



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

WITAMAR DA SILVA BERNARDO FILHO

**ANÁLISE DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ COM RELAÇÃO À SECA DO PERÍODO 2012-
2017**

**JOÃO PESSOA
OUTUBRO, 2024**

WITAMAR DA SILVA BERNARDO FILHO

**ANÁLISE DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA DOS MUNICÍPIOS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ COM RELAÇÃO À SECA DO PERÍODO 2012-
2017**

Monografia apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Doutora Ana Cláudia Fernandes Medeiros Braga

**JOÃO PESSOA
OUTUBRO, 2024**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B523a Bernardo Filho, Witamar da Silva.

Análise do abastecimento de água dos municípios da
bacia hidrográfica do Rio Piancó com relação à seca do
período 2012 - 2017 / Witamar da Silva Bernardo Filho.
- João Pessoa, 2024.

76 f. : il.

Orientação: Ana Claudia Fernandes Medeiros Braga.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Abastecimento de água. 2. Indicadores
socioambientais. 3. Recursos hídricos. I. Braga, Ana
Claudia Fernandes Medeiros. II. Título.

UFPB/BSCT

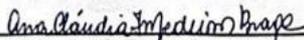
CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

WITAMAR DA SILVA BERNARDO FILHO

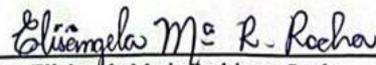
**ANÁLISE DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NOS MUNICÍPIOS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ COM RELAÇÃO A SECA DO PERÍODO 2012 -
2017**

Trabalho de Conclusão de Curso em 31/10/2024 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Dra. Ana Claudia Fernandes Medeiros Braga
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Dra. Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO



Dr. Gilson Barbosa Athayde Junior
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu sagrado Deus, pois sem ele nada disso seria possível, nos momentos mais difíceis da graduação e da vida, Ele sempre esteve lá para enxugar minhas lágrimas e me dar forças para continuar de pé.

Também devo meus agradecimentos a professora Ana Cláudia, que foi minha orientadora nesse trabalho e sempre agregou bastante com seu conhecimento, além de sempre explicar com clareza e calma os conteúdos desse trabalho, tornando todo o processo leve e prazeroso. Além do mais quero agradecer pelo seu trabalho como professora, que certamente está entre as melhores no qual já tive o prazer de já ter estudado, por meio dela me certifiquei que a área de recursos hídricos será minha casa pra sempre.

Agradeço também a minha família que sempre esteve ao meu lado e me deu apoio nos momentos mais críticos, sempre com palavras doces para me ajudar a levantar a cabeça sempre. Com menção honrosa para meu avô Givaldo, minha avô Luzinete, minha tia Luzineide, meu tio Gilson, meu primo Lucas, meu primo Arthur, minha “sorella” Carola e meu amado gato Toni, sem vocês eu não seria nada.

Aos meus amigos Gustavo, Lucas Sátiro e Pedro, muito obrigado por sempre me apoiarem, vocês são incríveis.

Também agradeço aos meus colegas de curso que viraram amigos ao longo dessa grande caminhada Paulo, Denner, André e Eliabe.

Agradeço também a minha namorada Jaqueline, obrigado por tudo, nesses anos ao seu lado eu só melhorei como pessoa, obrigado pelo amor e paciência em todos os momentos dessa graduação, sou muito grato pela sua existência.

A minha “mamma” Luzicleide por desde o início da minha vida me apoiar incondicionalmente, mesmo a um oceano de distância sempre esteve ao meu lado, eu te amo minha mãe e sempre honrarei teu nome, obrigado por me ensinar que podemos chegar em qualquer lugar por meio da educação, mais uma vez, te amo!

E por último agradeço a Universidade Federal da Paraíba juntamente ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, que sempre prestou o auxílio necessário para todos do corpo discente, não diferente comigo, em especial aos queridos professores Ana Cláudia, Gilson, Elisângela, Primo, Rafaela, Enildo, Heber, Hamilcar, Fabio e Cibelle.

EPIGRAFE

*“Eu sou a continuação de um sonho
Da minha vó, do meu vô, quem sangrou pra gente
poder sorrir!”*

(BK)

RESUMO

Os problemas relacionados ao abastecimento de água são recorrentes devido a diversos fatores como urbanização acelerada e falta de planejamento. A ocorrência de eventos climáticos extremos como a seca é recorrente em algumas regiões do Brasil, como o semiárido e impacta os sistemas de abastecimento, pois diminui o aporte hídrico aos mananciais. Por isso, faz-se necessário avaliar os impactos da seca no abastecimento de água. No presente trabalho, a região analisada foi a bacia hidrográfica do Rio Piancó, que tem grande representatividade no estado da Paraíba ocupando cerca de 16% de sua área e trazendo consigo o maior reservatório do estado, o Coremas-Mãe d'Água. A partir do mapeamento de indicadores socioambientais, foi aplicada a matriz FPEIR (Força Motriz – Pressão – Estado – Impacto – Resposta) como estrutura de avaliação, permitindo uma compreensão detalhada das consequências da seca nos sistemas de água da região. A análise identificou as principais forças motrizes e as pressões associadas, bem como os impactos sobre os sistemas hídricos e as respostas implementadas pela sociedade civil e pelas instituições governamentais. O modelo FPEIR evidenciou que o desenvolvimento econômico, o uso e a ocupação do solo e a desigualdade social são forças motrizes predominantes, que elevam a pressão sobre o sistema de abastecimento devido ao aumento da demanda hídrica para consumo urbano e outros setores, resultando em desafios de disponibilidade e conflitos pelo uso da água. As respostas observadas foram variadas, incluindo ações emergenciais, como a perfuração de poços, racionamento e uso de carros-pipa, além de medidas legislativas, como a criação da Lei 13.153/15, que institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Os resultados reforçam a importância de uma gestão proativa, especialmente em relação aos eventos de seca, para minimizar a necessidade de respostas emergenciais para o abastecimento de água que impactam a sociedade, em especial as populações mais vulneráveis.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água, indicadores socioambientais, recursos hídricos.

ABSTRACT

Problems related to water supply are recurrent due to several factors such as accelerated urbanization and lack of planning. The occurrence of extreme weather events such as drought is recurrent in some regions of Brazil, such as the semiarid region, and impacts supply systems, as it reduces water supply to water sources. Therefore, it is necessary to evaluate the impacts of drought on water supply. In this study, the region analyzed was the Piancó River basin, which is highly representative in the state of Paraíba, occupying approximately 16% of its area and carrying with it the largest reservoir in the state, the Coremas-Mãe d'Água. Based on the mapping of socio-environmental indicators, the DPSIR (Driving Force – Pressure – State – Impact – Response) matrix was applied as an evaluation framework, allowing a detailed understanding of the consequences of drought on the region's water systems. The analysis identified the main driving forces and associated pressures, as well as the impacts on water systems and the responses implemented by civil society and government institutions. The DPSIR model showed that economic development, land use and occupation, and social inequality are predominant driving forces that increase pressure on the supply system due to increased water demand for urban consumption and other sectors, resulting in availability challenges and conflicts over water use. The responses observed were varied, including emergency actions, such as drilling wells, rationing, and use of water trucks, as well as legislative measures, such as the creation of Law 13.153/15, which instituted the National Policy to Combat Desertification and Mitigate the Effects of Drought. The results reinforce the importance of proactive management, especially in relation to drought events, to minimize the need for emergency responses to water supply that impact society, especially the most vulnerable populations.

KEYWORDS: water supply, socio-environmental indicators , water resources.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Gráfico de distribuição percentual de água no planeta terra..... | 14 |
| Figura 2: Partes de um sistema de abastecimento de água..... | 16 |
| Figura 3: População com acesso à água, % da população..... | 17 |
| Figura 4: População urbana e rural do mundo entre 1950 e 2050..... | 18 |
| Figura 5: Crescimento populacional no Brasil..... | 18 |
| Figura 6: Evolução dos modelos ER (Estresse - Resposta), com a nomenclatura nas colunas da esquerda e a motivação nas colunas da direita..... | 21 |
| Figura 7: Dimensões da segurança hídrica..... | 23 |
| Figura 8: Indicadores do índice de segurança hídrica (ISH)..... | 24 |
| Figura 9: Anomalias de precipitação de 2010 a 2016, relacionadas a climatologia normal medida entre 1981 e 2010..... | 26 |
| Figura 10: Fluxograma do desenvolvimento do trabalho..... | 27 |
| Figura 11: Localização da Unidade de Planejamento Hidrológico do Rio Piancó..... | 28 |
| Figura 12: Açude Coremas-Mãe d'água..... | 32 |
| Figura 13: Modelo da matriz FPEIR..... | 34 |
| Figura 14: Índice de atendimento total de água nos municípios da bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017..... | 37 |
| Figura 15: Índice de atendimento urbano de água nos municípios da bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017..... | 37 |
| Figura 16: Índice de hidrometração dos municípios da bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017..... | 38 |
| Figura 17: Consumo médio de água per capita da bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017..... | 38 |
| Figura 18: Índices de perdas na distribuição da bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017..... | 39 |
| Figura 19: Gráfico da precipitação anual observada, nos anos de 2012 a 2017..... | 41 |
| Figura 20: Mapas monitor de seca de acordo com os meses selecionados (a – 7/2014, b- 11/2014, c – 5/2015, d- 11/2015, e – 5/2016, f – 11/2016, g – 05/2017, h – 11/2017 e i – legenda da intensidade da seca)..... | 42 |
| Figura 21: Volume do reservatório Coremas..... | 43 |
| Figura 22: Volume do açude Mãe D'água..... | 43 |
| Figura 23: Evolução do PIB per capita da UPH do Rio Piancó (2012 a 2017)..... | 44 |
| Figura 24: Evolução da taxa de urbanização na UPH do Rio Piancó (2000 a 2010)..... | 45 |
| Figura 25: Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, da bacia Piancó-Piranhas-Açu, com enfoque na sub bacia do Rio Piancó..... | 49 |
| Figura 26: Demanda de fosforo total, da bacia Piancó-Piranhas-Açu, com enfoque na sub bacia do Rio Piancó..... | 49 |
| Figura 27: Mapa de segurança hídrica da Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, com a Sub bacia do Rio Piancó destacada em preto..... | 51 |
| Figura 28: Matriz FPEIR acerca dos impactos da seca no sistema de abastecimento nos municípios da UPH do Rio Piancó..... | 55 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: População com acesso a água tratada de acordo com as grandes regiões do Brasil. | 15 |
| Tabela 2: Evolução temporal da população e taxa de urbanização do Brasil entre 1940 e 2022. | 19 |
| Tabela 3: Tipos de seca e suas devidas descrições..... | 25 |
| Tabela 4: Classificação dos níveis de severidade de uma seca | 26 |
| Tabela 5: Disposição dos municípios da UPH do Rio Piancó..... | 29 |
| Tabela 6: Definição dos indicadores socioeconômicos | 32 |
| Tabela 7: Índice de atendimento urbano de água | 46 |
| Tabela 8: Maiores demandas hídricas para dessedentação animal no Estado da Paraíba. | 46 |
| Tabela 9: Maiores demandas hídricas para a agricultura no Estado da Paraíba..... | 47 |
| Tabela 10: Demandas hídricas para o complexo de açudes Coremas/Mãe d'água..... | 47 |
| Tabela 11: Índices urbanos de coleta e tratamento de esgoto na UPH do Rio Piancó | 48 |
| Tabela 12: Índice de abastecimento total de água | 50 |
| Tabela 13: Indicadores de abastecimento UPH do Rio Piancó, 2012 | 61 |
| Tabela 14: Indicadores de abastecimento UPH do Rio Piancó, 2013 | 62 |
| Tabela 15: Indicadores de abastecimento UPH do Rio Piancó, 2014 | 63 |
| Tabela 16: Indicadores de abastecimento na UPH do Rio Piancó, 2015 | 64 |
| Tabela 17: Indicadores de abastecimento UPH do Rio Piancó, 2016 | 65 |
| Tabela 18: Indicadores de abastecimento UPH do Rio Piancó, 2017 | 66 |
| Tabela 19: Indicadores socioeconômicos UPH do Rio Piancó | 68 |
| Tabela 20: PIB per capita municípios da UPH do Rio Piancó, entre 2012 e 2017 | 69 |
| Tabela 21: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2012 | 70 |
| Tabela 22: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2013 | 71 |
| Tabela 23: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2014 | 72 |
| Tabela 24: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2015 | 73 |
| Tabela 25: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2016 | 74 |
| Tabela 26: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2017 | 75 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE FIGURAS | 9 |
| LISTA DE TABELAS | 10 |
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 2. OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 13 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 13 |
| 3. REFERENCIAL TEÓRICO | 13 |
| 3.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA | 13 |
| 3.1.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA | 13 |
| 3.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA | 16 |
| 3.3 EXPANSÃO URBANA E SEUS IMPACTOS NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA | 17 |
| 3.4 FPEIR (FORÇA MOTRIZ-PRESSÃO-ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA) | 20 |
| 3.5 SEGURANÇA HÍDRICA | 22 |
| 3.6 A SECA E SEUS IMPACTOS NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA | 24 |
| 4. METODOLOGIA | 27 |
| 4.1 VISÃO GERAL DO ESTUDO | 27 |
| 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO | 27 |
| 4.3 INDICADORES E BASE DE DADOS | 30 |
| 4.3.1 Indicadores de Abastecimento de água e segurança hídrica | 30 |
| 4.3.2 Indicadores de precipitação e seca | 30 |
| 4.3.3 Volumes dos principais reservatórios da bacia | 31 |
| 4.3.4 Indicadores socioeconômicos dos municípios | 32 |
| 4.4 ANÁLISE DOS DADOS | 33 |
| 4.5 FPEIR | 34 |
| 4.5.1 Indicadores de Força Motriz | 35 |
| 4.5.2 Indicadores de Pressão | 35 |

