	0,4238	0,8182	0,9340
Carnaubeira da Penha	0,56	0,553	0,2646	0,6178	0,7761
Flores	0,50	0,601	0,2604	0,6869	0,8554
Floresta	0,52	0,664	0,5126	0,7341	0,7468
Iguaracy	0,54	0,670	0,4159	0,6784	0,9151
Ingazeira	0,53	0,668	0,4018	0,7251	0,8779
Itacuruba	0,46	0,569	0,3569	0,7528	0,5980
Itapetim	0,55	0,680	0,4170	0,6941	0,9304
Mirandiba	0,58	0,592	0,2655	0,6973	0,8121
Quixaba	0,49	0,687	0,3009	0,8345	0,9247
Santa Cruz da Baixa Verde	0,51	0,680	0,4324	0,7927	0,8161
Santa Terezinha	0,51	0,640	0,3653	0,7095	0,8442
São José do Belmonte	0,54	0,649	0,3896	0,6726	0,8836
São José do Egito	0,53	0,703	0,4346	0,8068	0,8684
Serra Talhada	0,56	0,681	0,5135	0,8180	0,7117
Solidão	0,56	0,641	0,3153	0,7434	0,8654
Tabira	0,51	0,650	0,3105	0,7470	0,8926
Triunfo	0,56	0,671	0,3720	0,8511	0,7894
Tuparetama	0,47	0,698	0,3278	0,8907	0,8766

Fonte: O autor com base em (PERNAMBUCO, 2022b)

Nota-se nos dados da Tabela 8 que quase todos os municípios estão em um estágio de desenvolvimento moderado, exceto Carnaubeira da Penha, Itacuruba e Mirandiba, que apresentam estágio de desenvolvimento regular. Os municípios com os maiores valores de IFDM são Brejinho, Carnaíba e São José do Egito, que obtiveram alto desempenho nos componentes de Educação e Saúde, embora o desempenho no componente Emprego e Renda tenham sido regular.

Esse cenário repete-se em todos os municípios, que, de forma geral, apresentam resultados entre baixo estágio de desenvolvimento e desenvolvimento regular no componente Emprego e Renda, enquanto obtêm bons resultados nos componentes Educação e Saúde. Este

fato está relacionado a grande dependência da contribuição da administração, defesa, educação e saúde públicas e seguridade social para os PIBs municipais.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos, em seu diagnóstico sobre a situação socioeconômica dos municípios nessa condição, levanta a hipótese de que as administrações municipais eficientes, ao utilizarem adequadamente os recursos públicos recebidos, poderiam superar a falta de dinamismo econômico e alcançar elevados índices de desenvolvimento municipal (PERNAMBUCO, 2022b).

O bom desempenho em educação reflete-se nos dados do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Na Tabela 9 é possível analisar quais municípios conseguiram atingir a meta projetada nesse indicador para 2021.

Tabela 9 - Notas e projeções do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica para os anos iniciais e finais do Ensino Fundamental dos municípios da UP11

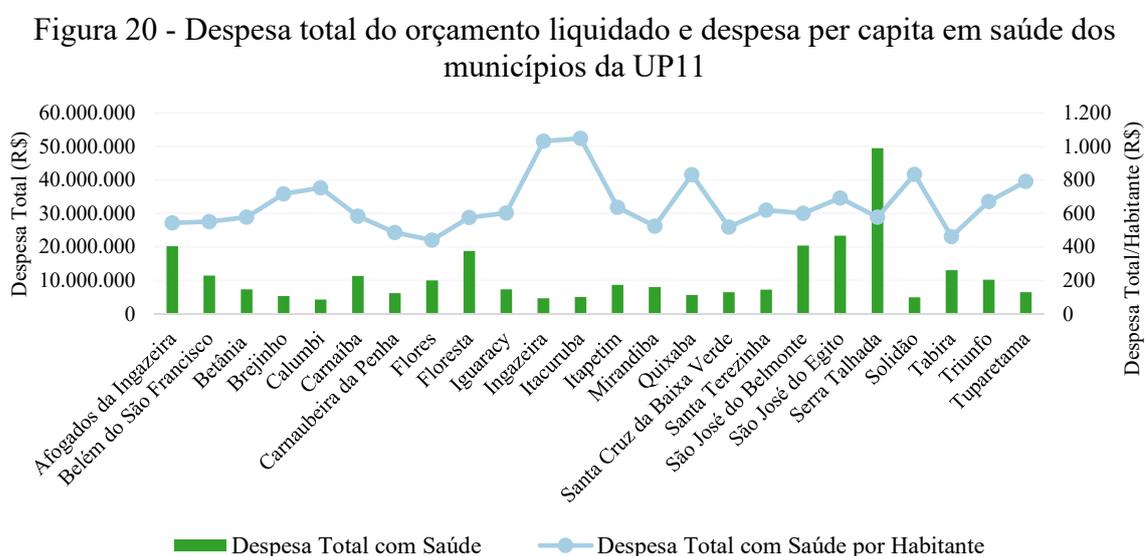
Município	IDEB Anos Iniciais Ensino Fundamental 2021		Cumpriu a meta?	IDEB Anos Finais Ensino Fundamental 2021		Cumpriu a meta?
	Nota	Projeção		Nota	Projeção	
Afogados da Ingazeira	5,6	5,4	Sim	5,1	4,5	Sim
Belém de São Francisco	4,7	5,0	Não	4,9	5,0	Não
Betânia	7,1	4,8	Sim	5,8	4,6	Sim
Brejinho	6,7	5,5	Sim	5,5	4,9	Sim
Calumbi	5,0	5,1	Não	4,5	4,6	Não
Carnaíba	6,8	5,8	Sim	5,6	4,6	Sim
Carnaubeira da Penha	5,0	5,0	Não	4,2	5,6	Não
Flores	5,7	5,4	Sim	5,2	4,6	Sim
Floresta	4,7	5,6	Não	4,3	4,8	Não
Iguaracy	6,2	5,5	Sim	5,5	4,6	Sim
Ingazeira	6,3	5,7	Sim	4,7	5,3	Não
Itacuruba	4,6	5,7	Não	5,7	5,5	Sim
Itapetim	6,0	5,2	Sim	5,1	4,9	Sim
Mirandiba	4,6	4,7	Não	4,2	4,6	Não
Quixaba	6,5	5,6	Sim	5,8	5,3	Sim
Santa Cruz da Baixa Verde	5,6	5,1	Sim	5,0	4,4	Sim
Santa Terezinha	5,1	5,1	Não	4,4	4,7	Não
São José do Belmonte	5,2	5,5	Não	4,8	4,9	Não
São José do Egito	5,7	5,6	Sim	5,6	4,9	Sim
Serra Talhada	5,6	5,4	Sim	4,9	4,8	Sim
Solidão	5,8	4,6	Sim	5,8	5,0	Sim
Tabira	6,1	5,4	Sim	5,4	4,5	Sim
Triunfo	6,2	5,5	Sim	5,7	5,2	Sim
Tuparetama	6,2	5,7	Sim	5,2	4,8	Sim

Fonte: O autor com base em INEP (2021)

Os dados mostram que 15 dos 24 municípios estudados conseguiram cumprir a meta para 2021. No entanto, entre os 10 municípios que apresentavam os menores valores na

dimensão Educação do IFDM em 2016, metade não conseguiu atingir a meta de 2021 no IDEB para os anos iniciais e finais do Ensino Fundamental, demonstrando que a educação não evoluiu nesse período. Esses municípios são Calumbi, Carnaubeira da Penha, Mirandiba, Santa Terezinha e São José do Belmonte. Além desses, Floresta e Belém do São Francisco também não atingiram a meta para ambos os indicadores.

Em relação à saúde, a Figura 20 mostra a despesa total do orçamento liquidado municipal em saúde por habitante para o ano de 2019. Observa-se uma disparidade entre os municípios: enquanto Itacuruba e Ingazeira apresentam valores de despesas acima de R\$ 1.000,00 por habitante, Carnaubeira da Penha, Flores e Tabira têm despesas *per capita* em saúde inferior a R\$ 500,00 por habitante.



Fonte: O autor com base em SIOPS (2019)

Apesar de ser o município que mais gasta em saúde por habitante, Itacuruba teve o pior indicador da dimensão Saúde na avaliação do IFDM. Isso pode indicar um uso ineficiente dos recursos, resultando em baixo desempenho em indicadores sob a competência municipal, como proporção de atendimento adequado de pré-natal, óbitos por causas mal definidas, óbitos infantis por causas evitáveis e internações sensíveis à atenção básica, analisados na metodologia do IFDM.

Serra Talhada, o município com o maior valor absoluto com despesa total com saúde em 2019, totalizando R\$ 49.520.255,28, registrou um valor *per capita* de despesas com saúde próximo a média da região, que é de R\$ 652,86 por habitante.

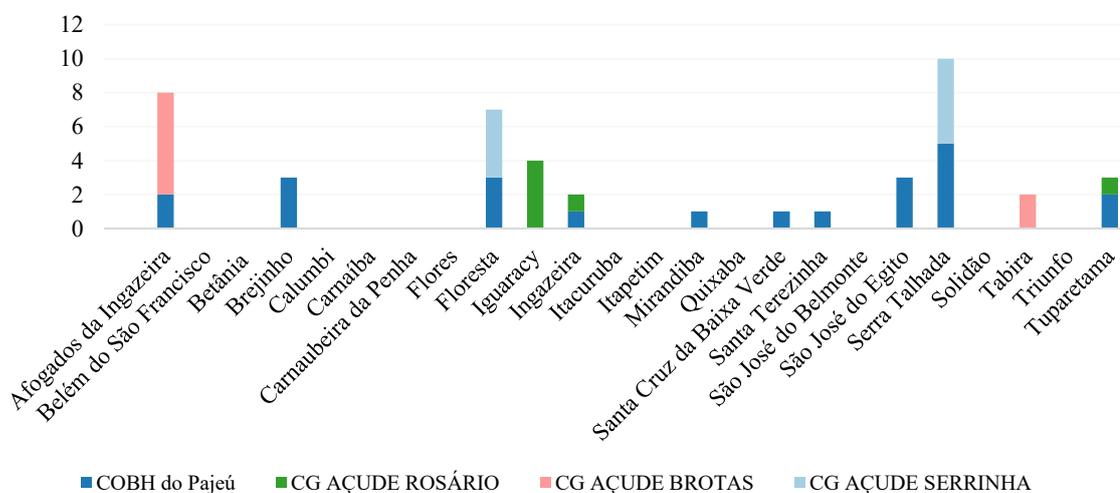
Um dos principais objetivos da dimensão Capacidade é analisar a participação social na gestão dos recursos hídricos. No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) prevê

uma gestão descentralizada, com a participação do Poder Público, usuários e comunidades. Essa participação ocorre em espaços de discussão como os Comitês de Bacia Hidrográfica, permitindo que todos os envolvidos, especialmente as comunidades locais, participem de maneira justa e democrática nas decisões sobre os recursos hídricos (Santos, 2021; Machado, 2003; Ferreira *et al.*, 2017).

Dentro dessa visão, a Figura 21 mostra a participação dos municípios por meio de membros indicados em órgãos colegiados que debatem sobre os recursos hídricos como o Comitê de Bacia Hidrográfica (COBH) do Rio Pajeú e os Conselhos Gestores (CG) dos principais açudes da região: Rosário, Brotas e Serrinha.

Constata-se que apenas 10 dos 24 municípios, ou seja, menos que 50%, têm representantes na composição do COBH do Pajeú no mandato 2022/2025. Outros municípios compõem os Conselhos Gestores dos Açudes de Brotas (Afogados da Ingazeira e Tabira), do Rosário (Iguaracy, Ingazeira e Tuparetama) e da Serrinha (Floresta e Serra Talhada).

Figura 21 - Participação dos municípios no CBH do Rio Pajeú e nos Conselhos Gestores de Açudes



Fonte: O autor com base em APAC (2022)

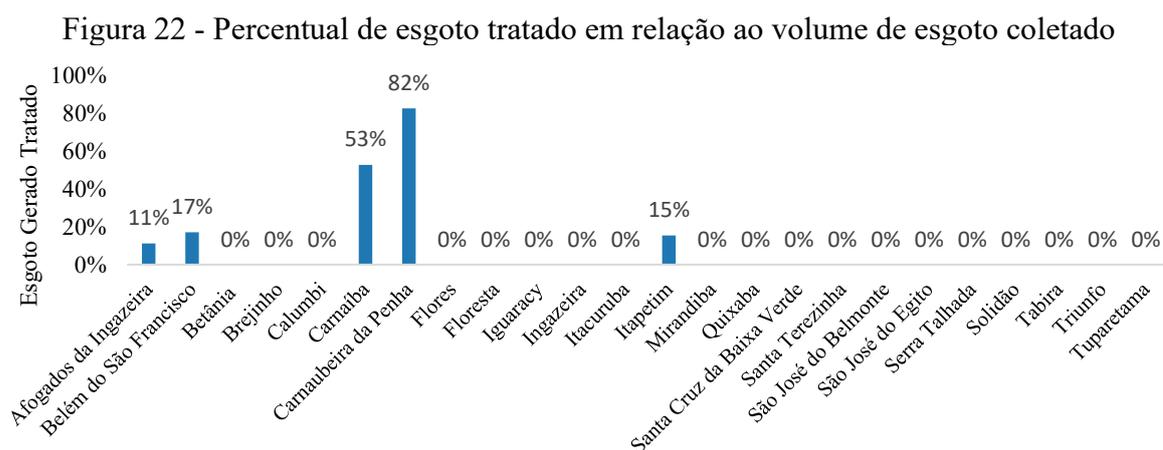
Em um estudo sobre os desafios e o potencial de ampliação da participação social na Gestão Integrada dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Pajeú, Lucena (2023) destaca que o processo histórico agravou problemas estruturais, como desigualdade social e alta pobreza, além de sérios problemas ambientais, destruição da natureza e crescimento desigual entre regiões, havendo uma transformação das atividades tradicionais rurais em favor do agronegócio, desarticulação entre os municípios e baixa participação social.