| | |
|---|-----------|
| 4.5.3 Indicadores de Impacto | 35 |
| 4.5.4 Indicadores de Estado | 35 |
| 4.5.5 Indicadores de Resposta | 36 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 36 |
| 5.1 ANÁLISE DOS DADOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA | 36 |
| 5.2 ANÁLISE DOS DADOS SOCIOECONÔMICOS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA | 39 |
| 5.3 ANÁLISE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO | 40 |
| 5.4 ANÁLISE DA SECA 2012-2017 | 41 |
| 5.5 ANÁLISE DOS VOLUMES DOS RESERVATÓRIOS | 42 |
| 5.6 FPEIR | 43 |
| 5.6.1 Força Motriz | 44 |
| 5.6.2 Pressão | 45 |
| 5.6.3 Estado | 48 |
| 5.6.4 Impacto | 51 |
| 5.6.5 Resposta | 53 |
| 6. CONCLUSÃO | 56 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |
| ANEXO I – INDICADORES OPERACIONAIS DE ÁGUA | 61 |
| ANEXO II – INDICADORES SOCIOECONÔMICOS | 68 |
| ANEXO III - PRECIPITAÇÃO | 70 |

1. INTRODUÇÃO

A água é fundamental para atividades industriais, comerciais, agrícolas, geração de energia e, em especial, para o abastecimento humano. Após ser consumida e ser transformada em esgoto, é importante que receba o tratamento adequado para que não polua os mananciais, dessa forma mantendo-os com níveis aceitáveis de potabilidade e sem atrapalhar os processos subsequentes do abastecimento de água. Vale destacar alguns dados relacionados ao abastecimento de água no Brasil (SNIS, 2022): 84,9% dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada, mais de 33 milhões brasileiros não têm o acesso a este serviço básico, o abastecimento de água acontece para 76,9% da população no Nordeste, as perdas de água são de 46,7% no Nordeste. No entanto, esses números são valores gerais e não refletem a complexidade do abastecimento de água no Brasil e nem a qualidade e continuidade do serviço prestado.

Um sistema de abastecimento de água começa suas operações nos mananciais, que podem ser superficiais ou subterrâneos. A disponibilidade da água nestes mananciais é item fundamental para que não haja qualquer restrição para os sistemas de abastecimento. No entanto, a variabilidade climática natural de algumas regiões e as mudanças climáticas, por vezes diminuem essa disponibilidade de água, quando impactados com eventos de secas (alguns com duração de mais de um ano). Quando um manancial tem sua disponibilidade hídrica reduzida todas as etapas subsequentes do abastecimento são prejudicadas, podendo diminuir a qualidade da água, encarecer o tratamento da água, diminuir ou cessar o abastecimento trazendo assim impactos diretos para a população residente, dessa forma prejudicando a condição de segurança hídrica que deveria existir. Logo temos a seca como uma antagonista quando se trata de abastecimento de água. Para Vieira, 2006, “o conceito de seca vai desde a falta de precipitação, deficiência de umidade no solo agrícola, quebra de produção agropecuária, até impactos sociais e econômicos negativos em geral, ou seja, identificação de áreas secas em função de causas e efeitos, com diversos níveis de abrangência.”

Alguns estudos como de ALVALÁ et al., 2019, CUNHA et al., 2018, MARENGO et al., 2018 indicam que a seca ocorrida entre 2012 e 2018 na região do Nordeste causou impactos severos, principalmente na produção agrícola familiar de sequeiro ¹e no abastecimento de água.

¹ A produção agrícola familiar de sequeiro é uma técnica de cultivo que tem por princípio apenas o aproveitamento da água da chuva em locais com baixa pluviosidade. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Estima-se que o custo da seca entre os anos de 2012 a 2016 tenha sido da ordem de R\$22,5 bilhões (MARENGO, 2020). Observa-se que ambos os estudos tratam de períodos diferentes do que é objeto de estudo desse trabalho, 2012 a 2017, mas como se tratam de impactos ocorridos majoritariamente dentro do intervalo de tempo a ser estudado, se faz importante considerar esses estudos.

Para a Organização das Nações Unidas (ONU) “segurança hídrica existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e a conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias”. Adentrando no contexto de um evento extremo como a seca, pode-se presumir que fica mais difícil alcançar em sua plenitude a segurança hídrica, já que, dependendo da intensidade e do tempo da seca, poderão haver episódios de estresse hídrico.

Sabendo da importância da água, principalmente em regiões onde são de certa forma “esquecidas” pelos governantes, uma das maneiras que possibilitam avaliar os impactos da seca no sistema de abastecimento de água é por meio de uma matriz Força Pressão Estado Impacto Resposta (FPEIR). Essa metodologia, é muito utilizada para avaliação de sistemas ambientais (Araújo, Ribeiro e Braga, 2019; Lopes et al. 2022) e permite uma avaliação abrangente e mapear todas as conexões existentes entre os problemas enfrentados e respostas implementadas, resultando numa análise mais profunda da situação de segurança hídrica. Neste estudo, o foco será avaliar o abastecimento de água.

Desta forma, o presente trabalho tem o enfoque em avaliar os impactos da seca plurianual ocorrida durante o período de 2012 a 2017, no sistema de abastecimento de água dos municípios da bacia hidrográfica do Rio Piancó, localizada no estado da Paraíba com base nos dados de abastecimento, sociais, pluviométricos e fluviométricos da região.

A seguir, a disposição dos capítulos desse trabalho:

1 - Introdução: aqui seremos apresentados ao tema dos impactos da seca no sistema de abastecimento;

2 - Referencial Teórico: nessa parte toda carga de referências bibliográficas relacionadas aos principais tópicos desse trabalho será exposta, sempre levando em consideração o contexto no qual estamos inseridos;

3 - Metodologia: aqui será exposto o método de pesquisa utilizado;

4 - Resultados e Discussões: capítulo onde todos os resultados obtidos serão mostrados por meio de gráficos e tabelas, sempre trazendo à tona o contexto e ligando os dados a criação da FPEIR;

5 - Conclusão: aqui será discutido o que foi estudado durante o trabalho, trazendo reflexões sobre os impactos da seca e dissecando os principais pontos da FPEIR;

6 - Referências Bibliográficas: nesta parte serão expostas todas as referências como: livros, artigos, sites, leis e afins, utilizados como fontes de pesquisa para o desenvolvimento do atual trabalho.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os impactos da seca plurianual ocorrida entre os anos de 2012 e 2017 no sistema de abastecimento de água dos municípios que estão inseridos na bacia hidrográfica do Rio Piancó, com ênfase na segurança hídrica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os principais efeitos da seca plurianual na bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017;
- Analisar indicadores socioambientais dos municípios da bacia hidrográfica, para entender qual a realidade que a população local vive e como são suas condições de vida;
- Elaborar a matriz FPEIR para mapear as relações entre as forças e pressões que influenciaram o estado do abastecimento de água;
- Analisar como a seca impactou o abastecimento de água nos diferentes municípios da bacia, considerando aspectos quantitativos e qualitativos;
- Avaliar as respostas implementadas pelos governos e pela sociedade civil para mitigar os impactos da seca e garantir a segurança hídrica;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

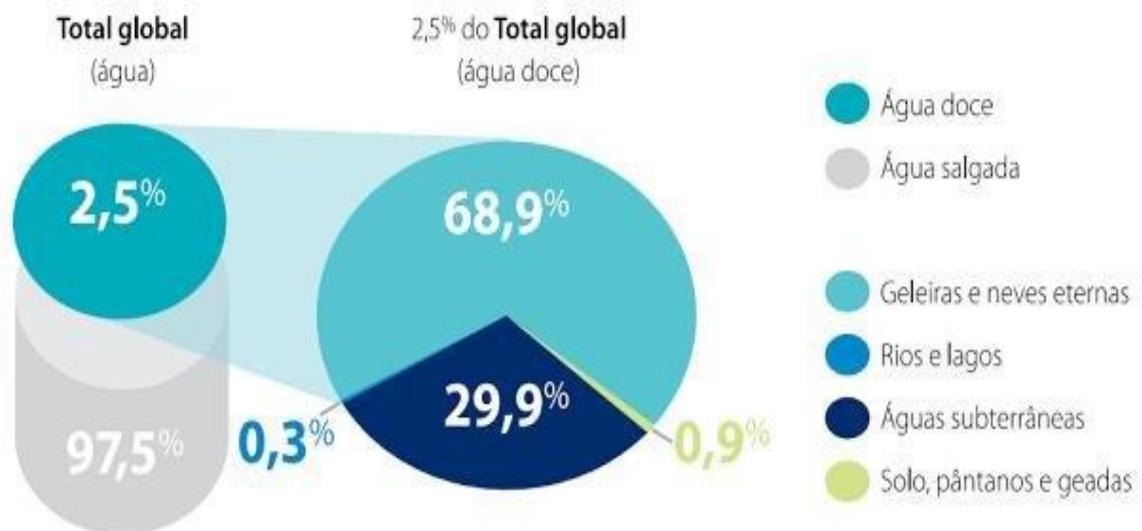
3.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

3.1.2 Disponibilidade hídrica

Estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao nosso consumo direto nem à irrigação da plantação. Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é

de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios (Figura 1). Logo, o uso desse bem precisa ser pensado para que não prejudique nenhum dos diferentes usos que ela tem para a vida humana (ANA, 2019).

Figura 1: Gráfico de distribuição percentual de água no planeta terra.



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA), 2019.

A água é notoriamente a substância química mais importante da humanidade pois na grande maioria das atividades do dia a dia ela se faz presente, logo, garantir que a mesma chegue com qualidade e de forma contínua em todos os lugares é extremamente necessário, e para que isso ocorra bem urge a necessidade de se ter planejamento e gestão de qualidade. A resolução A/RES/64/292 da ONU de 2010, declarada que “água limpa e segura e o saneamento um direito humano essencial para gozar plenamente a vida e todos os outros direitos humanos”, porém alguns dados destoam dessa afirmativa:

- Mais de 2 bilhões de pessoas em todo mundo vivem em países em situação de estresse hídrico (United Nations, 2018);
- Estima-se que 4 bilhões de pessoas vivem em áreas que sofrem grave escassez física de água por pelo menos 1 mês ao ano (Mekonnen; Hoekstra, 2016);

- Cerca de 80% de todas as águas residuais industriais e municipais são lançadas no meio ambiente sem qualquer tratamento prévio, com efeitos prejudiciais para a saúde humana e para os ecossistemas (WWAP, 2017).

Quando se trata de disponibilidade hídrica e Brasil, estamos falando de um país privilegiado nesse quesito, já que 12% de toda água doce do mundo se encontra em território brasileiro (Castro, 2022) mas apesar desse fator, algumas regiões sofrem com secas. Com uma precipitação anual máxima de 800 mm, insolação média de 2.800 h/ano, temperaturas médias anuais de 23 °C a 27 °C, evaporação média de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50%, o Semiárido brasileiro, caracteristicamente, apresenta forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um curto período, em média, de três a quatro meses, apresentando volumes de água insuficientes em seus mananciais para atendimento das necessidades da população (SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da, 2010).

Os índices de perdas de água no sistema de abastecimento brasileiro são elevados e em média chega a 37,8 %, e para ter uma melhor visualização sobre o tamanho dessas perdas, as mesmas equivalem a quase 8 mil piscinas olímpicas de água tratada desperdiçadas diariamente (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, 2022). As regiões norte e nordeste são as que têm um maior déficit relacionado a índices de acesso a água tratada na Tabela 1 essa situação fica mais elucidada.

Tabela 1: População com acesso a água tratada de acordo com as grandes regiões do Brasil

| Região | % da população com acesso a água tratada |
|--------------|--|
| Norte | 58,9 |
| Nordeste | 74,9 |
| Centro-oeste | 90,9 |
| Sudeste | 91,3 |
| Sul | 90,9 |

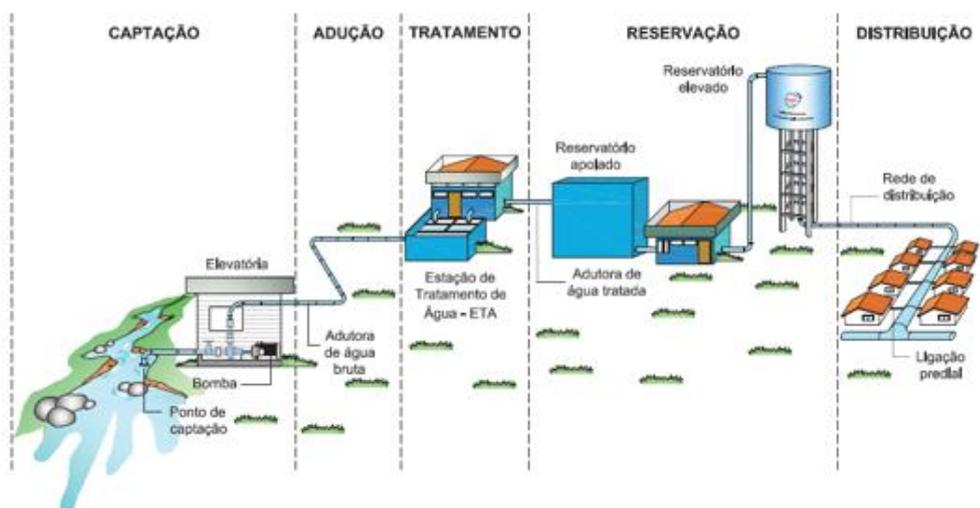
Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 2020. Adaptada.

3.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Há toda uma cadeia de etapas para que a água saia de um manancial e chegue até as casas, já que a mesma precisa ser retirada do manancial em questão, tratada e por fim distribuída, e dependendo da localização do local a ser abastecido, de sua topografia e da qualidade da água bruta, a concepção desse projeto pode mudar, logo, para situações distintas existem concepções distintas e conseqüentemente projetos diferentes, ou seja, abastecer um local não é uma “receita pronta” e para cada caso há uma solução. Na Figura 2 pode-se notar as principais partes de um sistema de abastecimento de água, que de maneira geral são formados por: mananciais, ponto de captação de água, estações elevatórias de bombeamento, adutora de água bruta, estações de tratamento de água (ETA's), reservatórios, redes de distribuição e as ligações prediais.

Os mananciais são de suma importância para esse trabalho, já que eventos extremos como a seca, impactam diretamente o seu desempenho. Eles podem ser de dois tipos: subterrâneos (poços, aquíferos e galerias filtrantes) e superficiais (rios, barragens e lagos). De acordo com Gomes (2021) “na fase de concepção do projeto de um sistema de abastecimento, a decisão sobre de qual ou quais mananciais a água deve ser captada depende de alguns fatores, que se resumem na quantidade disponível, na qualidade da água bruta e dos custos de captação, tratamento e transporte da vazão requerida pelo projeto.”

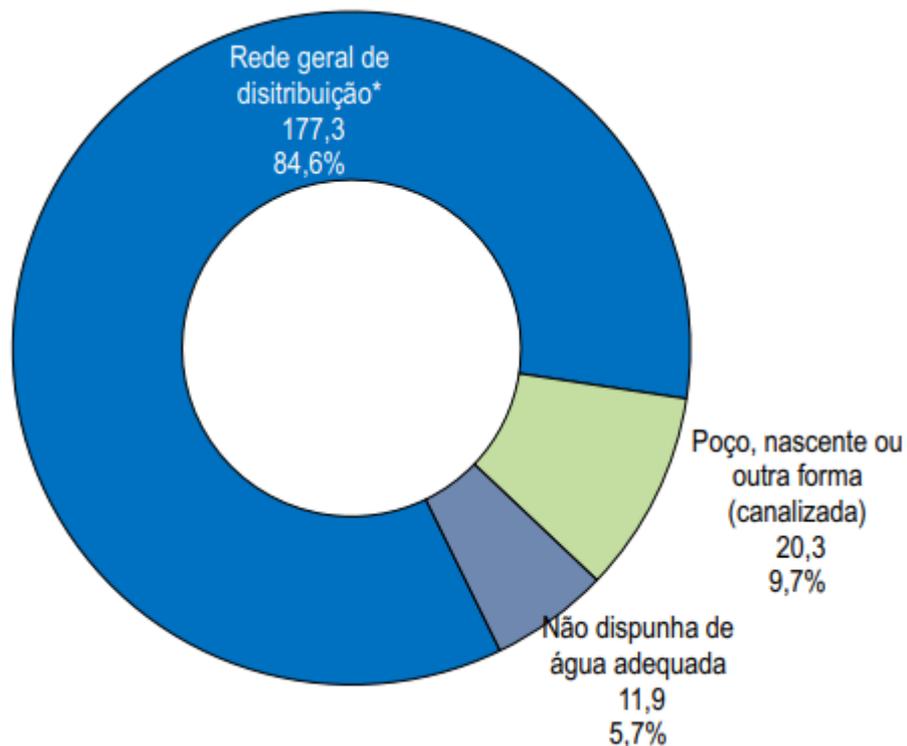
Figura 2: Partes de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), Manual de Saneamento, p. 67, 2007.

Mesmo com a grande disponibilidade hídrica encontrada no Brasil, nem todas as pessoas têm acesso a água por meio de uma rede de distribuição, na Figura 3 pode-se notar que pouco mais de 84% da população conta com essa forma de se obter água, porém não se pode garantir que o abastecimento ocorre da maneira indicada, já que em alguns locais sofrem com racionamento de água, altos índices de perda, má qualidade da água entre outros problemas, dessa forma esse alto índice não pode mascarar inconvenientes de cunho hídrico Brasil.

Figura 3: População com acesso à água, % da população.



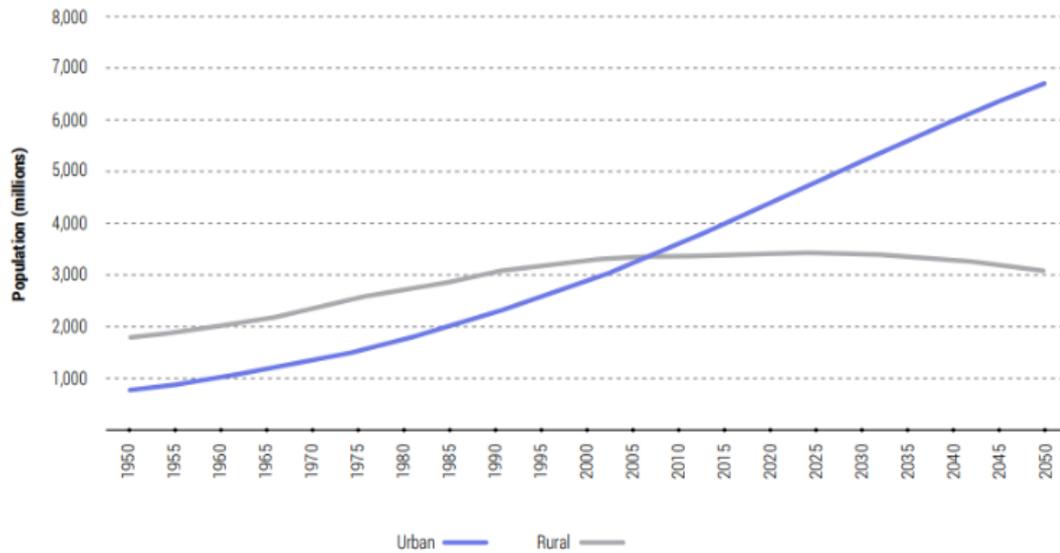
Fonte: PNAD, IBGE, 2020

3.3 EXPANSÃO URBANA E SEUS IMPACTOS NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A expansão urbana é um fenômeno que reflete o crescimento das cidades e promove transformações no uso do solo. Esse processo, quando ocorrido de maneira não controlada, acarreta uma série de problemas relacionados à infraestrutura das cidades, já que às mesmas normalmente não foram projetadas para tamanho aumento populacional, gerando assim uma dificuldade no que se diz ao acesso à serviços, como por exemplo, o abastecimento de água.

As áreas urbanas atualmente abrigam cerca de 55% da população mundial e esse número deve crescer para 68% até 2050 (United Nations, 2022). A Figura 4 representa um comparativo entre o desenvolvimento das populações urbanas e rurais.

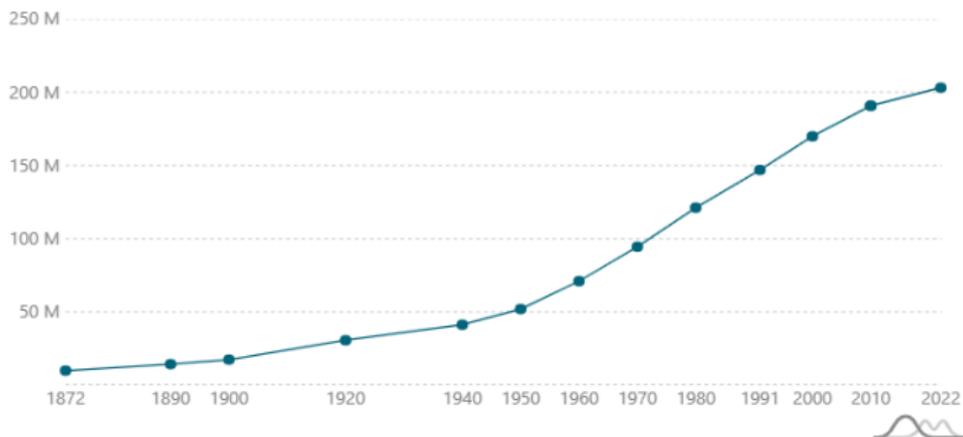
Figura 4: População urbana e rural do mundo entre 1950 e 2050.