Quanto aos desafios da participação social na gestão dos recursos hídricos nesse território, a mesma autora identifica como os principais obstáculos a predominância do Estado

na implementação da política hídrica, a falta de discussão sobre temas cruciais, como conflitos pelo acesso à água, e à dimensão geográfica da bacia que enfatiza a necessidade de considerar as grandes diferenças socioambientais no planejamento das ações sobre os recursos hídricos (Lucena, 2023).

5.5 DIMENSÃO MEIO AMBIENTE

Na dimensão Meio Ambiente, a primeira variável analisada na categoria Pressão é o percentual de esgoto tratado em relação ao volume de esgoto coletado (Figura 22). Os baixos índices de coleta e tratamento de esgoto sanitário ameaçam diretamente os corpos hídricos, resultando em contaminação e comprometendo a qualidade da água. Além disso, a falta de saneamento básico tem um impacto significativo na saúde pública, especialmente entre as populações mais vulnerável que vivem em áreas sem condições mínimas de saneamento (Teixeira *et al.*, 2021).



Fonte: O autor com base em SNIS (2022)

A situação geral dos municípios da Unidade de Planejamento do Pajeú é crítica. Em 2022, apenas 18,94% do esgoto era coletado, e desse volume, somente 7,45% passava por algum tipo de tratamento antes de ser devolvido ao meio ambiente. Esse cenário é pior do que o do estado de Pernambuco, que coleta 30,45% do esgoto gerado e trata 68,19% desse volume coletado (SNIS, 2022).

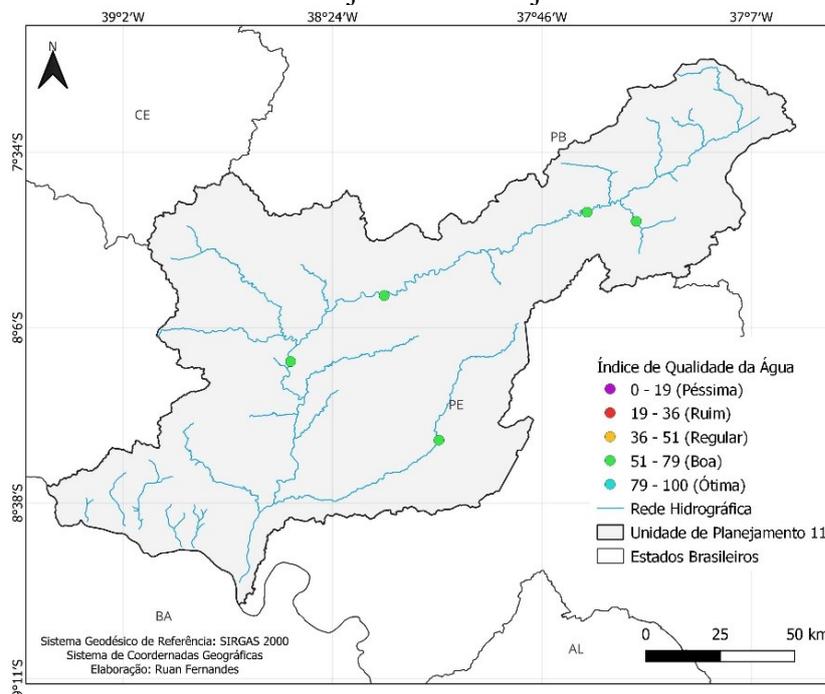
Entre os municípios que tratam o esgoto gerado, Calumbi e Carnaubeira da Penha apresentam os melhores índices. Além destes, Afogados da Ingazeira, Belém de São Francisco e Itapetim também tratam parcialmente o esgoto coletado. Na região, a coleta e o tratamento de esgotos são realizados em parte pela COMPESA e por outra parte pelas prefeituras de algumas cidades da região (Cambrinha; Gomez, 2022).

O diagnóstico do Plano Estadual de Recursos Hídricos (Pernambuco, 2022d) aponta que os “problemas de insegurança hídrica na maior parte desta UP e de qualidade de água em toda área, especialmente em seus reservatórios, devido a carências de saneamento básico, formam a pauta principal das questões a serem consideradas no seu gerenciamento”.

É essencial que o poder público desenvolva estratégias de investimentos para mudar esse quadro, uma vez que o ODS 6 tem como uma das metas “melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas [...]” (ONU, 2015).

Dentro da perspectiva da qualidade da água dos corpos hídricos, a Agência Nacional de Água (2023) calculou o Índice de Qualidade da Água (IQA) utilizando dados fornecidos pelas redes de monitoramento operadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos das Unidades da Federação. A Figura 23 apresenta a média do IQA para os pontos de monitoramento na Unidade de Planejamento do Pajeú que tinham pelo menos 10 observações entre 2010 e 2023.

Figura 23 - Índice de Qualidade da Água em pontos de monitoramento da Unidade de Planejamento do Pajeú



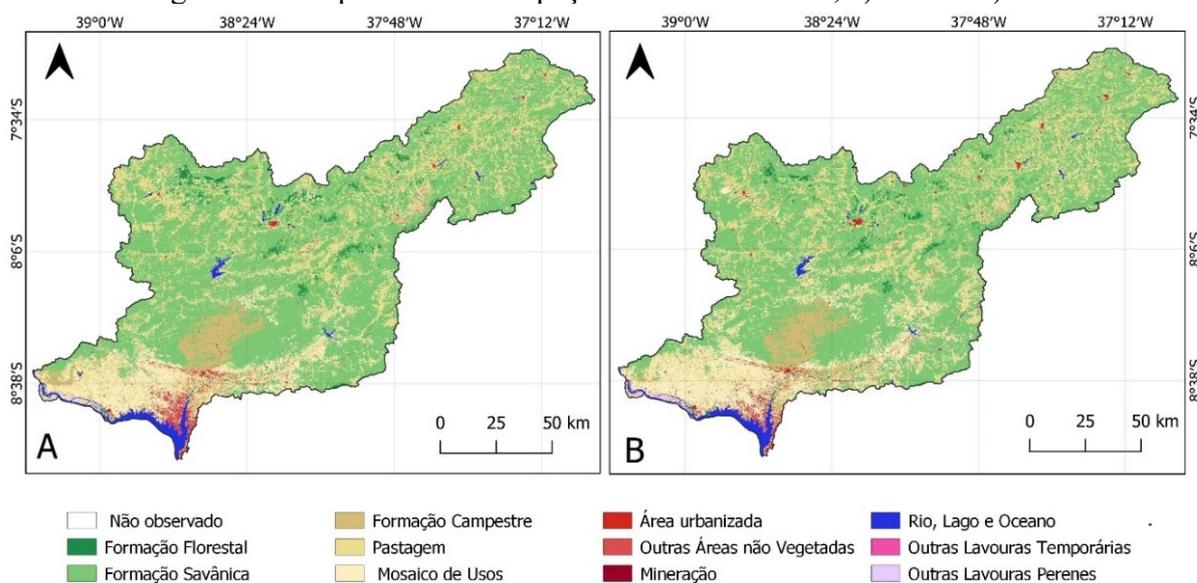
Fonte: O autor com base em ANA (2023)

Conforme mostrado no mapa acima, os pontos monitorados estão localizados nos açudes do Rosário, Brotas, Jazigo, Serrinha II e Barra do Juá, que se encontram ao longo do Rio Pajeú e em afluentes como o Riacho da Volta e o Riacho da Maravilha. Apesar do déficit na coleta e tratamento de esgoto, os dados indicam um Índice de Qualidade da Água nesses

pontos é classificado como “Bom”, variando entre 51 e 79. Esse cálculo utiliza parâmetros físicos, químicos e biológicos, como temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais e turbidez (ANA, 2023).

O processo de desertificação no Semiárido pernambucano é atribuído principalmente às mudanças no uso e cobertura do solo, incluindo a remoção da caatinga seguida pela queima dos resíduos para introdução de culturas e pastagens, aliado ao manejo inadequado do solo e dos rebanhos (Accioly apud EMBRAPA, 2017). Nesse sentido, algumas variáveis da dimensão Meio Ambiente analisam o uso e ocupação do solo na região da UP do Pajeú entre os anos de 2010 e 2022, conforme dados do MAPBIOMAS (2022) apresentados na Figura 24.

Figura 24 - Mapa de uso e ocupação do solo da UP11, a) 2010 e b) 2022



Fonte: O autor com base em MAPBIOMAS (2022)

Com o auxílio da Tabela 10, observa-se que os municípios do Baixo Pajeú, próximos ao reservatório de Itaparica, apresentam um crescimento no uso do solo para fins agropecuário, destacando-se a pastagem e áreas onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.

Os municípios de Belém de São Francisco, Carnaubeira da Penha, Mirandiba e Itacuruba tiveram um crescimento acima de 15% entre 2010 e 2022. Destes, Belém de São Francisco é o que mais utiliza água para fins agropecuários e o que mais perdeu área de cobertura vegetal no mesmo período, restando atualmente apenas 30% do seu território coberto por vegetação, o que desenha um cenário preocupante.

Em Itacuruba, o avanço do uso agropecuário do solo entre 2010 e 2022 é evidente, especialmente em áreas anteriormente classificadas como “outras áreas não vegetadas”,

conforme observado na Figura 24. Outro fator alarmante nesse município é que apenas 4% do seu território tem cobertura vegetal.

Tabela 10 - Uso e ocupação do solo para fins agrícolas e cobertura vegetal em 2010 e 2022 e área total dos municípios da UP11

Município	Uso Agropecuário			Cobertura Vegetal			Área Total (km ²)	Área com vegetação 2022 (%)
	2010 (km ²)	2022 (km ²)	Taxa de Variação (%)	2010 (km ²)	2022 (km ²)	Taxa de Variação (%)		
Afogados da Ingazeira	149,1	139,9	-6%	221,1	227,8	3%	377,7	60%
Belém de São Francisco	1.000,5	1.179,2	18%	727,5	554,1	-24%	1.830,8	30%
Betânia	308,1	388,9	26%	928,8	846,7	-9%	1.244,1	68%
Brejinho	43,5	44,1	1%	61,5	60,8	-1%	106,0	57%
Calumbi	46,4	43,2	-7%	132,4	135,4	2%	179,3	76%
Carnaíba	174,4	154,9	-11%	249,8	269,5	8%	427,8	63%
Carnaubeira da Penha	181,2	232,2	28%	811,5	761,7	-6%	1.004,7	76%
Flores	294,4	263,9	-10%	696,8	727,4	4%	955,6	76%
Floresta	965,8	1.013,8	5%	2.275,3	2.274,7	0%	3.605,0	63%
Iguaracy	205,6	255,3	24%	627,0	577,1	-8%	838,1	69%
Ingazeira	82,8	98,0	18%	158,2	142,5	-10%	243,6	58%
Itacuruba	173,8	209,0	20%	19,6	19,0	-3%	430,0	4%
Itapetim	133,0	135,8	2%	273,7	272,4	0%	411,9	66%
Mirandiba	155,6	185,8	19%	663,1	631,6	-5%	821,7	77%
Quixaba	76,8	70,2	-9%	133,5	139,6	5%	210,7	66%
Santa Cruz da Baixa Verde	47,1	30,5	-35%	67,4	83,3	24%	114,9	72%
Santa Terezinha	64,9	66,3	2%	133,8	132,0	-1%	200,3	66%
São José do Belmonte	502,7	458,4	-9%	964,1	1.008,7	5%	1.474,1	68%
São José do Egito	247,3	254,3	3%	520,3	511,5	-2%	774,0	66%
Serra Talhada	804,0	866,1	8%	2.117,9	2.058,6	-3%	2.980,0	69%
Solidão	31,5	31,9	1%	106,6	106,0	-1%	138,4	77%
Tabira	164,5	161,2	-2%	222,8	223,9	0%	390,4	57%
Triunfo	38,9	23,1	-41%	151,5	166,7	10%	191,5	87%
Tuparetama	69,0	70,4	2%	118,6	116,9	-1%	189,5	62%

Fonte: O autor com base em MAPBIOMAS (2022)

Os municípios do Alto Pajeú, onde as atividades agropecuárias são menos intensas, registram taxas de crescimento negativas, indicando uma retração no uso do solo para esses fins, ou taxas de crescimento menores que 3%. No entanto, observa-se nesses municípios um crescimento acentuado das áreas urbanizadas entre 2010 e 2022. Nessa região, Triunfo se destaca por ter a maior cobertura vegetal, o que é compatível com o clima de altitude e os altos índices anuais de precipitação.

Diante desse cenário e das mudanças climáticas, é crucial que o poder público elabore legislação ou instrumento de gestão ambiental apropriados. O Quadro 7 apresenta o resultado de uma pesquisa realizada pelo IBGE (2020) com os municípios, mostrando a existência de tais

legislações ou instrumentos, mesmo que estejam incorporados na Lei Orgânica, Plano Diretor, Código Ambiental, entre outros.