Fonte: Departamento das Nações Unidas para Assuntos Econômicos e Sociais (UNDESA), 2019.

Como pode ser visto na Figura 5, a população brasileira mais do que dobrou da década de 1970 até os dias atuais, e acompanhado desse crescimento populacional, veio também um grande êxodo rural, como pode ser visto na Tabela 2, aumentando assim a taxa de urbanização do nosso país.

Figura 5: Crescimento populacional no Brasil.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2022

Tabela 2: Evolução temporal da população e taxa de urbanização do Brasil entre 1940 e 2022.

| Ano | Taxa de Urbanização % | População total |
|------|-----------------------|-----------------|
| 1940 | 31,3 | 41 236 315 |
| 1950 | 36,1 | 51 944 397 |
| 1960 | 45,52 | 70 992 343 |
| 1970 | 56,80 | 94 508 583 |
| 1980 | 67,70 | 121 150 573 |
| 1991 | 75,59 | 146 825 475 |
| 2000 | 81,20 | 169 590 693 |
| 2010 | 84,40 | 190 755 799 |
| 2022 | 87,60 | 203 080 756 |

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2022

Com essa alta taxa de urbanização, muitas das vezes as cidades não têm uma infraestrutura necessária para que todos tenham acesso à água, de acordo com Diegues (2009) “a garantia do direito humano à disponibilidade de água potável depende de novas formas de gestão e de administração que, por sua vez, geram custos ligados à infraestrutura e aos serviços envolvidos”. O forte crescimento populacional e das cidades tem provocado muitas transformações com relação ao espaço urbano, exercendo pressão sobre a infraestrutura das cidades e comprometendo a qualidade de vida dos habitantes, principalmente no que se refere aos sistemas de abastecimento de água (TAVARES,2020).

O aumento da população urbana resulta em uma maior demanda de água, o que exige a ampliação dos mananciais. Essa pressão sobre os sistemas hídricos pode reduzir sua disponibilidade e, em regiões sujeitas a períodos de seca, pode ainda intensificar a escassez de água. Segundo Vilas-Boas (2008) “A disponibilidade de água está ligada ao desenvolvimento de uma cidade, tornando-se um dos fatores mais importantes na instalação e expansão da infraestrutura”.

Outro aspecto é que processo de “espalhamento” das cidades, pois podem se irradiar para todos os lados de forma desordenada e sem planejamento, com a formação de núcleos urbanos isolados, também conhecido como espraiamento urbano (Braga et al., 2012). Para suprir as necessidades da população local, se faz necessário que a rede seja expandida acompanhando o crescimento da cidade.

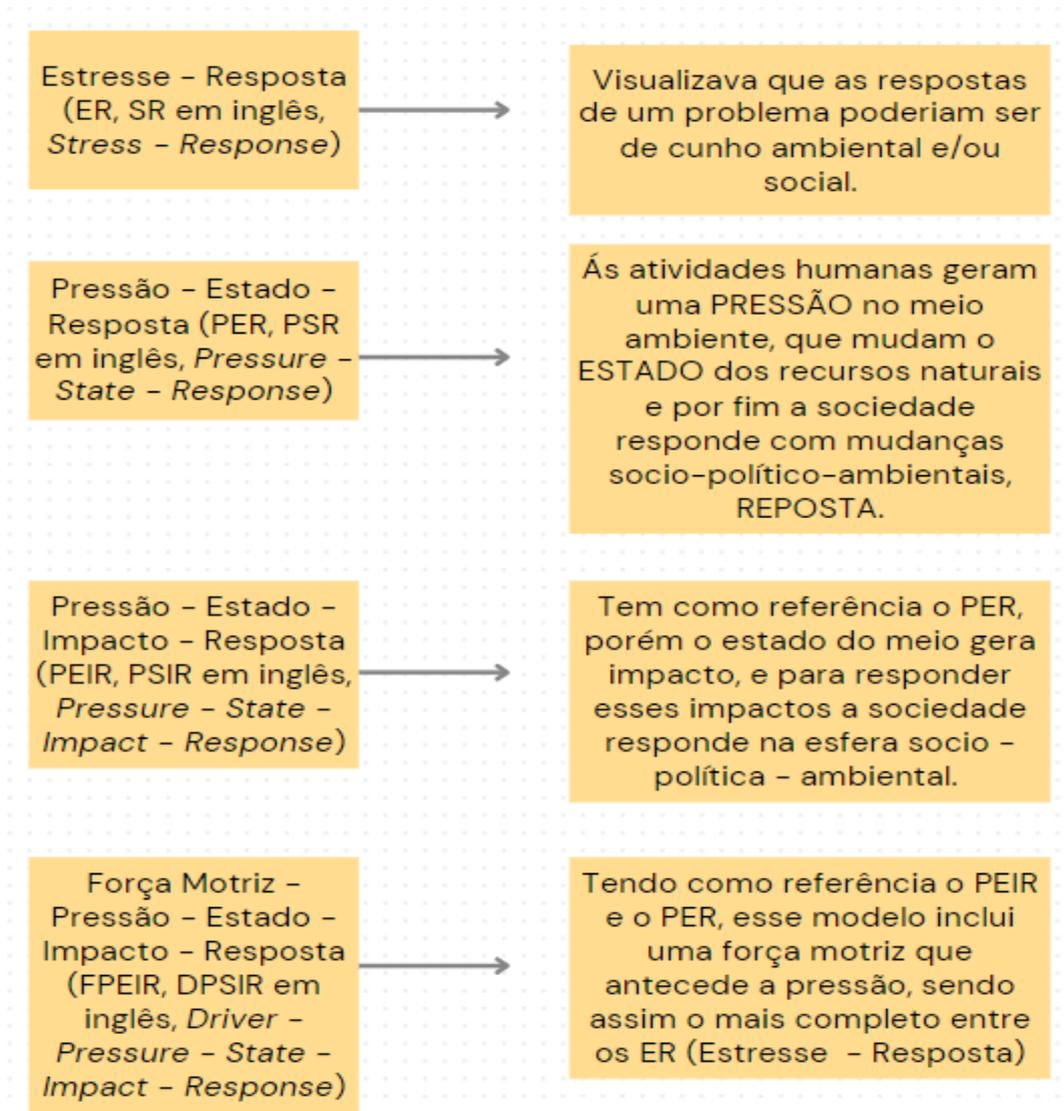
Hoje já se é possível analisar o que uma ampliação na malha urbana pode causar na seara do abastecimento de água, por meio de softwares como o EPANET desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) e traduzido pelo Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS/UFPB) que pertence a Universidade Federal da Paraíba. Pegando como exemplo um estudo de caso realizado na cidade de Santana da Ponte Pensa (SP) realizado por Salomão et al (2021), onde se é analisado os possíveis impactos da urbanização nessa cidade, tem-se a conclusão de que pontos críticos ou de baixa pressão em certos locais podem surgir, prejudicando assim o abastecimento de água.

Outro estudo importante que relaciona crescimento urbano e abastecimento de água é o de Marinho et al (2020), onde se tem o bairro de Catolé na cidade de Campina Grande-PB como objeto de estudo, e se faz uma análise espacial multicritério (entre 2010 e 2020) onde é determinado esse risco de desabastecimento. Por meio de um mapeamento de áreas de riscos, os autores chegaram à conclusão de que o espalhamento urbano causa sim um risco de desabastecimento de água, principalmente grupos com baixa capacidade de reservação, como as pessoas de baixa renda. De certa forma fica ainda mais notório a importância de se gerir e planejar a ocupação do espaço urbano, já que geralmente os mais prejudicados são os que estão em situação de vulnerabilidade social.

3.4 FPEIR (FORÇA MOTRIZ-PRESSÃO-ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA)

Problemas relacionados a recursos hídricos envolvem uma gama de fatores que podem influenciar em impactos no meio ambiente, e para que haja uma lógica entre a causa e efeito, se faz necessário estudar toda rede envolvida nesse meio e por fim descobrir o que vem causando tais problemas. O modelo Força Motriz - Pressão - Estado - Impacto - Resposta (FPEIR ou DPSIR, Driver - Pressure - State - Impact - Response) tem trazido grandes resultados na área, porém ele surge de outros modelos mais antigos, e com o tempo foi se desenvolvendo até chegar na forma atual. A Figura 6 mostra como ocorreu a evolução dos modelos do tipo ER (Estresse - Resposta).

Figura 6: Evolução dos modelos ER (Estresse - Resposta), com a nomenclatura nas colunas da esquerda e a motivação nas colunas da direita.



Fonte: BRAGA; RIBEIRO; FELINTO, 2018. Adaptado.

Segundo a OCDE (1993), o modelo PER se baseia num conceito onde as atividades humanas têm um poder de pressionar o meio ambiente mudando as suas características, como a qualidade e a quantidade dos seus recursos. Dessa forma a sociedade obtém respostas para os impactos causados no meio ambiente por meio de políticas públicas, planos de gerenciamento, gestão e controle.

De acordo com Zare et al, 2019, o modelo Força Motriz - Pressão - Estado - Impacto - Resposta (FPEIR, DSPIR em inglês, Driver - Pressure - State - Impact - Response) representa as complexidades do ponto de vista sócio-ecológico, nos termos dos seguintes elementos:

- Força Motriz – forças que causam pressão no sistema;
- Pressão – tensões diretas que afetam os estados do sistema;
- Estado – denotam às condições do sistema;
- Impacto – refletem mudanças observáveis nas condições do sistema;
- Resposta – respostas institucionais a mudanças do sistema.

Um estudo realizado por Braga et al., 2018, analisou o gerenciamento da demanda hídrica para a bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró (RN) por meio da união do modelo FPEIR com a modelagem de alocação de água. O artigo teve como problemática a alocação mais ideal da água, evitando assim falhas que foram encontradas quanto ao atendimento de água no sistema. Notou-se que as principais forças motrizes e pressões do sistema foram o crescimento populacional, desenvolvimento econômico e as mudanças climáticas, a partir disso problemas como escassez hídrica e conflitos relacionados a água se tornam recorrentes, como propostas para solucionar esses fatos, alternativas como ampliar o sistema de abastecimento e até mesmo reuso da água foram as melhores medidas adaptativas possíveis.

3.5 SEGURANÇA HÍDRICA

Segurança hídrica analisa os riscos da gestão sustentável da água quanto à oferta, em quantidade e qualidade, impactos sobre a sociedade, na infraestrutura e nos ambientes (Tucci et al, 2018).

Os fatores que ameaçam uma desejada situação de equilíbrio são o aumento populacional, principalmente nas áreas urbanas, e o crescimento econômico, que geram ampliação da demanda de água, bem como as mudanças climáticas e os seus efeitos nos eventos hidrológicos extremos. Esses fatores de desequilíbrio de balanço hídrico, associados à ausência de planejamento e ações institucionais coordenadas e de investimentos em infraestrutura hídrica e saneamento, desencadeiam cenários de Insegurança Hídrica e, no limite, a instalação de crises, tais como as que afetaram o Brasil nos últimos sete anos (ANA, 2019).

O Plano Nacional de Segurança Hídrica foi instituído no Brasil no ano de 2019, onde uma parceria do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) com a Agência Nacional de Águas (ANA) buscou unir forças para trabalhar nas questões de planejamento, operação, execução e manutenção da infraestrutura hídrica para o país (PNSH, 2019). Para caracterizar a segurança hídrica, a United Nations - Water, dividiu em quatro dimensões principais, para nortear o planejamento acerca do tema (Figura 7).

Figura 7: Dimensões da segurança hídrica



Fonte: Plano Nacional de Segurança Hídrica (ANA e MDR, 2019), adaptado da United Nations Water (UN-Water)

Para quantificar o quanto uma região está sob riscos relacionados à segurança hídrica, foi definido um Índice de Segurança Hídrica (ISH), que levam em consideração as 4 dimensões demonstradas na Figura 7, onde cada uma delas tem seu indicador (Figura 8), e cada indicador tem uma nota que varia de 1 até 5, com ordem decrescente de nível de segurança hídrica.

Figura 8: Indicadores do índice de segurança hídrica (ISH)

| Indicadores do ISH | |
|--------------------|--|
| DIMENSÃO | INDICADOR |
| Humana | Garantia de água para abastecimento humano |
| Econômica | Garantia de água para irrigação e pecuária Garantia de água para atividade industrial |
| Ecológica | Quantidade adequada de água para usos naturais Qualidade adequada da água para usos naturais Segurança das barragens de rejeito de mineração |
| Resiliência | Reservação artificial Reservação natural Potencial de armazenamento subterrâneo Variabilidade pluviométrica |

Fonte: Plano Nacional de Segurança Hídrica (ANA e MDR), 2019.

3.6 A SECA E SEUS IMPACTOS NO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Valores discrepantes de um estado climático médio (doravante chamado de “eventos extremos”) ocorrem em escalas temporais que variam de dias a milênios, embora os mais importantes para as atividades humanas sejam os eventos extremos de curta duração (no máximo alguns minutos ou poucas horas), os quais cobrem uma área horizontal de centenas a poucos metros. Incluem-se nessa escala as tempestades convectivas, rajadas de ventos, tornados, chuvas torrenciais, granizo e ocorrência de descargas atmosféricas (Malone, 1951; Marengo, 2009). São alguns tipos de eventos extremos: secas, enchentes, deslizamentos de terra, incêndios florestais, ondas de calor ou frio, ciclones, entre outros. Neste trabalho o foco será no evento extremo da seca.

As secas são um fenômeno natural, uma alteração do regime hidrometeorológico, e no Nordeste Brasileiro (NEB) elas afetam os moradores, principalmente os mais vulneráveis da região semiárida, criando situações de deficiência hídrica e riscos para a segurança alimentar, energética e hídrica na região (Eakin et al. 2014).

Existem diversas maneiras de se definir seca, dependendo principalmente da temática da abordagem. Essas abordagens podem ser relacionadas a precipitação, agricultura, hidrologia e a socioeconômica. Sendo assim, vários autores (WILHITE; GLANTZ, 1987; BYUN; WILHITE, 1999; MCKEE et al., 1993) definiram quatro tipos de secas: meteorológica,

agrícola, hidrológica e socioeconômica. Para Wilhite, 2003, independentemente do tipo de seca, todas se originam da deficiência de precipitação.

A seca pode ser caracterizada por um período prolongado de deficiência na disponibilidade hídrica em determinada região (FERNANDES et al, 2021). De acordo com o National Drought Mitigation Center a seca pode ser classificada em quatro tipos: meteorologia, hidrológica, agrícola e socioeconômica (Tabela 3).

Tabela 3: Tipos de seca e suas devidas descrições

| Tipo de seca | Descrição |
|----------------|--|
| Hidrológica | Caracterizada pela deficiência no suprimento de água subterrâneo ou superficial por um determinado período, podendo variar da escala de meses a anos. |
| Meteorológica | Caracterizada pelo déficit de chuva acumulada, com níveis significativos abaixo da média climatológica. |
| Agrícola | É resultado do déficit de água no solo, causando um estresse hídrico nas plantas e consequentemente, reduzindo a produção agrícola. |
| Socioeconômica | Ocorre quando a escassez de água impacta na produção de energia elétrica, no abastecimento de água e de alimentos, na navegação, no turismo, entre outros. |

Fonte: National Drought Mitigation Center, 2002. Adaptada.

Tratando da intensidade das secas usualmente se usam os índices SPI (Índice de Precipitação Padronizado), criado por McKee et al (1993) que é o índice que a Organização Meteorológica Mundial recomenda para se fazer o monitoramento dos períodos de seca e SPEI (Índice de Precipitação-Evapotranspiração Padronizado) criado por Serrano et al (2010) que é uma atualização do anterior. O SPI trabalha basicamente fazendo o cálculo do excesso ou déficit de precipitação no tempo, já o SPEI utiliza da evapotranspiração para se obter os resultados. A seguir uma tabela (Tabela 4) retirada do Monitor das Secas com a descrição das secas com os valores de SPI e SPEI.

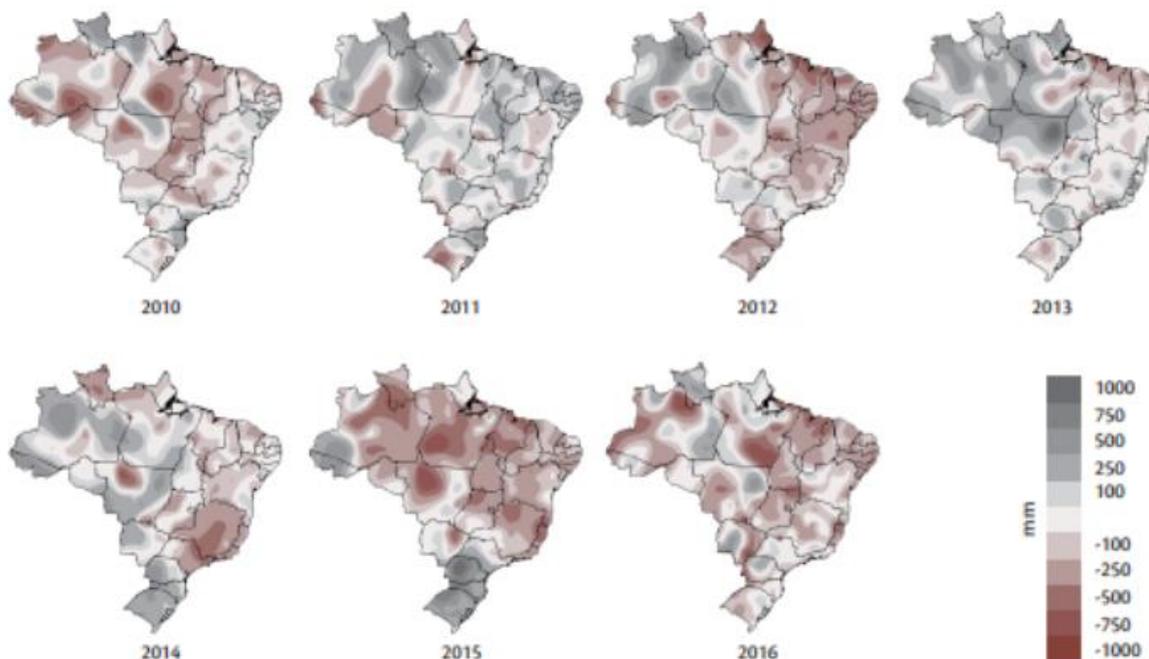
Tabela 4: Classificação dos níveis de severidade de uma seca

| Categoria | Descrição | Percentil | SPI/SPEI | Recorrência |
|-----------|------------------|-----------|--------------|----------------------------|
| S0 | Seca Fraca | 30%til | -0,5 a -0,79 | Uma vez a cada 2-5 anos |
| S1 | Seca Moderada | 20%til | -0,8 a -1,29 | Uma vez a cada 5-10 anos |
| S2 | Seca Grave | 10%til | -1,3 a -1,59 | Uma vez a cada 10-20 anos |
| S3 | Seca Extrema | 5%til | -1,6 a -1,99 | Uma vez a cada 20-50 anos |
| S4 | Seca Excepcional | 2%til | <-2 | Uma vez a cada 50-100 anos |

Fonte: Adaptado do National Drought Mitigation Center, Lincoln, Nebraska, U.S. Adaptado.

Um estudo realizado no ano de 2017 por Gondim et al, relatou os impactos da seca no semiárido nordestino, e por meio de mapas de monitoramento do INMET, demonstrou como estavam as regiões do Brasil com relação a precipitação, fazendo um comparativo dos anos da seca com os anos tidos normais climatologicamente (Figura 9).

Figura 9: Anomalias de precipitação de 2010 a 2016, relacionadas a climatologia normal medida entre 1981 e 2010.



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 2016

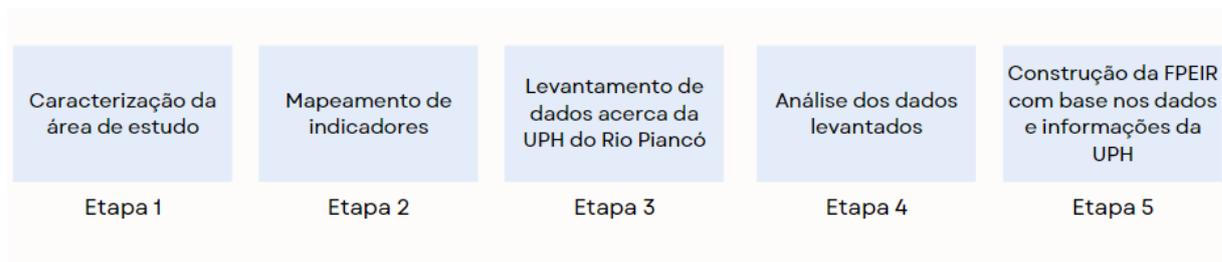
Tratando de impactos da seca no abastecimento de água, pode-se citar o exemplo da crise hídrica no estado de São Paulo, onde o abastecimento público de água na região metropolitana de São Paulo, onde foram atingidos níveis de armazenamento de aproximadamente 5% de sua capacidade total, afetando cerca de 40 milhões de pessoas (COELHO et al., 2015; MARENGO et al., 2015; NOBRE et al., 2016).

4. METODOLOGIA

4.1 VISÃO GERAL DO ESTUDO

O seguinte trabalho tem como finalidade observar os impactos no sistema de abastecimento dos municípios da Bacia do Rio Piancó causados pela seca plurianual ocorrida entre os anos de 2012 a 2017, por meio de um modelo FPEIR (Força Motriz - Pressão - Estado - Impacto - Resposta). Para isso haverá a caracterização da área a ser estudada, os indicadores de abastecimento dos anos já citados serão expostos, indicadores de precipitação da microrregião do Piancó serão expostas, alguns indicadores socioeconômicos e por fim a FPEIR será construída (Figura 10).

Figura 10: Fluxograma do desenvolvimento do trabalho



Fonte: Elaboração própria.