Quadro 7 - Existência de legislações e instrumentos de gestão ambiental nos municípios da UP11

Município	Saneamento Básico	Gestão de Bacias Hidrográficas	Zona de Proteção ou Controle Ambiental	Proteção à Biodiversidade	Adaptação e Mitigação de Mudanças do Clima
Afogados da Ingazeira	Não	Não	Não	Não	Não
Belém de São Francisco	Não	Não	Não	Não	Não
Betânia	Não	Não	Não	Não	Não
Brejinho	Não	Não	Não	Não	Não
Calumbi	Não	Não	Não	Não	Não
Carnaíba	Não	Não	Não	Não	Não
Carnaubeira da Penha	Não	Não	Não	Não	Não
Flores	Não	Não	Não	Não	Não
Floresta	Não	Não	Não	Não	Não
Iguaracy	Não	Não	Não	Não	Não
Ingazeira	Não	Não	Não	Não	Não
Itacuruba	Não	Não	Não	Não	Não
Itapetim	Sim	Não	Não	Não	Não
Mirandiba	Não	Não	Não	Não	Não
Quixaba	Não	Não	Não	Não	Não
Santa Cruz da Baixa Verde	Não	Não	Não	Não	Não
Santa Terezinha	Sim	Não	Sim	Sim	Não
São José do Belmonte	Não	Sim	Sim	Não	Não
São José do Egito	Não	Não	Sim	Sim	Não
Serra Talhada	Sim	Não	Não	Sim	Não
Solidão	Não	Não	Não	Não	Não
Tabira	Não	Não	Não	Não	Não
Triunfo	Não	Não	Não	Não	Não
Tuparetama	Não	Não	Não	Não	Não

Fonte: O autor com base em (IBGE, 2020)

As temáticas analisadas neste estudo para essa variável incluem saneamento básico, gestão de bacias hidrográficas, área e/ou zona de proteção ou controle ambiental, proteção à biodiversidade e adaptação e mitigação de mudanças do clima. Nota-se que 19 dos 24 municípios da área de estudo (79%) não possuem nenhuma legislação ou instrumento que aborde essas temáticas. Santa Terezinha é o destaque positivo, possuindo legislação sobre saneamento básico, área e/ou zona de proteção ou controle ambiental e proteção à biodiversidade.

Os dados obtidos indicam que a legislação específica sobre meio ambiente ainda necessita de muitos avanços nos municípios. Leme (2016) destaca que muitos desafios ambientais ultrapassam as fronteiras municipais, como no caso dos recursos hídricos; no

entanto, há aspectos ambientais que podem ser abordados localmente, desde que estejam em conformidade com as leis estaduais e federais. O autor ressalta a importância de os municípios desenvolverem legislações próprias para guiar as políticas ambientais locais e orientar a atuação do poder público na gestão dessas questões.

5.6 ÍNDICE DE POBREZA HÍDRICA APRIMORADO (eIPH)

Com base em todos os dados selecionados e apresentados aqui, as variáveis foram normalizadas conforme os critérios definidos no item 4.2.3 da metodologia. Posteriormente, foram agregadas para formar as dimensões em cada categoria, utilizando-se uma média aritmética. Em seguida, foram combinadas nas três categorias para cada dimensão do índice, empregando-se uma função aditiva. Os resultados estão expostos na Tabela 11 para cada categoria do modelo PSR e na Figura 25 para as dimensões.

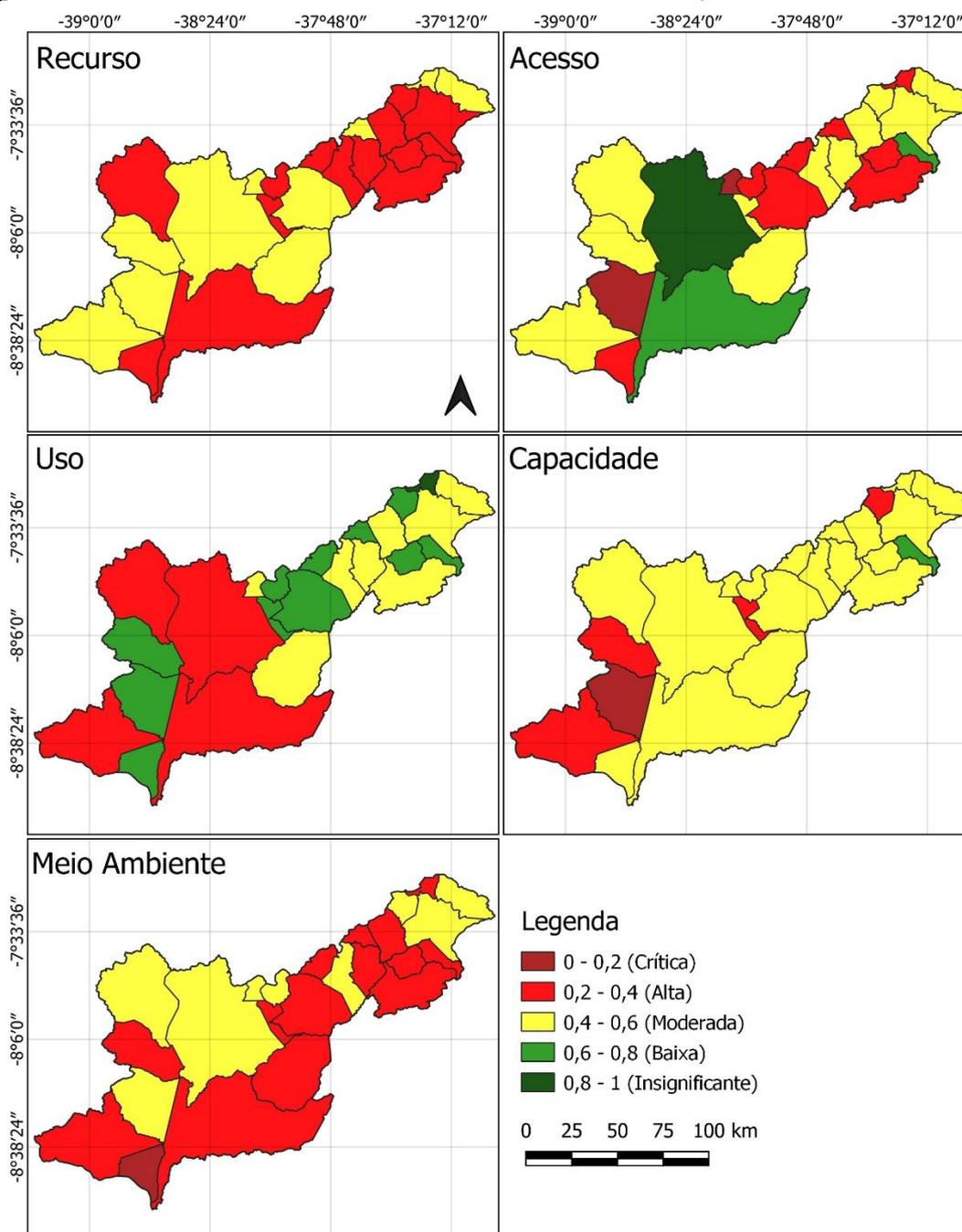
Tabela 11 - Resultados da agregação das variáveis em cada categoria do modelo PSR

Município	Recurso			Acesso			Uso			Capacidade			Meio Ambiente		
	RP	RE	RR	AP	AE	AR	UP	UE	UR	CP	CE	CR	EP	EE	ER
Afogados da Ingazeira	0,4	0,4	0,0	0,7	0,6	0,1	0,3	0,2	0,9	0,1	0,6	0,6	0,3	0,8	0,0
Belém de São Francisco	0,7	0,3	0,5	0,7	0,6	0,1	0,4	0,2	0,5	0,5	0,4	0,1	0,2	0,7	0,0
Betânia	0,4	0,3	0,5	0,9	0,4	0,1	0,6	0,2	1,0	0,4	0,4	0,6	0,0	0,8	0,0
Brejinho	0,2	0,3	0,8	0,5	0,4	0,1	0,8	0,7	1,0	0,5	0,5	0,7	0,2	0,8	0,0
Calumbi	0,7	0,4	0,0	0,7	0,5	0,1	0,8	0,2	1,0	0,0	0,4	0,3	0,3	0,9	0,0
Carnaíba	0,7	0,3	0,0	0,8	0,6	0,1	0,4	0,2	1,0	0,4	0,4	0,6	0,5	0,8	0,0
Carnaubeira da Penha	0,6	0,3	0,5	0,0	0,2	0,0	0,7	0,2	1,0	0,0	0,3	0,0	0,4	0,9	0,0
Flores	0,7	0,3	0,5	0,7	0,4	0,1	0,8	0,3	0,9	0,6	0,4	0,5	0,3	0,9	0,0
Floresta	0,6	0,3	0,0	0,7	0,8	0,4	0,6	0,1	0,0	0,5	0,6	0,1	0,2	0,8	0,0
Iguaracy	0,7	0,4	0,0	0,6	0,4	0,1	0,4	0,2	1,0	0,4	0,5	0,6	0,0	0,8	0,0
Ingazeira	0,4	0,3	0,3	0,7	0,3	0,1	0,7	0,2	1,0	0,2	0,4	0,7	0,1	0,8	0,0
Itacuruba	0,7	0,3	0,0	0,4	0,5	0,3	0,8	0,3	0,9	0,2	0,4	0,8	0,1	0,5	0,0
Itapetim	0,7	0,3	0,5	0,7	0,5	0,1	0,5	0,3	1,0	0,5	0,4	0,7	0,3	0,8	0,2
Mirandiba	0,7	0,4	0,3	0,6	0,8	0,2	0,9	0,1	0,9	0,3	0,4	0,1	0,1	0,9	0,0
Quixaba	0,7	0,3	0,0	0,5	0,6	0,1	0,8	0,2	1,0	0,4	0,4	0,8	0,3	0,8	0,0
Santa Cruz da Baixa Verde	0,3	0,3	0,8	0,4	0,0	0,0	0,4	0,2	1,0	0,5	0,4	0,6	0,5	0,9	0,0
Santa Terezinha	0,4	0,3	0,3	0,7	0,6	0,1	0,8	0,3	1,0	0,6	0,4	0,1	0,2	0,8	0,6
São José do Belmonte	0,3	0,4	0,2	0,7	0,6	0,1	0,5	0,1	0,6	0,6	0,4	0,1	0,3	0,8	0,4
São José do Egito	0,7	0,4	0,0	0,8	0,8	0,1	0,4	0,4	0,9	0,6	0,5	0,7	0,2	0,8	0,4
Serra Talhada	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	0,4	0,2	0,5	0,4	0,7	0,6	0,1	0,8	0,4
Solidão	0,3	0,3	0,8	0,5	0,2	0,1	0,6	0,3	1,0	0,3	0,4	0,8	0,2	0,9	0,0
Tabira	0,6	0,4	0,0	0,8	0,5	0,1	0,6	0,2	1,0	0,4	0,4	0,5	0,2	0,8	0,0
Triunfo	0,5	0,3	0,3	0,6	0,3	0,1	0,7	0,1	1,0	0,5	0,4	0,7	0,5	0,9	0,0
Tuparetama	0,6	0,4	0,0	0,6	0,5	0,9	0,6	0,2	1,0	0,5	0,5	0,8	0,2	0,8	0,0

Fonte: O autor (2024)

Legenda: RP: Recurso/Pressão; RE: Recurso/Estado; RR: Recurso/Resposta; AP: Acesso/Pressão; AE: Acesso/Estado; AR: Acesso/Resposta; UP: Uso/Pressão; UE: Uso/Estado; UR: Uso/Resposta; CP: Capacidade/Pressão; CE: Capacidade/Estado; CR: Capacidade/Resposta; EP: Meio Ambiente/Pressão; EE: Meio Ambiente/Estado; ER: Meio Ambiente /Resposta.

Figura 25 - As dimensões do eIPH: Recurso, Acesso, Uso, Capacidade e Meio Ambiente



Fonte: O autor (2024)

Na dimensão Recurso (Figura 25), os municípios são classificados entre as categorias “Alta” e “Moderada” de pobreza hídrica. As principais variáveis que influenciam esse resultado são a ocorrência de seca na região entre 2017 e 2020, a disponibilidade hídrica *per capita*, o planejamento para adequação do sistema produtor de água e a existência do Plano de Contingência e/ou Preservação para a Seca, sendo estas duas última relacionadas à categoria Resposta. Observa-se uma concentração de municípios classificados na categoria “Alta” na região do Alto Pajeú. Nessa área, a maioria dos municípios não dispõe de um planejamento de

preservação para seca, apesar de esse ser um fenômeno constante e cíclico. Esse fator determinante para essa classificação.

Na dimensão Acesso (Figura 25), Serra Talhada, Floresta e Tuparetama obtiveram os melhores índices, estando classificados nas categorias de pobreza hídrica “Baixa” e “Insignificante”. Esse resultado está relacionado aos bons índices de acesso à água e esgotamento sanitário, bem como os investimentos previstos para ampliação desses serviços até 2033. Em contrapartida, Carnaubeira da Penha e Santa Cruz da Baixa Verde, que apresentam os piores índices de acesso à água e baixos valores nas demais variáveis dessa dimensão, estão classificados na categoria “Crítica”. Isso evidencia a necessidade de ampliar o acesso à água e ao esgotamento sanitário nesses municípios, aumentando os investimentos e priorizando atividades relacionadas a essa temática.

Na dimensão Uso (Figura 25), constata-se que os municípios situados na região mais baixa da bacia hidrográfica apresentam um alto índice de pobreza hídrica. Isso reflete a ineficiência monetária desses municípios em relação aos usos agropecuário e industrial, indicando que utilizam mais água para gerar riquezas no PIB municipal nesses setores do que os demais municípios. Vale ressaltar os maiores perímetros irrigados da UP11, estão localizados nesses municípios. Brejinho é o município que apresenta o melhor desempenho nessa dimensão, demonstrando bom resultados nas variáveis analisadas, exceto na variável de consumo *per capita* de água para uso doméstico, que foi próxima de 50 litros por habitante por dia. Esse resultado sugere que a população sofre com racionamentos de água devido à baixa disponibilidade hídrica.

Carnaubeira da Penha apresenta o pior resultado na dimensão Capacidade (Figura 25), devido ao alto percentual de pessoas inscritas no CadÚnico, ao elevado índice de internações por DRSAI, à falta de participação dos diversos setores nos fóruns de discussão sobre recursos hídricos, ao baixo desempenho na educação básica e aos baixos gastos em saúde. Na área de estudo, a elevada inscrição no Cadastro Único do Governo Federal para Programas Sociais evidencia a vulnerabilidade da população com relação à renda. Além disso, a ausência de participação de vários municípios nos órgãos colegiados que discutem os recursos hídricos na região, como o Comitê da Bacia Hidrográfica do Pajeú e os Conselhos Gestores de Açude, destaca a importância de um pilar de participação para uma gestão participativa, descentralizada, integrada e eficiente dos recursos hídricos.

Na dimensão Meio Ambiente (Figura 25), todos os municípios requerem atenção do poder público. A falta de tratamento do esgoto sanitário coletado, o crescimento de usos do solo que suprimem a cobertura vegetal, como uso agropecuário e áreas urbanizadas, e a falta de

legislação ou instrumento de gestão ambiental colocam os municípios da Unidade de Planejamento do Pajeú nas classes “Crítica”, “Alta” e “Moderada” nessa dimensão.

Após calcular os resultados das dimensões, aplicou-se a Análise de Componentes Principais (ACP) por correlação. Os resultados são mostrados na Tabela 12. A primeira componente principal gerada (CP1), que captura a maior informação e apresenta a maior variabilidade dos dados originais, representou 36,4% da variância total. A segunda componente principal gerada (CP2) captou 21,1% e a terceira (CP3) captou 19,7%, somando 77,2% da variância total. As duas componentes restantes, CP4 e CP5, apresentam 14,0% e 8,8%, respectivamente.

Tabela 12 - Componentes principais e pesos das dimensões

Variável	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	Pesos (w_i)
Recurso	-0,517	-0,016	-0,147	0,832	-0,137	0,329
Acesso	0,620	-0,112	0,054	0,274	-0,725	-0,297
Uso	-0,517	-0,457	-0,146	-0,446	-0,551	0,502
Capacidade	0,260	-0,819	-0,298	0,157	0,386	0,301
Ambiente	0,116	0,330	-0,930	-0,096	-0,058	0,164

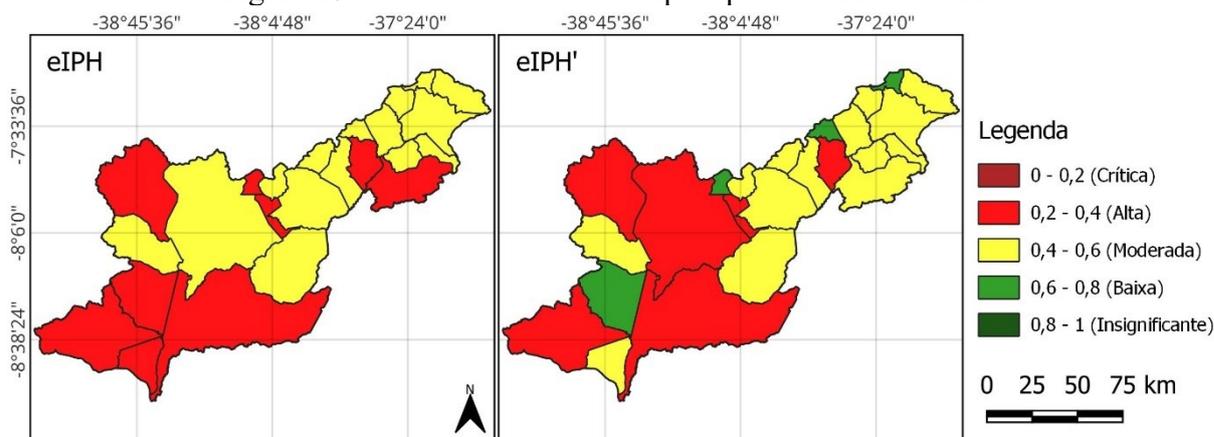
Fonte: O autor (2024)

A sequência de autovalores encontrados foi: $\lambda_1=1,81$; $\lambda_2=1,05$; $\lambda_3=0,98$; $\lambda_4=0,69$; e $\lambda_5=0,44$. Foram considerados os autovalores maiores que 0,7 na matriz de correlação, correspondendo às componentes principais CP1, CP2 e CP3. Utilizando-se a Equação 5, calculou-se os valores dos pesos das dimensões do eIPH, reescalando-os para que a soma resultasse em 1. Os pesos calculados são mostrados na Tabela 12.

A ponderação dos pesos destaca as dimensões Uso, Capacidade e Recurso, evidenciando a importância dos usos múltiplos da água, do contexto socioeconômico, da gestão participativa dos recursos hídricos e da disponibilidade dos recursos hídricos na análise da pobreza hídrica da região. Este resultado sublinha a relevância da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos, que deve equilibrar os diversos objetivos de diferentes interesses, levando em consideração o desenvolvimento econômico, a equidade social e a proteção ambiental, tanto para as gerações atuais quanto para as futuras (Zamignan, 2018).

As dimensões foram agregadas para formar o Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado, conforme metodologia descrita no item 4.2.5. A Figura 26 mostra os resultados do cálculo do índice com pesos iguais para as dimensões (eIPH) e com os pesos obtidos por meio da ACP (eIPH'), conforme apresentados na Tabela 18.

Figura 26 - Resultados dos municípios para o eIPH e o eIPH'



Fonte: O autor (2024)

Os valores de eIPH na Figura 26 indicam que os municípios apresentam pobreza hídrica entre alta e moderada, com a média da Unidade de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Pajeú em 0,42, indicando pobreza hídrica moderada, porém muito próxima de um grau mais severo. O desvio padrão de 0,06 revela uma baixa variabilidade dos dados para a região.

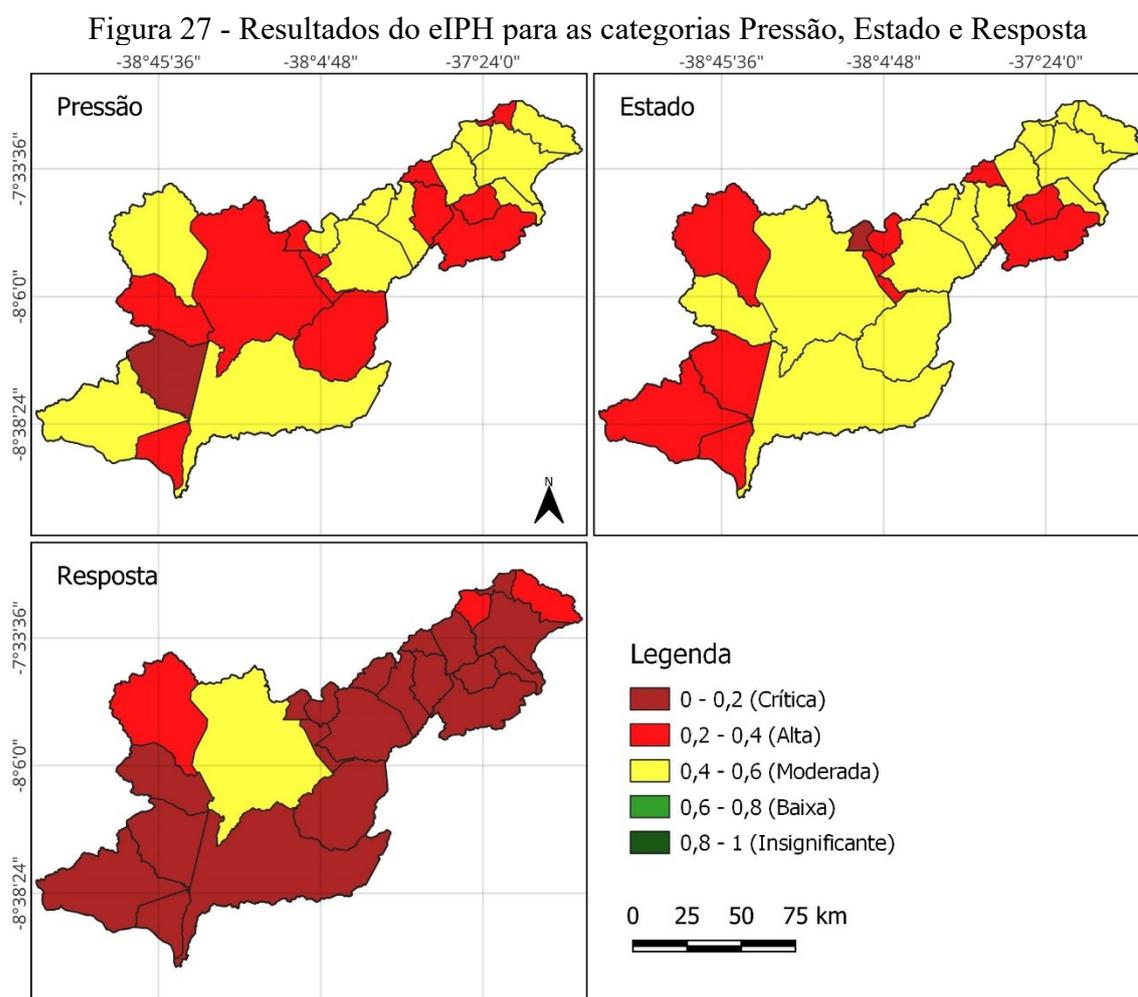
Pesquisas em locais com características climáticas semelhantes à Unidade de Planejamento do Pajeú mostram resultados similares. Shalamzari e Zhang (2018) avaliaram o nível geral de pobreza hídrica na Província do Golestan, no Nordeste do Irã, como 0,41, indicando uma grave pobreza hídrica. Wang, Li e Chen (2023) encontraram um valor médio do IPH na Área Árida do Noroeste da China de 0,456, de 2001 a 2020, indicando seca severa. No município de Santo Domingo, San Luis Potosí, México, com clima predominantemente seco e 99% de dependência das águas subterrâneas do aquífero Barril, o IPH obteve pontuação de 0,27, conforme pesquisa de Lopez-Alvarez *et al.* (2020).

No Brasil, Ogata (2014) encontrou valores de Índice de Pobreza Hídrica variando entre 0,46 e 0,53 nos trechos do alto, médio e baixo da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba e da sub-bacia do Taperoá. Senna (2015) avaliou vários municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó, encontrando índices inferiores a 0,55. Neto *et al.* (2023) obtiveram resultados semelhantes ao estudar a pobreza hídrica em 139 municípios do Estado de Tocantins, onde a maioria apresentou grau de pobreza hídrica variando entre bom e crítico.

Ao analisar o índice com os pesos das dimensões obtidos pela Análise de Componentes Principais (eIPH'), nota-se na imagem da direita da Figura 26 que o cenário muda pouco. Apenas alguns municípios transacionaram para a categoria de baixa pobreza hídrica. Além disso, a média da região passou de 0,42 para 0,48, permanecendo na categoria de pobreza moderada, com o desvio padrão aumentando para 0,12, indicando uma maior variabilidade dos dados.

Assim, conclui-se que a ponderação dos componentes utilizando ACP teve pouco efeito na conjuntura global da análise da pobreza hídrica, mas teve impacto significativo na escala municipal, especialmente para aqueles com bom desempenho nas dimensões Uso, Recurso e Capacidade.

Para entender as relações causais, calculou-se o eIPH para cada categoria do modelo PSR, agregando-se as dimensões separadamente nas categorias Pressão, Estado e Resposta. Os resultados estão apresentados na Figura 27.

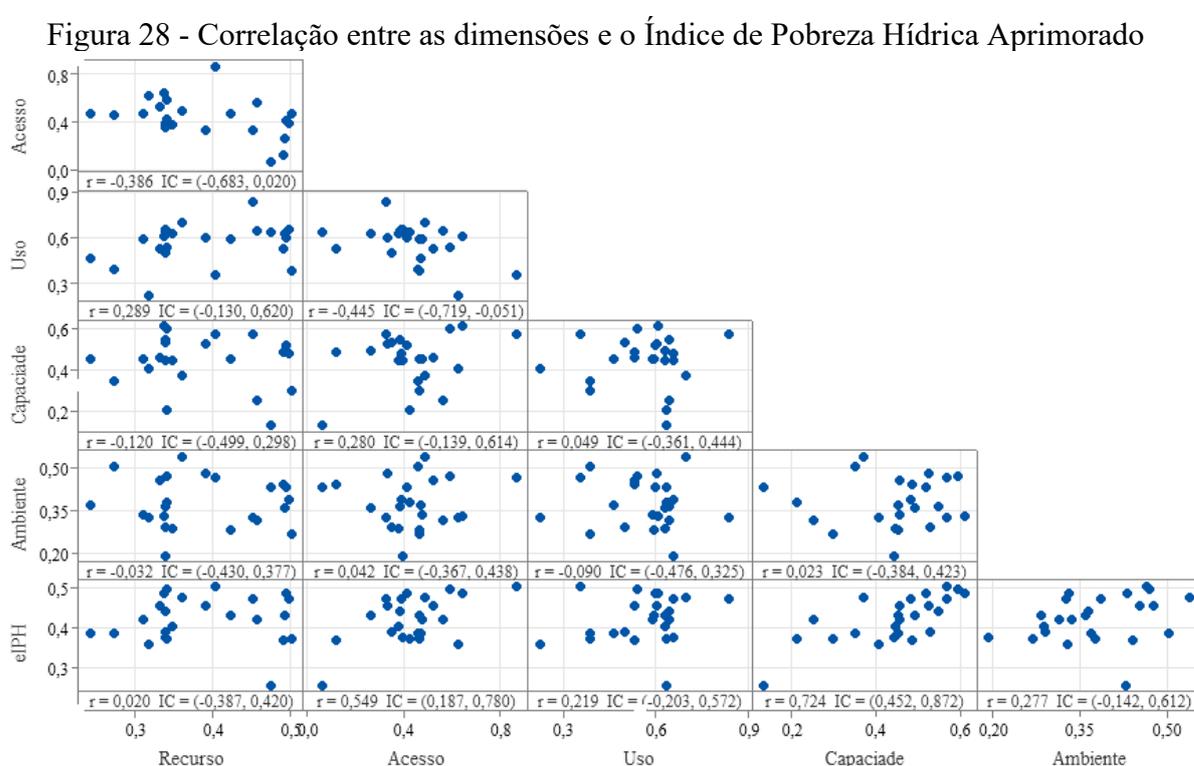


Fonte: O autor (2024)

Assim como no Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado geral, as condições atuais têm pontuações moderada (Estado: 0,404). Existem pressões significativas (0,399) que comprometem a gestão eficiente dos recursos hídricos e o meio ambiente, especificamente devido a poluição do esgoto não tratado. Além disso, há uma ausência de respostas institucionais eficazes para enfrentar esses desafios (0,060). O baixo valor na categoria Resposta reflete a falta de legislações e instrumentos de gestão ambiental, bem como a ausência

de planos de contingência contra a seca e mudanças climáticas, que afeta frequentemente a região.