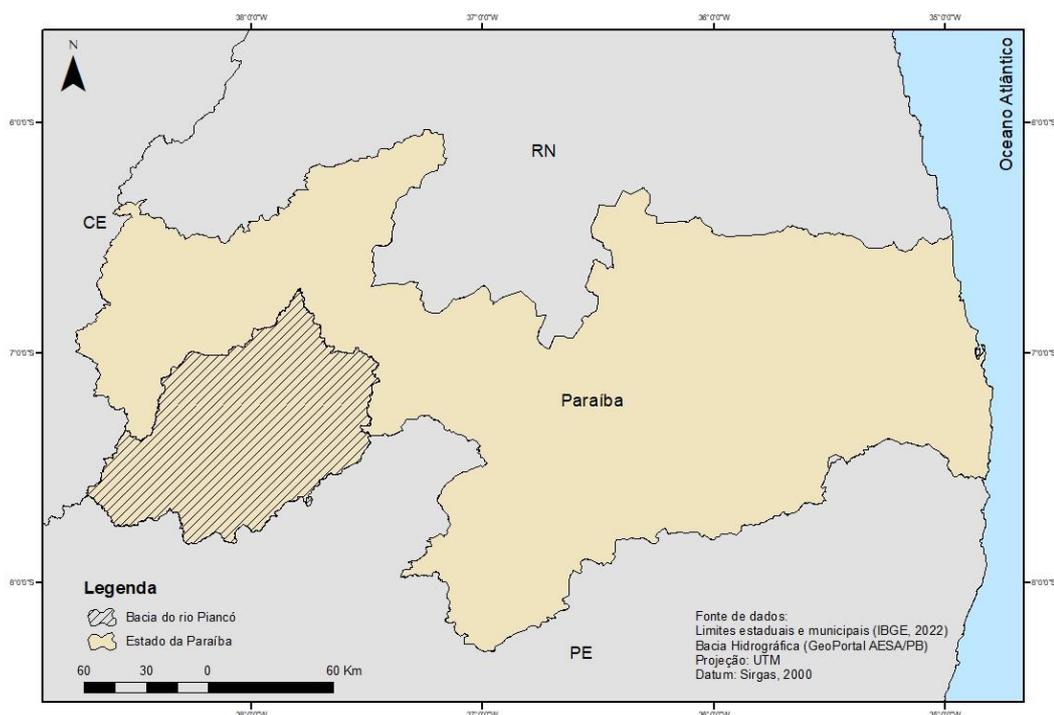
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica objeto deste estudo é a bacia do Rio Piancó, uma sub-bacia da bacia hidrográfica Piancó-Piranhas-Açu, que está localizada na região hidrográfica Atlântico Norte Oriental e no sertão paraibano (Figura 11). No contexto do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Piancó-Piranhas-Açu, as sub-bacias são definidas como Unidades de Planejamento Hidrológico (UPH). Esta bacia é de grande importância no contexto dos sistemas hídricos do estado da Paraíba, porque nela está inserido o maior reservatório do estado, o Coremas Mãe

d'Água (com 1.289 milhão de m³), deste açude saem diversas adutoras que distribuem água para os sistemas hídricos.

O clima da região é o semiárido, que é caracterizado por ter pelo menos uma das características a seguir: precipitação pluviométrica média anual abaixo dos 800 milímetros, índice de aridez ² de até 0,5 e risco de seca ou prolongamento da estação seca de um ano para outro maior que 60% (Instituto Nacional do Semiáridos - INSA, 2014). Vale ressaltar que o semiárido está dividido em duas estações por ano: uma chuvosa e uma seca. Tratando do relevo, pode-se observar serras, chapadas e serras, além de ter como bioma predominante a caatinga.

Figura 11: Localização da Unidade de Planejamento Hidrológico do Rio Piancó



Fonte: Elaboração própria.

A região é composta por 30 municípios e tem uma área total de aproximadamente 9035 km², ocupando cerca de 16% da área do estado da Paraíba. Alguns desses municípios não estão em sua totalidade dentro da área da bacia hidrográfica do Rio Piancó, foram considerados no presente estudo os municípios com sede dentro da região da bacia hidrográfica (Tabela 5), tendo em vista que as sedes municipais concentram a população urbana que é atendida pelos sistemas de abastecimento de água.

² é um índice indicativo da intensidade da aridez de uma região, proposto pela UNESCO (1979). Consiste na razão entre a Precipitação Pluviométrica e a Evapotranspiração potencial. De acordo com os critérios estabelecidos por Thornthwaite (1941) e ajustado por Penman (1953), apresentamos no quadro abaixo a classificação climática (baseada nesse índice): < 0,05 – hiper árido, 0,03-2 – árido, 0,21 – 5 semiárido, 0,51 – 0,65 subúmido seco, >0,65 subúmido e úmido.

Tabela 5: Disposição dos municípios da UPH do Rio Piancó

| % do município na UPH | Município |
|-----------------------|----------------------|
| 98,59 | Água Branca |
| 99,88 | Aguiar |
| 100,00 | Boa Ventura |
| 99,97 | Cajazeirinhas |
| 99,48 | Catingueira |
| 99,32 | Conceição |
| 99,94 | Coremas |
| 100,00 | Curral Velho |
| 100,00 | Diamante |
| 100,00 | Emas |
| 100,00 | Ibiara |
| 100,00 | Igaracy |
| 79,27 | Imaculada |
| 100,00 | Itaporanga |
| 99,95 | Juru |
| 98,19 | Manaíra |
| 100,00 | Nova Olinda |
| 100,00 | Olho D'água |
| 100,00 | Pedra Branca |
| 100,00 | Piancó |
| 30,75 | Pombal |
| 98,20 | Princesa Isabel |
| 92,33 | Santa Inês |
| 99,32 | Santana de Mangueira |
| 100,00 | Santana dos Garrotes |
| 42,07 | São Bentinho |
| 100,00 | São José de Caiana |
| 99,23 | São José de Princesa |
| 97,14 | Serra Grande |
| 98,90 | Tavares |

Fonte: Plano de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba, 2022. Adaptado

4.3 INDICADORES E BASE DE DADOS

4.3.1 Indicadores de Abastecimento de água e segurança hídrica

Para quantificar o que ocorreu durante a seca plurianual de 2012 até 2017 nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Piancó, 5 indicadores operacionais relacionados à água foram escolhidos, sendo eles: **índice de atendimento total de água (IN 055)**, **índice de atendimento urbano de água (IN 023)**, **índice de hidrometração (IN 009)**, **consumo médio per capita de água (IN 022)** e **índice de perdas na distribuição (IN 049)**. Os indicadores selecionados foram escolhidos por terem informações mais objetivas relacionados ao modo de vida das pessoas, focando em dados de consumo, perdas e atendimento, sendo assim mais fácil de analisar o comportamento dos mesmos. Todos esses indicadores fazem parte do banco de dados da série histórica do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), alguns dos municípios não possuem dados de alguns desses indicadores em certos períodos de tempo.

O SNIS é uma plataforma do Governo Federal que administra os dados de saneamento do Brasil, com informações de cunho administrativo, operacional, institucional, gerencial, econômico-financeiro, contábil, entre outros, no âmbito dos serviços de água, esgoto e manejo de resíduos sólidos urbanos. Para o objetivo deste trabalho apenas 5 dos 22 foram escolhidos, todos citados no parágrafo acima.

Para além dos indicadores operacionais de água do SNIS, identificar o grau de segurança hídrica da bacia é muito importante, para isso a referência utilizada será o Índice de Segurança Hídrica da ANA (Agência Nacional de Águas), que é calculado pela média aritmética simples dos resultados das 4 dimensões (humana, econômica, ecossistema e resiliência) nas áreas de contribuição hídrica de cada bacia (ANA).

4.3.2 Indicadores de precipitação e secas

Um dos principais indicadores sobre eventos extremos de seca é a precipitação pluviométrica, e para obter as respostas necessárias para o desenvolvimento da FPEIR foram selecionados os dados pluviométricos da região da bacia do Rio Piancó dos anos de 2012 até 2017, levantados no site da Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAPB), por meio da precipitação observada nos municípios/postos pluviométricos, disponíveis no site da AESAPB

na área de meteorologia-chuvas. Para isso, foi levantado os dados de precipitação de todos os municípios da bacia, e a partir desses dados foram geradas tabelas com as precipitações anuais de cada município da bacia, e por fim um gráfico de barras com as médias de precipitação anual dos mesmos.

Para se ter um melhor panorama acerca das secas, o monitor de secas é uma ferramenta extremamente útil para se ter um acompanhamento em tempo real da situação do local a ser observado, por meio de mapas e com cores que representam níveis distintos de seca. Para esse trabalho serão observados os mapas de seca do monitor das secas, nos meses de maio e novembro, pois de acordo com o Plano de Recursos Hídricos da bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, a precipitação tem maior volume entre fevereiro e maio na bacia em questão, logo escolher o último mês de chuvas e em seguida 6 meses a frente dele é uma boa estratégia para avaliar diferentes cenários. Além do mais é importante ressaltar que o monitor de secas existe desde o ano de 2014, no mês de julho, então excepcionalmente no primeiro ano de avaliação o mês de maio não será avaliado e sim julho.

4.3.3 Volumes dos principais reservatórios da bacia

Na região da bacia do Rio Piancó existem 33 açudes/reservatórios no total, de acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (ANA, 2018) dentre eles existem 12 chamados estratégicos, eles têm essa denominação pois tem capacidade individual de acumulação superior a 10 hm³. Para esse trabalho se trabalhará apenas com 2 deles, o complexo de reservatórios Coremas/Mãe d'Água, pelos motivos de ambos funcionarem em conjunto e terem grande representatividade baseada na capacidade de acumulação de ambos que chega a ser 71,3% dentre todos os reservatórios da bacia.

O açude Coremas/Mãe d'água, de nome oficial Açude Estevam Marinho está localizada na região do Piancó, na cidade de Coremas, no estado da Paraíba (Figura 12). O açude Coremas/Mãe d'Água teve sua construção iniciada no ano de 1937 e finalizada em 1942 (DNOCS, 1999). O açude Coremas foi construído a partir do barramento do Rio Piancó, já o Mãe d'Água por meio do barramento do Rio Aguiar, porém pela proximidade de ambos é formado um mesmo espelho d'água (Rodrigues; et al. 2006).

Figura 12: Açude Coremas-Mãe d'água



Fonte: Vale News. Disponível em: <https://www.centralvalenoticia.com.br/acude-coremas-mae-dagua-ultrapassa-50-de-sua-capacidade/>

4.3.4 Indicadores socioeconômicos dos municípios

Para se ter uma análise mais precisa de uma determinada população, se faz necessário buscar índices de cunho socioeconômico, dessa forma se tem um arcabouço maior de informações acerca das pessoas que residem no local objeto de estudo, e conseqüentemente um maior entendimento das necessidades e do comportamento dos locais. Para consolidar a construção da FPEIR, os dados socioeconômicos selecionados foram: índice de Gini, IDH-M, PIB per capita e índice de urbanização (Tabela 6).

Tabela 6: Definição dos indicadores socioeconômicos

| Indicador | Descrição |
|----------------|--|
| Índice de Gini | O Índice de Gini, criado pelo matemático italiano Conrado Gini, é um instrumento para medir o grau de concentração de renda em determinado grupo. Ele aponta a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Numericamente, varia de zero a um (alguns apresentam de zero a cem). O valor zero representa a situação de igualdade, ou seja, todos têm a mesma renda. O valor um (ou cem) está |

| | |
|-----------------------|---|
| | no extremo oposto, isto é, uma só pessoa detém toda a riqueza. Na prática, o Índice de Gini costuma comparar os 20% mais pobres com os 20% mais ricos (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA). |
| IDHM | O IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) é uma medida resumo que avalia o progresso de longo prazo em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: uma vida longa e saudável, o acesso ao conhecimento e um padrão de vida decente. É medido entre 0 e 1, e é separado por faixas de desenvolvimento, sendo: 0 - 0.499 (muito baixo), 0.500 - 0.599 (baixo), 0.600 - 0.699 (médio), 0.700 - 0.799 (alto) e 0.800 - 1.00 (muito alto) (United Nations Development Programme - UNDP). |
| PIB per capita | O PIB é a soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estado ou cidade, geralmente em um ano. Todos os países calculam o seu PIB nas suas respectivas moedas. O PIB per capita representa a média da riqueza produzida por determinado local por habitante (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE). |
| Índice de Urbanização | É a razão entre a população urbana e a população total, ou seja, a porcentagem de população urbana em relação a população total (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE). |

Fonte: Elaboração própria.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados aqui avaliados são na escala municipal, sendo necessário agrupá-los para avaliação no contexto da bacia hidrográfica. Para isso, foi calculada média aritmética dos indicadores.

Os indicadores operacionais de água e a pluviometria anual possuem disponibilidade de dados entre 2012 e 2017. Assim, foram avaliados ano a ano, o que permitiu uma análise da evolução dos indicadores na bacia no período de tempo em que a seca ocorreu.