Também foi analisada a correlação entre as dimensões e o índice composto final, conforme mostrado na Figura 28. A maior correlação observada é entre o eIPH e a dimensão Capacidade (0,724). Os coeficientes de correlação para as demais dimensões são todos inferiores a 0,7, confirmando que as variáveis não são redundantes entre si. Essa ausência de alta correlação é desejável, pois variáveis correlacionadas podem criar redundância, reduzindo a utilidade do índice como ferramenta de política.



Fonte: O autor (2024)

A alta correlação positiva do eIPH com as dimensões Acesso e Capacidade, combinada com a baixa correlação com a dimensão Recurso, sugere que a pobreza hídrica é diretamente influenciada pelo acesso da população à água e o contexto socioeconômico do que pela quantidade física de água disponível. Em outras palavras, a quantidade de água sozinha não é suficiente para definir a pobreza hídrica de uma região.

Além disso, a correlação negativa entre as dimensões Capacidade e Recurso (-0,12), indica que simplesmente aumentar a disponibilidade hídrica pode melhorar a qualidade de vida da população se esta não tiver acesso à água. A correlação positiva entre Capacidade e Acesso (0,28) reforça a importância do acesso à água para o bem-estar da população. Outra

possibilidade é que os municípios podem avançar nas questões socioeconômicas abordadas pela dimensão Capacidade, mas ainda enfrentar pobreza hídrica em termos quantitativos.

Por fim, as correlações negativas entre Acesso e Recurso (-0,38) e entre Acesso e Uso (-0,44) indicam que o aumento da disponibilidade de recursos hídricos não garante necessariamente um maior acesso para a população. Além disso, o aumento do uso da água pelos setores agropecuário e industrial, por exemplo, junto com as perdas na rede de distribuição, tende a reduzir a oferta de água para consumo humano.

6 CONCLUSÕES

A análise da pobreza hídrica na Unidade de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, utilizando o Índice de Pobreza Hídrica Aprimorado (eWPI), revelou importantes entendimentos sobre a disponibilidade e gestão dos recursos hídricos na região.

Na etapa de seleção e análise das variáveis, verificou-se que as informações dos bancos de dados disponíveis para as diversas dimensões avaliadas dificultam o processo de gestão integrada dos recursos hídricos. Do ponto de vista de escala espacial, a maioria dos dados socioeconômicos é gerada pelos programas de monitoramento em escala municipal, enquanto os dados hidrológicos quantitativos e qualitativos são gerados em escala de bacia hidrográfica. Além disso, os dados possuem diferentes frequência de atualização, resultando em escalas temporais distintas, o que dificulta um diagnóstico preciso sobre o estado atual da pobreza hídrica na região.

Os municípios da Unidade de Planejamento da Bacia Hidrográfica do Pajeú apresentam uma pobreza hídrica variando de alta a moderada, com uma média regional de 0,42. A análise do índice ajustado pelas dimensões obtidas pela Análise de Componentes Principais revelou uma leve mudança na média regional para 0,48. Embora as mudanças na conjuntura global tenham sido modestas, a ponderação dos componentes teve um impacto mais notável em nível municipal, principalmente nos que apresentaram melhor desempenho nas dimensões com maiores pesos.

Carnaubeira da Penha apresentou o nível mais crítico de pobreza hídrica, influenciado pelo baixo desempenho nas dimensões Acesso e Capacidade, indicando áreas prioritárias de atuação visando mitigar os efeitos da pobreza hídrica sobre a população. Por outro lado, Serra Talhada teve o melhor índice, com um nível moderado de pobreza hídrica, mas ainda necessitando evoluir em variáveis relacionadas as dimensões Recurso, Uso e Meio Ambiente.

A análise do modelo Pressão-Estado-Resposta (PSR) mostra que a condição de pobreza hídrica, classificada como moderada, pode ser agravada por pressões significativas que comprometem a gestão eficiente dos recursos hídricos e o meio ambiente. Além disso, a ausência de respostas institucionais eficazes é um fator preocupante.

Os resultados demonstraram que, embora a quantidade de água disponível seja um fator crítico, a pobreza hídrica na bacia do Rio Pajeú é significativamente influenciada por fatores socioeconômicos e pelo acesso efetivo aos recursos hídricos. A alta correlação entre as dimensões de Acesso e Capacidade com o eWPI destaca a importância de melhorar a

infraestrutura e as políticas de gestão para assegurar que a população tenha acesso adequado e sustentável à água.

Adicionalmente, a baixa correlação com a dimensão Recurso sugere que medidas isoladas de aumento da disponibilidade hídrica podem não ser suficientes para melhorar a qualidade de vida na região. É essencial que estratégias integradas considerem não apenas a oferta de água, mas também a distribuição e o acesso, juntamente com o fortalecimento das capacidades institucionais e socioeconômicas.

Esses achados reforçam a necessidade de políticas públicas mais abrangentes e integradas, que vão além da simples ampliação da oferta de água, incluindo medidas de melhoria da infraestrutura, educação, governança e planejamento de contingência. A utilização do eIPH como ferramenta de avaliação provou ser eficaz para identificar os pontos críticos e orientar as ações necessárias para a mitigação da pobreza hídrica na Bacia do Rio Pajeú.

Em conclusão, o estudo destaca que a gestão sustentável dos recursos hídricos na região deve abordar de forma holística as dimensões físicas, socioeconômicas e institucionais para promover um desenvolvimento equitativo e resiliente. A elaboração de diretrizes a partir dos resultados do Índice de Pobreza Hídrica poderá auxiliar na elaboração de políticas públicas eficazes, sustentáveis e inclusivas, oferecendo um caminho promissor para o monitoramento contínuo das ações.

Conforme os resultados e a discussão apresentada, foi verificado a necessidade de adotar ações prioritárias para melhorar o acesso ao esgotamento sanitário e expandir os serviços de tratamento do esgoto coletado. Também é fundamental melhorar o acesso à água potável, principalmente nos municípios de Carnaubeira da Penha e Santa Cruz da Baixa Verde, além de desenvolver planos de melhorias em sistemas produtores de água em diversos municípios. O estímulo à participação ativa dos diversos atores da gestão de recursos hídricos em órgãos colegiados que discutem a temática é igualmente essencial. Recomenda-se que o Estado e a União forneçam suporte técnico e financeiro aos municípios da região, auxiliando na elaboração de planos de contingência contra a seca e na implantação de legislações ou instrumento de gestão ambiental, com atenção especial às ações voltadas para adaptação e mitigação das mudanças climáticas, uma vez que a UP do Rio Pajeú está inserida na região semiárida sendo vulnerável a eventos climáticos extremos.

Para trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas que busque aprimorar a avaliação de robustez do índice, reduzindo o número de variáveis e padronizando seu desenvolvimento do índice para o nível de bacia hidrográfica, de modo a mitigar suas limitações. Outro estudo relevante seria o monitoramento contínuo da Unidade de Planejamento

do Rio Pajeú, utilizando o eIPH, o que permitiria avaliar o progresso das ações de gestão dos recursos hídricos e seus efeitos na redução da pobreza hídrica. Por fim, recomendamos aprofundar a análise da pobreza hídrica na região por meio de recortes de gênero e de espaço, investigando como a pobreza hídrica afeta de maneira diferenciada as mulheres e os territórios rurais e urbano.

REFERÊNCIAS

ABAR. **Tarifa social nas companhias estaduais de saneamento básico e o papel da regulação.** 2020.

AGÊNCIA ESTADUAL DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS DE PERNAMBUCO. **Bacia Hidrográfica Do Rio Una, Quarto e Quinto Grupos de Bacias Hidrográficas de Pequenos Rios Litorâneos – GL 4 e GL 5.** Recife CONDEPE/FIDEM, 2006. (Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco Nº 3).

ARPE - AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DE PERNAMBUCO. **Requerimento de Comprovação de Capacidade Econômico-Financeira da Compesa.** Relatório Comissão nº 01/2022. Portaria ARPE nº 001/2022. Recife, 2022.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **A Implementação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos e Agência de Água das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.** Brasília: ANA, SAG, 2007.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Irrigação.** Brasília, DF. 2017.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil.** Brasília: ANA, 2019a. 75 p.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Plano Nacional de Segurança Hídrica.** Brasília: ANA, 2019b. 112 p.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Qualidade da água superficial no Brasil.** 2023. Disponível em: <https://qualidadedaagua.ana.gov.br/iqa.html>. Acesso em: 15 abr. 2024.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano.** Brasília: ANA, 2021. 332 p.

APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Bacias Hidrográficas – Rio Pajeú.** 2019. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/169-bacias-hidrograficas-rio-pajeu/202-bacia-do-rio-pajeu>. Acesso em: 02 jan. 2024.

APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Gestão Participativa.** 2022. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/gestao-participativa/128-organismos-colegiados/366-comites-de-bacia>. Acesso em: 02 jan. 2024.

APAC - AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Atlas climatológico do Estado de Pernambuco: normais climatológicos 1991-2020.** Gerência de Meteorologia e Mudanças Climáticas. Recife: APAC, GMMC, 2023.

AGUIAR, V. C. **Simulação do sistema de reservatórios do projeto de integração do rio São Francisco diante de cenários de seca hidrológica.** 2019. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

- ALBUQUERQUE, C. de. **Manual prático para realização dos direitos humanos à água e ao saneamento pela relatora especial da ONU, Catarina de Albuquerque**. Human Rights to Water & Sanitation un Special Rapporteur, Portugal, 2014.
- ALVES, T. G. R. **Bioma Caatinga – um olhar sobre o recorte territorial de Patos/PB**. 2020. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2020.
- AMORIM, A. R. de. Interfaces entre o direito internacional e o direito brasileiro acerca do acesso à água e a proposta de emenda à Constituição nº. 4, de 2018. **Anuário Mexicano de Derecho Internacional**, Ciudad de México, vol. 23, p. 365-389, 2023.
- AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.. **Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos**. EMBRAPA, 2003. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/152439/consideracoes-sobre-controle-e-vigilancia-da-qualidade-de-agua-de-cisternas-e-seus-tratamentos>. Acesso em: 15 de junho de 2024.
- ANDRADE, A. M. C.; SILVA, D. A.; ARAÚJO, N. M. C.; SOUSA, L. F. C. **Análise da qualidade da água vendida por caminhões-pipa para consumo na cidade de São Caetano-PE**. In: Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, 2017.
- ANJU, A. M.; VICKY, S. E.; KUMAR, P. J. Water poverty Analysis using Water Poverty Index (WPI): A critical Review. **International Journal of Environmental Sciences and Natural Resources**, v. 1, n. 4, p. 1-3, 2017.
- ARAÚJO, S.M.S de. A região semiárida do nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE**, v. 5, n. 5, p. 2-4, 2011.
- ARAÚJO, R. S.; OLIVEIRA, C. W.; SOARES, B. F.; OLIVEIRA, J. C. A. de. Espaço urbano e impacto ambiental: reflexões a partir da análise do processo de expansão das cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Babalha - CE. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 43, p. 104-126. Presidente Prudente: jan.-abr. 2021.
- ASHEESH, M. **Allocating gaps of shared wáter resources (scarcity index): Case study on Palestine-Israel**. In Water Resources in the Middle East, Springer: Heidelberg, Germany, p. 241–248, 2007.
- AUGUSTO, L. G. S.; GURGEL, G. D.; CÂMARA NETO, H. F.; MELO, C. H.; COSTA, A. M. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & Saúde Coletiva**. v. 17, n. 6, p. 1511-1522, 2012.
- BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o desenvolvimento mundial 1990**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1990.
- BARROS, R. P. de; HENRIQUES, R.; MENDONÇA, R. Desigualdade e Pobreza no Brasil: retrato de uma estabilidade inaceitável. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 15, n. 42, p. 123-42, 2000.

BAPTISTA, E. A.; CAMPOS, J.; RIGOTTI, J. I. R. Migração de retorno no Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 16, 2017.

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos**. Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura. IICA, Brasília, 1999. 64p.

BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Fundação Getúlio Vargas – FGV. 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2007. 253p.

BENSON, D.; GAIN, A. K.; GIUPPONI, C. Moving beyond water centrality? Conceptualizing integrated water resources management for implementing sustainable development goals. **Sustainability Science**, v. 15, n. 2, p. 671-681, 2020.

BOSCH, C.; HOMMANN, K.; SADOFF, C.; TRAVERS, L. **Agua, saneamento y la pobreza. Draft for Commnets. World Bank**. April. 45p. Disponível em: https://www.senado.gob.mx/comisiones/recursos_hidraulicos/docs/doc5.pdf. Acesso em: 10 nov. 2023.

BORJA, P. C.; LORDELO, L. M. K.; SANTOS, J. E. S. **Água, cisternas e semiárido brasileiro**. Cruz das Almas, BA: EDURFB, 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Perfil das famílias beneficiárias do Programa Bolsa Família**. Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande, 2011.

BRASIL. Decreto 8.038, de 04 de julho de 2013. **Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras Tecnologias Sociais de Acesso à Água - Programa Cisternas**. Brasília, DF, jul 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Portaria Interministerial nº 2, de 27 de março de 2015**. Brasil, 2015. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017, Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2017.

BRASIL. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado –DRSAI**. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Global**. MMA, 1992. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global/item/600.html>. Acesso em: 08 jun. 2023.

BRITO, H. C. de; BRITO, Y. M. A. de; ASSIS, W. D. de; FERREIRA, Y. B. C.; VASCONCELOS, R. S.; RUFINO, I. A. A. Análise temporal da disponibilidade hídrica nos estados beneficiados pela transposição do Rio São Francisco. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 21, n. 75, p. 102–116, 2020.

BROWN, A.; MATLOCK, M. D. A review of water scarcity indices and methodologies. **White Pap.**, v. 106, p. 1–19, 2011.

CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no Semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 28, n. 82, p. 65-88, out./dez. 2014.

CAPRILES, R. **Meio Século de Lutas: Uma Visão Histórica da Água. Ambiente Brasil.** Sessão ambiente água. 2008. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/artigos/historico.html>. Acesso em: 16 de julho de 2023.

CASTRO, C. N. de; CEREZINI, M. T. Análise prospectiva de potenciais impactos socioeconômicos do Projeto de Integração do Rio São Francisco com bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional sobre a região beneficiada. **Texto para Discussão**, nº 2806, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2022.

CHAVES, H. M. L.; ALIPAZ, S. An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: The watershed sustainability index. **Water Resour. Manag**, v. 21, p. 883–895, 2007.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products. **Water Int.**, v. 33, p. 19–32, 2008.

CHEN, T. T.; HSU, W. L.; CHEN, W. K. An Assessment of Water Resources in the Taiwan Strait Island Using the Water Poverty Index. **Sustainability**, v. 12, n. 6, p. 23-51, 2020.

CHIRINÉA, A. M.; BRANDÃO, C. da F. O IDEB como política de regulação do Estado e legitimação da qualidade: em busca de significados. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, v. 23, n. 87, p. 461-484, Rio de Janeiro, abr./jun. 2015.

CHO, D. I.; OGWANG, T. Water Poverty Index. In MICHALOS, A. C. **Encyclopedia of quality of life and well-being research**. Dordrecht: Springer, p.7003-7008, 2014.

CHO, D. I.; OGWANG, T.; OPIO, C. Simplifying the water poverty index. **Soc Indic Res**, v. 97, n. 2, p. 257–267, 2010.

CHUNG, E. S.; LEE, K. S. Identification of spatial ranking of hydrological vulnerability using multi-criteria decision making techniques: case study of Korea. **Water Resour Manag**, v. 23, n. 12, p. 2395–2416, 2009.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Projeto Público de Irrigação Manga de Baixo**. 2023a. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/agricultura-irrigada/projetos-de-irrigacao/sistema-itaparica/manga-de-baixo>. Acesso em 23 jul. 2024.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Projeto Público de Irrigação Icó-Mandantes**. 2023b. Disponível em:

<https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocios/agricultura-irrigada/projetos-de-irrigacao/sistema-itaparica/ico-mandantes>. Acesso em 23 jul. 2024.

COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento. **Estratégia de Longo Prazo 2023-2027: plano anual de negócios 2024**. Secretaria de Governança. 2024

CORRÊA, S. da S.; SILVA, L. C. da; OLIVEIRA, A. A. A. de; SOUZA, J. D. S. de; FERREIRA, T. S. G. Análise dos impactos ambientais proporcionados pelas perdas de água em sistemas de distribuição de água. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 28096-28106, mar. 2021.

COSTA, G. R.; SILVA, M. H. da; CORRÊA, R. I. L.; RIBAS, E. B. Saneamento básico: sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. **Revista Paramétrica**, v. 14, n. 1, 2022.

CRASWELL, E.; BONNELL, M.; BOSSIO, D.; DEMUTH, S; GIESEN, V. Integrated Assessment of Water Resources and Global Change: A North-South Analysis. **Water resources Management**, v. 21, n. 1, 2007.

CRESPO, A. P. A.; GUROVITZ, E. A pobreza como um fenômeno multidimensional. **RAE-eletrônica**, v. 1, n. 2, p. 2-12, jul-dez 2002.

CUNHA, T. B.; OLIVEIRA, D. B. S. de; LINHARES, F. M.; SANTOS, J. Y. G. dos; VIANNA, P. C. G. **Uma sinopse na política mundial da água**. In: Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos. Porto Alegre, 2010.

DESA. **Johannesburg Declaration on Sustainable Development: From our origins to the future**. UN Department of Economic and Social Affairs. Joanesburgo, 2002a. Disponível em: https://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POI_PD.htm. Acesso em: 10 jun. 2023.

DESA. **Johannesburg Plan of Implementation**. UN Department of Economic and Social Affairs Joanesburgo, 2002b. Disponível em: https://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POIToc.htm. Acesso em: 10 jun. 2023.

DUARTE, S. P. da S.. **Impacto da expansão e interiorização das universidades federais: evidências para o estado de Pernambuco por meio do método de controle sintético**. 2023. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

EEA. **Environmental signals 2002: Benchmarking the millennium**. Environmental assesment report n. 9. European Environment Agency, Copenhagen, 2002.

EL-GAFY, I. K. E. The water poverty index as an assistant tool for drawing strategies of the Egyptian water sector. **Ain Shams Eng J**, v. 9, n. 2, p. 173–186, 2018.

EL-SHERBINI, A., EL-MOATTASSEM, M. **River Nile water quality index during high and low flow conditions**. In: National conference of the river Nile. Assiut University Center for Environmental Studies (AUCES), 1994.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Humberto Gonçalves dos Santos *et al.* (org). 5 ed., rev e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2017. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento: Mapeamento do Uso e Cobertura das Terras do Semiárido Pernambucano (escala 1:100.000)**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2017.

ESPADA, G. M. História da evolução do direito humano à água. **Revista da Faculdade de Direito da UFRGS**, Porto Alegre, n. 40, p. 80-100, ago. 2019.

ESTY, D. C.; LEVY, M.; SREBOTNJAK, T.; DE SHERBININ, A. **Environmental sustainability index: benchmarking national environmental stewardship**. Yale Center for Environmental Law & Policy, New Haven, 2005.

FALKENMARK, M. The Massive Water Scarcity Now Threatening Africa: Why Isn't It Being Addressed?. **Ambio**, v. 18, p. 112–118, 1989.

FALKENMARK, M., WIDSTRAND, C. **Population and Water Resources: a Delicate Balance**. Population Bulletin, Washington, Population Reference Bureau, 1992.

FANG, Y. P.; ZHAO, C.; RASUL, G.; WAHID, S. M. Rural household vulnerability and strategies for improvement: An empirical analysis based on time series. **Habitat Int.**, v. 53, p. 254–264, 2016.

FAROLFI, S. **An Introduction to Water Economics and Governance in South Africa**. International Centre for Water Economics and Governance in Africa, 2011.

FEITELSON, E.; CHENOWETH, J. Water Poverty: towards a meaningful indicator. **Water Policy**, v. 4, p. 263-281, 2002.

FEITELSON, E.; TUBI, A. A main driver or an intermediate variable? Climate change, water and security in the Middle East. **Glob. Environ. Chang.**, v. 44, p. 39–48, 2017.

FEITOSA, A. **Zoneamento de pequenas bacias hidrográficas e caracterização de várzeas na Bacia do Pajeú, Pernambuco**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

FERNANDES, J. G.; FREIRE, M. B. G. S.; CUNHA, J. C.; GALVÍNCIO, J. D.; CORREIA, M. M.; SANTOS, P. R. Qualidade físico-química das águas utilizadas no Perímetro Irrigado Cachoeira II, Serra Talhada, Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 27-34, 2009.

FERREIRA, F. N.; RIBEIRO, H. M. C.; BELTRÃO, N. E. S.; PONTES, A. N.; LOPES, S. R. M. Gestão de Recursos Hídricos na Amazônia: um panorama da participação da sociedade civil nos espaços deliberativos. **Holos**, ano 33, v. 08, p. 336-351, 2017.

FIGUEIREDO, A. A. de O.; CABRAL, J. J. S. P.; SILVA, S. R.; BEZERRA, S. de T. M. Avaliação e potencial de redução de perdas de água em cidades do Estado de Pernambuco com escassez hídrica e abastecimento intermitente. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 212–225, 2023.

FIRJAN. **Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal – IFDM**. 2018. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/data/files/E8/06/F0/D5/58E1B610E6543AA6A8A809C2/Metodologia%20IFDM%20-%20Final.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2024.

FMENCNS. **Conference Report: Water – a Key to Sustainable Development. International Conference on Freshwater. The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety**. Bonn, 2001. Disponível em: <https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/BonnConferenceReport.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2023.

FOGUET, A. P.; GARRIGA, R. G. Analyzing Water Poverty in Basins. **Water Resource Manage**, v. 25, p. 3595-3612, Jul. 2011.

FURIGO; R. de F. R.; SAMORA, P. R. O Fórum Mundial da Água e o FAMA: conflitos e perspectivas para o século XXI. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, vol. 40, n. 136, p. 31-45, jan./jun. 2019.

FUSCO, W.; OJIMA, R. A interiorização do ensino superior em Pernambuco e seus efeitos na mobilidade pendular. **Blucher Social Sciences Proceedings**, v. 2, n. 2, 2016.

FUSCO, W.; OLIVEIRA, R. V. de; MOREIRA, M. de M. Migração e mobilidade pendular em municípios do aglomerado de conecções das mesorregiões Agreste de Pernambuco e Borborema da Paraíba. **R. Bras. Est. Pop.**, v. 38, p. 1-36, 2021.

GARRIGA, R.G.; FOGUET, A.P. **The enhanced water poverty index : targeting the water poor at diferent scales**. In: WISA Biennial Conference. “WISA 2010 Biennial Conference,” pp 1–11, 2010a.

GARRIGA, R.G.; FOGUET, A.P. Improved method to calculate a water poverty index at local scale. **Journal of Environmental Engineering**, v. 136, n. 11, pp 1101–1110, 2010b.

GARRIGA, R.; FOGUET, A. Unraveling the linkages between water, sanitation, hygiene and rural poverty: The WASH poverty index. **Water Resources Management**, p. 1501–1515, 2013.

GOEL, I.; SHARMA, S.; KASHIRAMKA, S. **The water poverty index: An application in the Indian context**. Natural Resources Forum, 2020.

GOMES, M. A.; PEREIRA, M. L. D. Família em situação de vulnerabilidade social: uma questão de políticas públicas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 357-363, 2005.

GONÇALVES, B. D. F.; ARAÚJO, S. M. S.; BARROS JÚNIOR, G.; BARBOSA, M. F. N. Bacia hidrográfica do rio Pajeú–PE: uso dos recursos naturais, mudanças e problemáticas ambientais de 1991 a 2022. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, 2022.

GONÇALVES, M. de L. A. **Governança das águas na bacia hidrográfica do rio Pajeú, Pernambuco, Brasil: percepção dos atores e desempenho dos colegiados**. 2019. 170f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

GUPPY, L.; MEHTA, P.; QADIR, M. Sustainable development goal 6: two gaps in the race for indicators. *Sustainability Science*, v. 14, n. 2, p. 501-513, 2019.

GWP. **Integrated Water Resources Management**. TAC background papers n° 4, Estocolmo, Suécia, 71 p., Mar. 2000.

GWP. **Poverty Reduction and IWRM**. Tec Background Papers, n° 8, Elanders Novum, Suécia, 2003. ISBN: 91-974559-0-3.

HEIDECKE, C. **Development and evaluation OF a regional water poverty index for Benin**. International Food Policy Research Institute, 2006.

HERDIES, D.L.; SILVA, F.D.d.S.; GOMES, H.B.; SILVA, M.C.L.D.; GOMES, H.B.; COSTA, R.L.; LINS, M.C.C.; REIS, J.S.d.; KUBOTA, P.Y.; SOUZA, D.C.d.; *et al.* Evaluation of Surface Data Simulation Performance with the Brazilian Global Atmospheric Model (BAM). *Atmosphere*, v. 14, n. 125, 2023.

HOLANDA, M. C. *et al.* **Fundo estadual de combate à pobreza (FECOP): fundamentos e resultados**. Fortaleza: IPECE, 2006.

HUANG, S.; FENG, Q; LU, Z.; WEN, X.; DEO, R. C. Trend analysis of water poverty index for assessment of water stress and water management polices : a case study in the Hexi Corridor, China. *Sustainability*, v. 9, n. 756, p. 1–17, 2017.

ICWE - International Conference on Water and the Environment, 1992. **The Dublin Statement and Report of the Conference**. Geneva: ICWE, 1992.

IFABIYI, P. I.; OLADELE, B.; SALAU, W. Water Poverty Assessment in Olorunsogo Local Government Area of Oyo State, Nigeria. *Geosfera Indonésia*, v. 1, pág. 92-105, abril. 2020. Disponível em: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/GEOSI/article/view/13438>. Acesso em: 28 jan. 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao.html>. Acesso em: 10 jan. de 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 10 jan. de 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Perfil dos municípios brasileiros: 2020**. Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

JACOBI, P.; FREY, K. RAMOS, R. F.; CÔRTEZ, P. **ODS 6 – Água Potável e Saneamento**. Objetivos do desenvolvimento sustentável: desafios para o planejamento e a governança ambiental na Macrometrópole Paulista. Organizado por Klaus Frey, Pedro Henrique Campello Torres, Pedro Roberto Jacobi e Ruth Ferreira Ramos. Santo André, SP: EdUFABC, 2020, p. 117-132.