Os indicadores sociais como o IDHM e o índice de gini dos municípios da UPH do Rio Piencó tiveram suas últimas atualizações no ano de 2010, dessa forma esses 2 indicadores serão trabalhados com resultados de 2010. A taxa de urbanização conta com dados de 2000 e 2010, onde se pode visualizar o comportamento desse indicador numa série histórica de 10 anos, dessa forma será levado em conta esse comportamento no que se refere ao desenvolvimento desse indicador. O PIB per capita conta com disponibilidade de dados no período a ser estudado (2012 até 2017), logo nesse período será analisada a série histórica desse indicador.

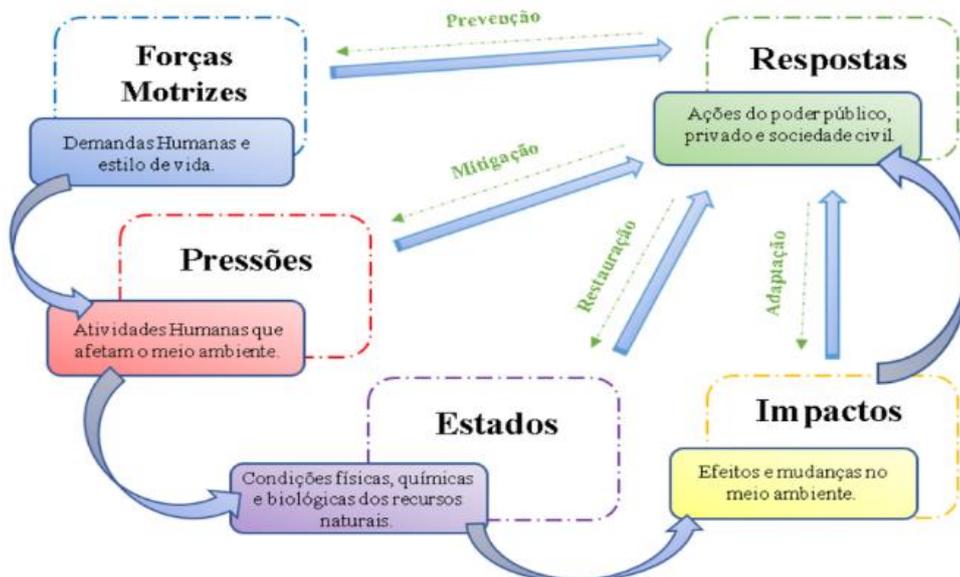
Os dados dos reservatórios escolhidos para se avaliar, Coremas e Mãe d'água, terão seus volumes representados respectivamente entre junho de 2012 e setembro de 2017 e novembro de 2012 e agosto de 2017, onde se consegue visualizar bem o comportamento de ambos perfeitamente.

Acerca da maneira de avaliar as secas, a metodologia escolhida foi através dos mapas do monitor das secas, onde iremos utilizar dados a partir de julho de 2014 (a partir desse mês que o site começou a disponibilizar os mapas) até dezembro de 2017, captando mapas no fim do período chuvoso e 1 (um) semestre após. Além desses dados informações dos planos da grande bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu e de recursos hídricos da Paraíba serão utilizados para montagem da matriz FPEIR.

4.5 FPEIR

A partir das informações colhidas nas etapas anteriores foi possível desenvolver a matriz FPEIR (Figura 13). Foram identificadas as forças motrizes, as pressões, o estado, os impactos e as respostas que compõe a análise do abastecimento de água dos municípios da bacia no contexto da seca ocorrida e da segurança hídrica. Com base nesse evento extremo, realizou-se uma análise detalhada dos dados levantados, além de consultar referências sobre o impacto da seca na região de estudo. Assim, a matriz FPEIR foi devidamente elaborada para refletir essas condições.

Figura 13: Modelo da matriz FPEIR



Fonte: Mendes (2022, p.27)

Para a elaboração da FPEIR, utilizou-se como referência o Manual de Aplicação para a Elaboração de Relatórios GEO Cidades (PNUMA, 2004) e a Agência Europeia de Meio Ambiente (EEA, 1999;2003).

Para montar a FPEIR de maneira coerente, se faz necessário analisar e avaliar os dados acerca dos indicadores de abastecimento de água, de pluviometria, de cunho socioeconômico, do monitor das secas além de algumas citações acerca da sub-bacia do Rio Piancó nos Planos de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu e de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Tendo esse arcabouço de informações e dados, pode-se montar uma tabela FPEIR com embasamento e de forma coerente.

4.5.1 Indicadores de Força Motriz

A força motriz pode ser definida como os impactos que a atividade humana causa diretamente ao meio ambiente, como o estilo de vida da população, desenvolvimento socioeconômico e o desenvolvimento demográfico.

4.5.2 Indicadores de Pressão

A pressão exercida é resultado das variáveis de força motriz do local a ser estudado, como a liberação de agentes físicos, biológicos, utilização do solo e recursos por meio das atividades humanas.

4.5.3 Indicadores de Impacto

A partir dos resultados dos indicadores de pressão, pode-se notar mudanças em fenômenos físicos, biológicos e químicos da área a ser estudada.

4.5.4 Indicadores de Estado

Com as mudanças no estado, ocorrerão impactos no meio ambiente, podendo acarretar em implicações na saúde humana, no ecossistema e na quantidade de qualidade dos recursos.

4.5.5 Indicadores de Resposta

São ações e decisões tomadas por meio da sociedade, para sanar, prevenir ou melhorar os problemas gerados pelos impactos, mudando assim o estado do meio ambiente.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE DOS DADOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

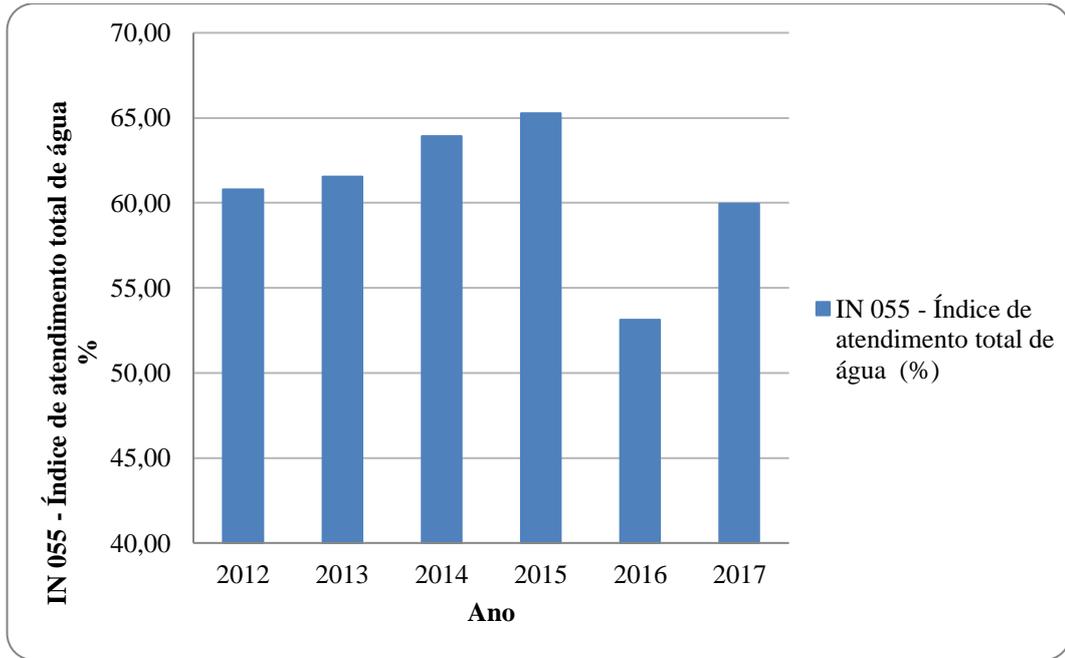
Como já foi dito anteriormente, no capítulo da metodologia, os indicadores operacionais de água foram: índice de atendimento total de água (IN 055), índice de atendimento urbano de água (IN 023), índice de hidrometração (IN 009), consumo médio per capita de água (IN 022) e índice de perdas na distribuição (IN 049). Para cada ano de 2012 a 2017 os seguintes dados foram captados do SNIS, e os resultados podem ser observados no Anexo I.

Foram identificados dados faltosos ou inconsistentes em alguns municípios, os quais foram excluídos da análise. O detalhamento destas informações é apresentado no Anexo I.

Por meio dos fatos citados acima com base nos dados de indicadores, podemos notar que há uma certa subnotificação com relação a alguns municípios, o que pode acarretar uma série de problemas, entre eles: a dificuldade de se planejar naquela região, de realizar uma análise mais profunda e conseqüentemente solucionar os imbróglios relacionados ao abastecimento de água.

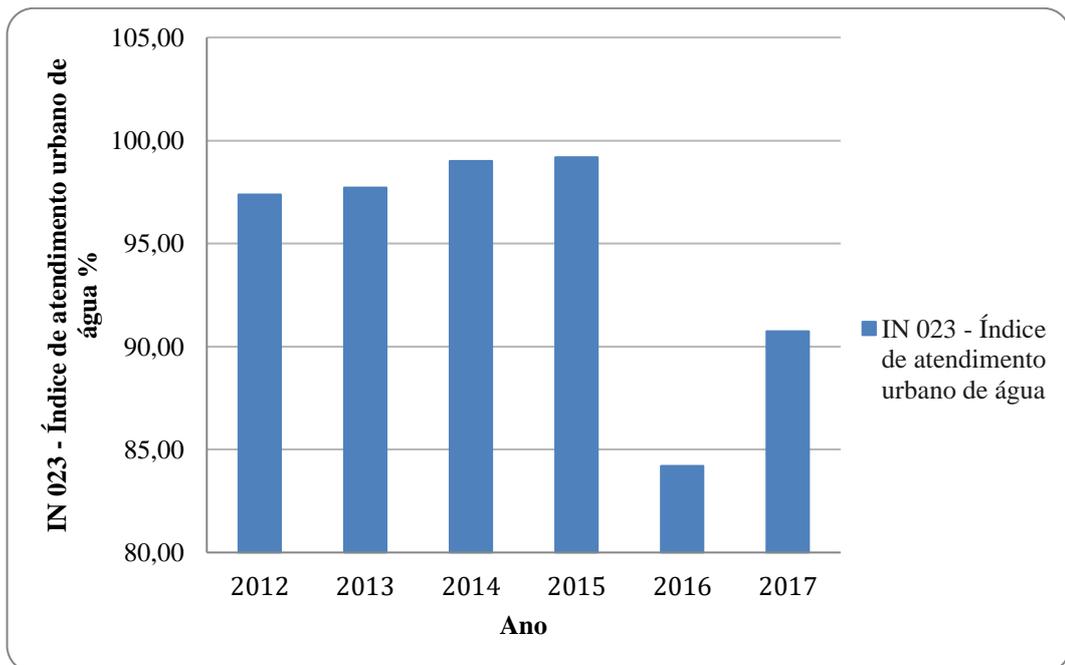
Ao analisar separadamente cada um dos indicadores operacionais de água, podemos avaliar como foi que os mesmos se comportaram no decorrer do período de seca que está sendo estudado. Para se ter um melhor entendimento, os dados de cada ano foram transformados em médias anuais e foram representados por gráficos de barras (Figuras 14 a 18).