- JEMMALI, H; SULLIVAN, C. A. Multidimensional analysis of water poverty in MENA region: an empirical comparison with physical indicators. **Soc Indic Res**, v. 115, n. 1, p. 253–277, 2012.
- JUWANA, I.; MUTTIL, N.; PERERA, C. Indicator-based water Sustainability assessment – a review. **Sci Total Environ**, vol. 438, n. 3, p. 57-71, 2010.
- KALLIO, M.; GUILLAUME, J. H. A.; KUMMU, M.; VIRRANTAUS, K. Spatial Variation in Seasonal Water Poverty Index for Laos: An Application of Geographically Weighted Principal Component Analysis. **Soc Indic Res**, v. 140, p. 1131–1157, 2018.
- KALLIO, M.; GUILLAUME, J. H. A.; MATTI KUMMU; M., VIRRANTAUS, K. **Spatial variation in seasonal water poverty index for Laos: An application of geographically weighted principal component analysis**. Science Indicator Research, 2007.
- KATZ, R. W. *et al.* Uncertainty analysis in climate change assessments. **Nature Climate Change**, v. 3, n. 9, p. 769-771, 2013.
- KHADKA, G.; PATHAK, D. Groundwater potential as an indicator of water poverty index in drought-prone mid-hill region of Nepal Himalaya. **Groundwater for Sustainable Development**, 2020.
- KINI, J. Inclusive water poverty index: a holistic approach for helping local water and sanitation services planning. **Water Policy**, v. 19, n. 4, p. 758–772, 2017.
- KOIRALA, K.; FANG, Y.; DAHAL, N.; ZHANG, C.; PANDEY, B.; SHRESTHA, B. Application of Water Poverty Index (WPI) in Spatial Analysis of Water Stress in Koshi River Basin, Nepal. **Sustainability**, v. 12, n. 2, 2020.
- KOMNENIC, V.; AHLERS, R.; VAN DER ZAAG, P. Assessing the usefulness of the water poverty index by applying it to a special case: Can one be water poor with high level of access?. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 34, p. 219-224, Mar. 2008.
- LADI, T.; MAHMOUDPOUR, A.; SHARIFI, A. Assessing impacts of the water poverty index components on the human development index in Iran. **Habitat International**, v. 113, jul. 2018.
- LAGO, A. A. C. do. **Conferências de desenvolvimento sustentável**. Brasília: FUNAG, 2013.
- LARSON, K. L. *et al.* Decision-Making under Uncertainty for Water Sustainability and Urban Climate Change Phoenix, AZ. **Journal of Environmental Management**, n. 116, p. 58-71, 2013.
- LAWRENCE, P.; MEIGH, J. R.; SULLIVAN, C. A. The Water Poverty Index: An international comparison. **Keele Economics Research Papers**, pp. 1–17, out. 2002.
- LEAL, I.O.J. **Avaliação do processo de gestão participativa de recursos hídricos na bacia do rio Itapicuru: o caso da microrregião de Jacobina – Bahia**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

LEIS, H. R. **A modernidade insustentável: as críticas do ambientalismo à sociedade contemporânea**. Montevideu, CLAES – Centro Latino Americano de Ecología Social. 2004.

LEME, T. N. **Governança ambiental no nível municipal**. In: Governança ambiental no Brasil : instituições, atores e políticas públicas / organizadora: Adriana Maria Magalhães de Moura . – Brasília : Ipea, 2016.

LE PRESTRE, P. **Ecopolítica Internacional**. Tradução Jacob Gorender. 2. ed. São Paulo: SENAC, 2005.

LIMA, A. L. M. de C. **Modelagem de Equações Estruturais: uma contribuição metodológica para o estudo da pobreza**. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

LIMA, J. R.; MAGALHÃES, A. R. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. **Revista Parcerias Estratégicas**, Brasília-DF, v. 23, n. 46, p. 191-212, jan./jun. 2018.

LIU, W.; ZHAO, M.; CAI, Y.; WANG, R.; LU, W. Synergetic relationship between urban and rural water poverty: Evidence from northwest China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, p. 1647, 2019

LOPEZ-ALVAREZ, B.; URBANO-PENA, M. A.; MORAN-RAMÍREZ, J.; RAMOS-LEAL, J. A.; TUXPAN VARGAS, J. Environment component estimation via remote sensing in the water poverty index in semi-arid zones. **Hydrological Sciences Journal**, 2020.

LÓPEZ-ÁLVAREZ, B. *et al.* Water poverty index in arid zones: the barril aquifer, Santo Domingo, San Luis Potosí, México. **Revista internacional de contaminación ambiental**, v. 35, n. 1, p. 35-46, 2019.

LUCENA, F. G. de. **Território, água e participação social: desafios para o planejamento da gestão integrada dos recursos hídricos no semiárido de Pernambuco**. Tese de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023. 177f.

LUNA, R. M. **Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica (IPH) para o Semi-árido Brasileiro**. Fortaleza: UFC, 2007. 138 p. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal do Ceará, 2007.

MACHADO, C. J. S. Recursos Hídricos e Cidadania no Brasil: Limites, Alternativas e Desafios. **Ambiente & Sociedade**, v. 6, n. 2, p. 121-136, 2003.

MACIEL, S. A. **Clima, disponibilidade hídrica e pobreza na porção mineira da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

MACIEL, E. M. **Análise da qualidade da água distribuída pelos caminhões-pipa no município de Caruaru-PE**. Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Federal de Pernambuco, 2019. Caruaru: UFPE, 2019.

MANADHAR, S.; PANDEY, V. P.; KAZAMA, F. Application of Water Poverty Index (WPI) in Nepalese Context: A Case Study of Kali Gandaki River Basin (KGRB). **Water Resour Manage**, v. 26, p. 89-107, Set. 2011.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias – Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. 2023. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/downloads/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

MARANHÃO, N. **Sistema de indicadores para planejamento e gestão dos recursos hídricos de bacias hidrográficas**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007. 397 p. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

MARANHÃO, R. M. R. **Índice de Pobreza Hídrica (IPH) aplicado a municípios dos sertões do Inhamus do Semiárido do Ceará – Brasil**. Fortaleza: UFC, 2010. 107 p. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2010.

MATA, D.; FREITAS, R. E.; RESENDE, G. M. **Avaliação de políticas públicas no Brasil: uma análise do Semiárido**. Brasília: Ipea, 2019. v. 4. 397 p.

MCNULTY, S. G.; SUN, G.; MYERS, J. A. M.; COHEN, E. C.; CALDWELL, P. **Robbing Peter to pay Paul: Tradeoffs between ecosystem carbon sequestration and water yield**. In Proceedings of the Environmental Water Resources Institute Meeting, Madison, WI, USA, 23–27 August 2010, p. 103–114, 2010.

MENDONÇA, K. V. de. **Análise das causas socioeconômicas da pobreza rural no Ceará**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

MENDONÇA, K.V.; CAMPOS, R.T.; LIMA, P.V.P.S; BATISTA, P.C.S. **Análise das causas socioeconômicas da pobreza rural no Ceará**. Revista de Economia do Nordeste v. 41, n. 3, p. 519-542, Julho/Setembro, 2010.

MLOTE, S. D. M.; SULLIVAN, C.; MEIGH, J. **Water Poverty Index: a Tool for Integrated Water Management**. In: 3 rd WaterNet/Warfsa Symposium, 2002, Dar es Salaam, 20 p.

MOLLE, F.; MOLLINGA, P. Water poverty indicators: conceptual problems and policy issues. **Water Policy**, v. 5, p. 529-544, Jul. 2003.

MONTENEGRO, S. M. G. L. Desertificação no Brasil: a exploração não planejada dos recursos naturais e as mudanças climáticas acarretam danos irreversíveis ao meio ambiente. **Cienc. Cult.**, São Paulo, v. 75, n. 4, oct./dec. 2023.

MORAIS, J. L. M.; FADUL, E.; CERQUEIRA, L. S. Limites e desafios na gestão de recursos hídricos por comitês de bacias hidrográficas: um estudo nos estados do Nordeste do Brasil. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 24, n. 1, pp. 238-264. Porto Alegre, 2018.

MOURA, M. de P.; PROCÓPIO, D. T.; SILVA, A. C. S. da; CANDIDO, L. A.; RIBEIRO NETO, A. **Indicador de duração da seca para compor um índice de risco para recursos hídricos**. In: Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracajú-SE, 2023. ISSN 2318-0358.

NADEEM, A. M.; CHEO, R.; SHAOAN, H. Multidimensional Analysis of Water Poverty and Subjective Well-Being: A Case Study on Local Household Variation in Faisalabad, Pakistan. **Soc Indic Res**, v. 138, p. 207–224, 2018.

NETO, V. L. S. *et al.* Índice de pobreza hídrica dos municípios no Estado do Tocantins, Brasil. **Geografares**, v. 3, n. 37, p. 132-158, 2023.

NILSSON, M. *et al.* Mapping interactions between the sustainable development goals: lessons learned and ways forward. **Sustainability Science**, v. 13, p. 11498-1503, 2018.

OECD. **OECD core set of indicators for environmental performance reviews**. In: OECD (ed) Environmental monographs, vol 83. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 1993.

OECD. **OECD environmental indicators: development, measurement and use**. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 2003.

OHLSSON, L.; APPELGREN, B. **Water and Social Resource Scarcity**. FAO (Food and Agricultural Organization) Issue Paper. FAO: Roma, Itália, 1998.

OLIVEIRA, C. M. de; AMARANTE JÚNIOR, O. P. de. Evolução das regras jurídicas internacionais aplicáveis aos recursos hídricos. **Revista de Direito Ambiental**, vol. 80, p. 423-447, nov-dez 2015.

OLIVEIRA, M. E. de. **Esta pauta é verde? Uma análise da cobertura jornalística sobre as políticas públicas de conservação da biodiversidade no Brasil**. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, 2016.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano**. In: Anais Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano. Estocolmo, 6p, 1972.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Assembleia Geral: Resolução 54/175**. The right to development, UN Doc. A/RES/54/175, Nova Iorque, 17 dez. 1999.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Declaração do Milênio**. Nova Iorque, 6 a 8 de setembro de 2000. Disponível em: <https://www.undp.org/pt/brazil/publications/declara%C3%A7%C3%A3o-do-mil%C3%AAnio>. Acesso em: 04 jun. 2023.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (CESCR), Observación general N° 15: El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales)**. Ginebra, ONU, 2002. Disponível em:

<https://www.refworld.org/es/publisher,CESCR,GENERAL,,47ebcbfa2,0.html>. Acesso em: 15 jun. 2023.

Organização das Nações Unidas (ONU). **O Direito Humano à Água e Saneamento**. 2013. Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf. Acesso em: 30 jan. de 2024.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010: The human right to water and sanitation**. A/RES/64/292, 2010.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Resolução nº 64/292. Direito humano à água potável e ao saneamento básico**. Nova York, 2010. Disponível em: <https://undocs.org/A/RES/64/292>. Acesso em: 29 jun. 2023.

Organização das Nações Unidas (ONU). **The Millennium Development Goals Report 2015**. Nova Iorque, 2015a. Disponível em: [https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%201\).pdf](https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%201).pdf). Acesso em: 06 jun. 2023.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2021: o valor da água; fatos e dados**. Programa Mundial da UNESCO para Avaliação dos Recursos Hídrico, UNESCO, Perugia-Itália, 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375751_por. Acesso em: 20 de mar. 2023.

Organização Mundial de Meteorologia (OMM). **State of climate servisse 2021**. WMO nº 1278, Genebra-Suíça, 2021. ISBN: 978-92-63-11278-1.

PAN, A.; BOSCH, D.; MA, H. Assessing Water Poverty in China Using Holistic and Dynamic Principal Component Analysis. **Soc Indic Res**, v. 130, p. 537–561, 2017.

PASSOS, P. N. C. de. A Conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, Curitiba, v. 6, p. 1-25, 2009.

PAULISTA, C. G. *et al.* Trabalho de revisão bibliográfica sobre a distribuição de água potável e saneamento básico no Brasil e na Índia. **Revista Saúde em Foco**, n. 13, p. 552-563, 2021.

PAZ, R. D. O. **CadÚnico e Tarifa Social de água e esgoto**. In: **ÁGUA COMO DIREITO** [recurso eletrônico]: Tarifa Social como Estratégia para a Acessibilidade Econômica / organização Ricardo de Sousa Moretti, Ana Lucia Britto. - 1. ed. - Rio de Janeiro: Letra Capital; Brasília [DF] : ONDAS - Observatório Nacional dos Direitos à Água e ao Saneamento, 2021.

PERNAMBUCO. Secretária de Infraestrutura e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: tomo I: diagnósticos**. Vol. 1. Seinfra, Recife, 2022a, 85p.

PERNAMBUCO. Secretária de Infraestrutura e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco: tomo I: diagnósticos**. Vol. 2. Recife: Seinfra, 2022b. 422 p.

PERNAMBUCO. Secretária de Infraestrutura e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco: tomo I: diagnósticos**. Vol. 3. Recife: Seinfra, 2022c. 367 p.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. **Coping with water scarcity**. Paris: Unesco, 2002. 269 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000127846>. Acesso em: 10 nov. 2023.

PETRELLA, R. **O Manifesto das Águas: Argumento para um contrato mundial**. Rio de Janeiro, 2ªEd. Vozes, 2004.

PFISTER, S.; KOEHLER, A.; HELLWEG, S. Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. **Environ. Sci. Technol.**, v. 43, p. 4098–4104, 2009.

PIMENTEL, D. E. M. **Caracterização do comportamento reprodutivo na Região Nordeste em um contexto de baixa fecundidade**. 2018. 113f. Dissertação (Mestrado em Demografia) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

PIRES, W. J. M. **Operação Carro Pipa: permanência e qualidade da água**. PolicyPaper (Especialização em Política, Estratégia e Alta Administração do Exército). Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, Rio de Janeiro, 2023.

PORTELA, T. J. de B. **Governança para operacionalização do projeto de integração do Rio São Francisco com bacias hidrográficas do nordeste setentrional**. 2021. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

PORTO, A. V.; VIANA, J. F. D. S.; MIRANDA, R. Q.; MONTENEGRO, S. M. Analysis of future climate projections for the Pajeú River basin simulated by the regional model Eta-Hadgem2- ES. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 12, n. 1, p. 1-9, 2022.

PRABHA, S. A.; RAM, A.; IRFAN, B. Z. Exploring the relative water scarcity across the Indian million-plus urban agglomerations: An application of the Water Poverty Index. **HydroResearch**, v. 3, p. 134–145, 2020.

Programa das Nações Unidas Para O Desenvolvimento - PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2006: A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água**. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, New York, 2006.

RASKIN, P.; GLEICK, P.; KIRSHEN, P.; PONTIUS, G.; STRZEPEK, K. **Water Futures: Assessment of Long-Range Patterns and Problems. Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World**. SEI: Boston, EUA, 1997.

REYMÃO, A. E.; SABER, Bruno Abe. Acesso à água tratada e insuficiência de renda: duas dimensões do problema da pobreza no Nordeste brasileiro sob a óptica dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. **Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica**, vol. 12, p. 1-15, 2009.

- RIBEIRO, E. P. **Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) -Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- ROCHA, S. **Pobreza no Brasil. Afinal, do que se trata?**. 3ª ed., Rio de Janeiro, Editora FGV, 2006.
- ROCHA JÚNIOR, R.L. da; SILVA, F.D. dos S.; COSTA, R. L.; GOMES, H. B.; HERDIES, D.L.; SILVA, V. d. P. R. da; XAVIER, A. C. Analysis of the Space–Temporal Trends of Wet Conditions in the Different Rainy Seasons of Brazilian Northeast by Quantile Regression and Bootstrap Test. **Geosciences**, v. 9, n. 457, 2019.
- ROSSETTI, J.P. **Introdução à economia**. 20ed. São Paulo. Ed. Atlas. 924p. 2003.
- SANTANA, A. S de; SANTOS, G. R. dos. Impactos da seca de 2012-2017 na região semiárida do Nordeste: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v. 22, p. 119-129, Brasília: Ipea, 2020.
- SANTOS, S. M. da C. dos; PINTO, F. R.; MORAIS, J. S. D. de; CLAUDINO-SALES, V. de. Saneamento básico no Nordeste: metas, desafios e investimentos. **Ciência Geográfica**, v. 26, n. 1, Bauru, jan-dez 2022.
- SANTOS, A. M. dos S.; BARBOSA, I. C. da C.; MONTEIRO NETO, A. Estudo dos coeficientes de mortalidade e morbidade por Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) em Concórdia do Pará. **Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar**, [S. l.], v. 12, p. 64–78, 2023.
- SANTOS, A. V. **Mapeamento como estratégia de comunicação na gestão participativa de recursos hídricos**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Universidade Federal do Espírito Santo, 2021.
- SAVENIJE, H. H. G. Water scarcity indicators; the deception of the numbers. **Phys. Chem. Earth Part B**, v. 25, p. 199–204, 2000.
- SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade**. Tradução L.T. Mota. 1ª reimpressão. São Paulo: Companhia das Letras, 2000. 410p.
- SEN, A. **Development as Freedom**. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- SHALAMZARI, M.; ZHANG, W. Assessing Water Scarcity Using the Water Poverty Index (WPI) in Golestan Province of Iran. **Water**, v. 10, n. 1079, p. 1–22, 2018.
- SICHE, R. *et al.* Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137-148, 2007.
- SILVA, D. N.; OLIVEIRA, A. L. A.; MENDES, E. C. Pobreza e saneamento básico: uma análise para municípios minerados do Pará. **Mundo e Desenvolvimento**, Dossiê, v. 1, n. 4, p. 66-94, 2020.

SILVA, J.S.; CABRAL JÚNIOR, J.B.; RODRIGUES, D.T.; SILVA, F.D.S. Climatology and significant trends in air temperature in Alagoas, Northeast Brazil. **Theor. Appl. Climatol.**, v. 151, pp. 1805-1824, 2023.

SILVEIRA, S. M. B. **A geopolítica da sede no Brasil: um estudo sobre a água e a pobreza no campo**. 2017. Tese (Doutorado em Serviço Social) – CCSA, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVEIRA, R. Arranjo institucional para a sustentabilidade do Projeto de Integração do Rio São Francisco - PISF. In: Encontro Brasileiro de Administração Pública, 9, 2022, São Paulo, **Anais [...]**. São Paulo: SBAP, 2022. ISSN 2594-5688.

SISTEMA FIRJAN. **Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal: metodologia**. 2018. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/data/files/E8/06/F0/D5/58E1B610E6543AA6A8A809C2/Metodologia%20IFDM%20-%20Final.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2024.

SMAKTHIN, V.; REVENGA, C.; DOLL, P. **Taking into Account Environmental Water Requirements. International Water Management Institute (IWMI)**. Comprehensive Assessment Secretariat, Colombo, Sri Lanka, 2004.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. 2010. **Painel de Regionalização dos Serviços de Saneamento Básico no Brasil – 2010**. Disponível em: < <http://appsnis.mdr.gov.br/regionalizacao/web/>>. Acesso em: abril de 2024.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. 2022. **Painel de Regionalização dos Serviços de Saneamento Básico no Brasil – 2022**. Disponível em: < <http://appsnis.mdr.gov.br/regionalizacao/web/>>. Acesso em: abril de 2024.

SOARES, S. S. D. **Metodologias para estabelecer a Linha de Pobreza: Objetivas, Subjetivas, Relativas e Multidimensionais**. Texto para Discussão - IPEA, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1381, p. 1-53, 2009.

SOARES, D. L.; TEIXEIRA, M. O.; FERREIRA, M. I. P.; SILVA NETO, R. Desafios para a implementação da Agenda 2030 à luz da gestão sustentável das águas. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 209–234, 2020.

SOUZA, J. D. S.; BEZERRA, S. T. M.; OLIVEIRA, A. A. A.; CORRÊA, S. S. Aplicação do método PrometheeII para gestão de perdas reais em sistemas de abastecimento de água. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 3553-3566, jan. 2020.

SOUSA, L. C. C.; COSTA, J. H. Q.; SANTANA, L. A.; SILVA, J. M. Produtores rurais de Belém de São Francisco – PE e ações do Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA). **Revista de Extensão da UNIVASF**, Petrolina, v. 10, n. 2, p. 204-221, 2022.

SOUSA, A. C. A.; GOMES, J. P. Desafios para o investimento público em saneamento no Brasil. Rio de Janeiro: **Revista Saúde Debate**, v. 43, p. 36-49, 2019.

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

STANFANINI, F. N.; LOLLO, J. A. de. O crescimento da área urbana da cidade de São Carlos/SP entre os anos de 2010 e 2015: o avanço da degradação ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, n. 1, p. 118-128, 2018.

SULLIVAN, C. The potential for calculating a meaningful water poverty index. **Water Int.**, v. 26, p. 471–480, 2001.

SULLIVAN, C. A. Calculating a Water Poverty Index. **World Dev.**, v. 30, n. 7, pp. 1195-1210, 2002.

SULLIVAN, C. A. *et al.* The water Poverty Index: Development and application at the Community scale. **Forum Nat. Resour.**, v. 27, pp. 189-199, 2003.

SULLIVAN, C.; MEIGH, J. Integration of the biophysical and social sciences using an indicator approach: Addressing water problems at different scales. **Water Resour Manage**, v. 21, p. 111-128, Jan. 2006.

SULLIVAN, C.; MEIGH, J.; LAWRENCE, P. Application of the Water Poverty Index at Different Scales: A Cautionary Tales. **Water International**, v. 31, n. 3, p. 412-426, Set. 2006.

SULLIVAN, C.; MEIGH, J. Considering the Water Poverty Index in the context of poverty alleviation. **Water Policy**, v. 5, p. 513-528, Jun. 2003.

SULLIVAN, C. A.; MEIGH, J. R.; FEDIW, T. **Derivation and testing the Water Poverty Index: Phase: Final Report May 2002, Volume 1 – Overview**. Centre for Ecology and Hydrology (CEH), Wallingford and the Department for International Development, London, 2002a.

SULLIVAN, C. A.; MEIGH, J. R.; FEDIW, T. **Derivation and testing the Water Poverty Index: Phase: Final Report May 2002, Volume 2 - Technical Appendices I**. Centre for Ecology and Hydrology (CEH), Wallingford and the Department for International Development, London, 2002b.

SULLIVAN, C.; MEIGH, J.; GIACOMELLO, A.; FEDIW, T.; LAWRENCE, P.; SAMAD, M.; *et al.* The water poverty index: Development and application at the community scale. **Natural Resources Forum**, p. 189–199, 2003.

TAVARES, D. M. F. **Análise do desempenho de um modelo hidrológico a dados de entrada de uso do solo obtidos através de índice de vegetação para a Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, 2019. 93f.

TEIXEIRA, K. H. Uma análise espacial da pobreza no Estado de Alagoas. **Revista do Desenvolvimento Regional**, vol. 25, n. 2, p. 2668-2692, 2020.

TEIXEIRA, S. F.; DE MELO, G. V.; DA LUZ, G. C. B.; CAMPOS, S. S. Coleta e tratamento de esgoto dos municípios de grande porte da Região Metropolitana do Recife: ameaça à saúde pública. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 4391–4400, 2021.

THAKUR, J. K.; NEUPANE, M.; MOHANAN, A. A. Water poverty in upper bagmati river basin in Nepal. **Water Science**, v. 31, p. 93–108, 2017.

TOMASELLA, J., CUNHA, A.P.M.A., SIMÕES, P.A. *et al.* Assessment of trends, variability and impacts of droughts across Brazil over the period 1980–2019. **Nat Hazards**, v. 116, pp. 2173–2190, 2023.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004. (edição 2014).

TUCCI, C. E. M. **Urbanização e recursos hídricos**. In: BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. *Águas do Brasil: análises estratégicas*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010.

UNEP. **IEA Training Manual – Module 4**. 2007. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/11297/module-4.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2024.

UNESCO. **The united Nations world water development report 2020, water and climate change**. 2020. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2020>. Acesso em: 15 dez. 2023.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. - UN GENERAL ASSEMBLY. **Universal Declaration of Human Rights. 1948**. Resolution 217 Artigo 25. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/declaracao-universal-dos-direitos-humanos>. Acesso em: 04 jun. 2023.

UNITED WATER CONFERENCE. **Report of the United Nations Water Conference, Mar del Plata, 14-25 March 1977**. Publication, Sales n° 77.II.A.12, 1977. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/724642>. Acesso em: 08 jun. 2023.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. - UN GENERAL ASSEMBLY. **Convention on the Elimination of All Forms of Discrimination Against Women. 1979**. Resolution n° 34/180 Artigo 14. Disponível em: <https://www.un.org/womenwatch/daw/cedaw/text/econvention.htm>. Acesso em: 08 jun. 2023.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. - UN GENERAL ASSEMBLY. **Convention on the Rights of the Child. 1989**. Resolution n° 44/25 Artigo 24, New York, 20 nov. 1989. Disponível em: <https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-rights-child>. Acesso em: 08 jun. 2023.

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY. - UN GENERAL ASSEMBLY. **UN Conference on Environment and Development : resolution / adopted by the General Assembly. 1990**. Resolution A/RES/44/228. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/82555>. Acesso em: 09 jun. 2023.

VAN TY, T.; SUNADA, K.; ICHIKAWA, Y.; OISHI, S. Evaluation of the state of water resources using modified water poverty index: a case study in the Srepok River basin, Vietnam - Cambodia. **Int J River Basin Manag**, v. 8, n. 3–4, p. 305–317, 2010.

VINHAS, H.; SOUZA, A. P. **Pobreza relativa ou absoluta? A linha híbrida de pobreza no Brasil.** In Anais do Encontro Nacional de Economia, Salvador. ANPEC, 2006.

VIEIRA, A. C. **O diálogo sustentável entre o direito do comércio internacional e o direito à água.** Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Direito, São Paulo, 2013, 308f.

VYVER, C. V der. Water poverty index calculation: additive or multiplicative function?. **Journal of South African Business Research**, v. 2013, 2013.

WALMSLEY, J. J. Framework for measuring sustainable development in catchment systems. **Environ Manag**, v. 29, n. 2, p. 195–206, 2002.

WANG, J.; LI, Z.; CHEN, Y. The spatiotemporal evolution of socioeconomic drought in the Arid Area of Northwest China based on the Water Poverty Index. **Journal of Cleaner Production**, v. 401, p. 136719, 2023.

WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME - WWAP. **The United Nations World Water Development Report 2015: water for a sustainable world.** Paris: UNESCO, 2015. 139 p.

XAVIER, A.C.; SCANLON, B.R.; KING, C.W.; ALVES, A.I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **Int. J. Climatol.**, v. 42, pp. 8390–8404, 2022.

XAVIER, A. C.; KING, C.W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **Int J Climatol**, v. 36, pp. 2644–2659, 2016.

YANG, H.; REICHERT, P.; ABBASPOUR, K. C.; ZEHNDER, A. J. B. A water resources threshold and its implications for food security. **Environ. Sci. Technol.**, v. 37, p. 3048–3054, 2003.

YE, Q.; LI, Y.; ZHUO, L.; ZHANG, W.; XIONG, W.; WANG, C.; WANG, P. Optimal allocation of physical water resources integrated with virtual water trade in water scarce regions: A case study for Beijing, China. **Water Res.**, v. 129, p. 264–276, 2018.

ZAMIGNAN, G. **Gestão integrada de recursos hídricos: desenvolvendo capacidades para a construção de visão sistêmica sobre gestão das águas.** 2018. 312 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

ZARE-BIDAKI, R.; POUYANDEH, M.; ZAMANI-AHMADMAHMOODI, R. Applying the enhanced Water Poverty Index (eWPI) to analyze water scarcity and income poverty relation in Beheshtabad Basin, Iran. **Applied Water Science**, v. 13, n. 53, 2023.

ZHANG, Q.; LIU, B.; ZHANG, W.; JIN, G.; LI, Z. Assessing the regional spatio-temporal pattern of water stress: a case study in Zhangye City of China. **Phys Chem Earth**, v. 79, n. 82, p. 20–28, 2015.