Figura 14: Índice de atendimento total de água nos municípios da bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017



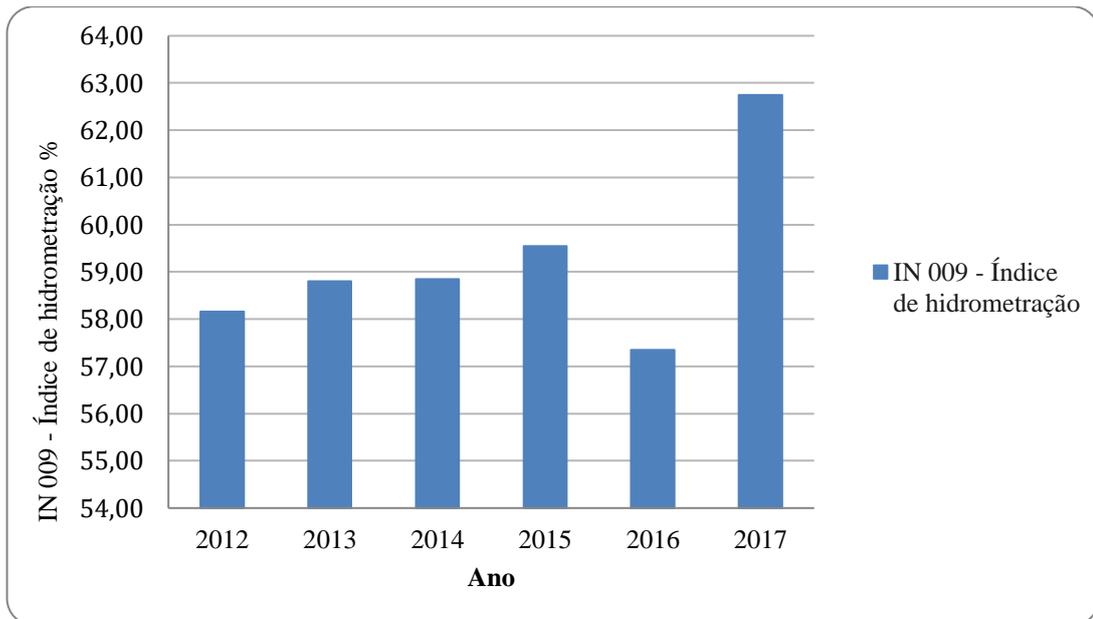
Fonte: SNIS. Adaptado

Figura 15: Índice de atendimento urbano de água nos municípios da bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017



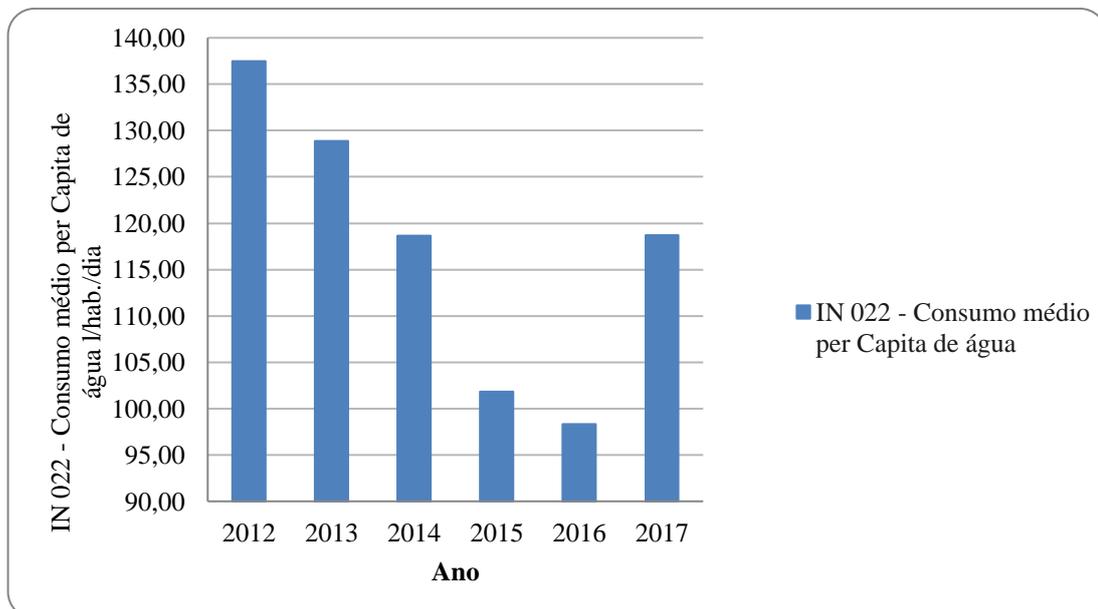
Fonte: SNIS. Adaptado.

Figura 16: Índice de hidrometração dos municípios da bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017



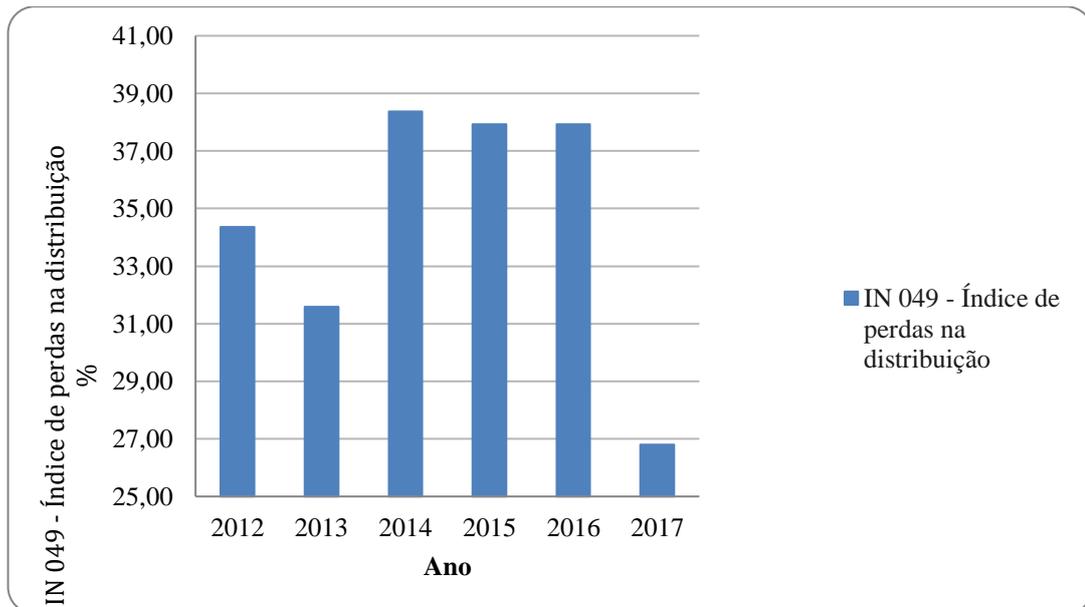
Fonte: SNIS. Adaptado.

Figura 17: Consumo médio de água per capita da bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017



Fonte: SNIS. Adaptado

Figura 18: Índices de perdas na distribuição da bacia do Rio Piancó entre 2012 e 2017



Fonte: SNIS. Adaptado.

Nota-se que no ano de 2016 os indicadores de atendimento total de água, atendimento urbano de água, índice de hidrometração e consumo médio per capita de água estiveram em baixa, relacionado aos outros anos, indicando que do ponto de vista do abastecimento de água foi o ano mais complexo. Dando uma ênfase maior ao consumo per capita de água, fica visível o decréscimo deste indicador com o passar dos anos, fica mais evidente ainda o quão baixo foi esse consumo ao se comparar com o médio do Brasil, que é de aproximadamente 148,2 litros (SNIS, 2022), além do mais pode-se observar que as áreas rurais dos municípios têm baixo nível de atendimento, já que a bacia do Rio Piancó tem cerca de 45% das pessoas vivendo na área rural e o índice de atendimento total e o urbano são antagônicos.

5.2 ANÁLISE DOS DADOS SOCIOECONÔMICOS DOS MUNICÍPIOS DA BACIA

Para se construir a matriz FPEIR é preciso entender a situação das pessoas que vivem nos municípios da UPH do Rio Piancó, logo a busca por dados relacionados à situação socioeconômica da região é imprescindível, a mesma está disponível no **Anexo II**.

Para se ter uma análise mais sucinta, cada um desses indicadores foi observado individualmente:

- A média do **PIB per capita** dos municípios da UPH do Rio Piancó é de R\$ 10.644,11, já a do estado da Paraíba é de R\$ 19.082,00, sendo isso um indicativo que expressa como a região do Rio Piancó está bem abaixo da média paraibana;

- Tratando do **IDHM**, temos como média 585.5, que fica na faixa de baixo IDHM de acordo com o IBGE, demonstrando assim um nível ruim de desenvolvimento humano, podendo acarretar problemas de desigualdade social, de cunho educacional e até a expectativa de vida dos habitantes;

- O **Índice de Gini** da UPH do Rio Piancó tem uma média de 0.5180, que coincidentemente é igual ao do Brasil. Para se ter uma noção, o país com melhor Gini (menos desigual) do mundo é a Eslováquia com 0.232, já o mais desigual é a África do Sul com 0.630.

- O **Índice de Urbanização** médio da UPH do Rio Piancó é de 55,86%, baixo comparado ao do estado da Paraíba (75,37%).

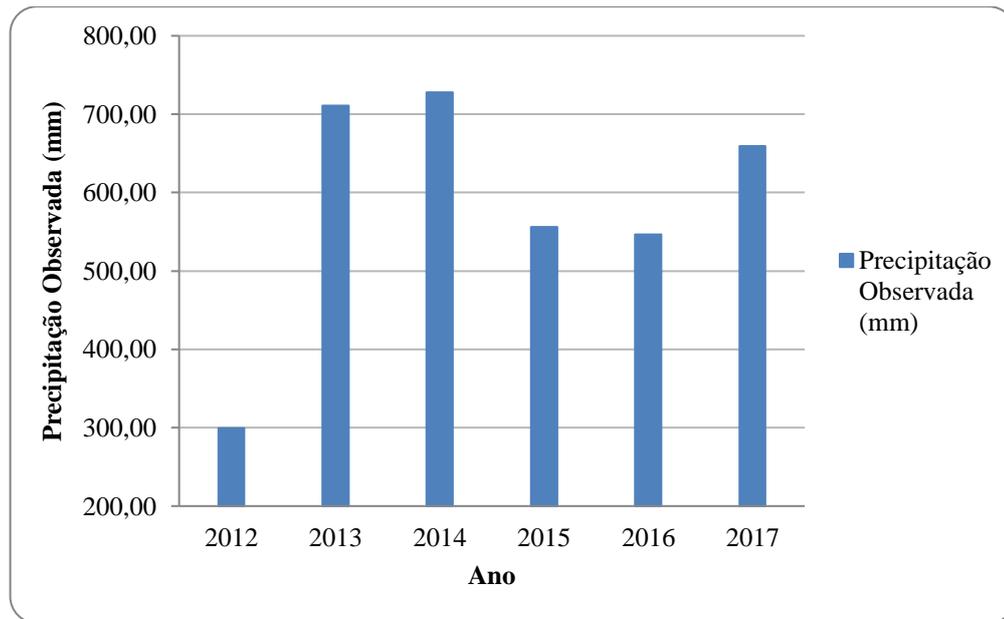
Com essas informações têm-se a noção de que socioeconomicamente os municípios da UPH do Rio Piancó têm indicadores baixos, o que certamente refletirá em algumas das etapas da matriz FPEIR.

5.3 ANÁLISE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Outro fator importante para dissertar sobre os impactos da seca em uma região, é a precipitação pluvial, onde trata a precipitação observada anualmente durante o período de seca, tendo como referência dados da AESA-PB, e será de suma importância para a montagem da matriz FPEIR. No Anexo III deste presente trabalho, se encontram todos os dados de pluviometria, e a partir dele foi criada uma tabela com a precipitação média observada anual.

Esses dados se referem as médias anuais de todos os municípios da bacia do Rio Piancó, e para melhor visualização um gráfico de barras (Figura 19) ajuda a entender o comportamento da precipitação no período a ser estudado.

Figura 19: Gráfico da precipitação anual observada, nos anos de 2012 a 2017



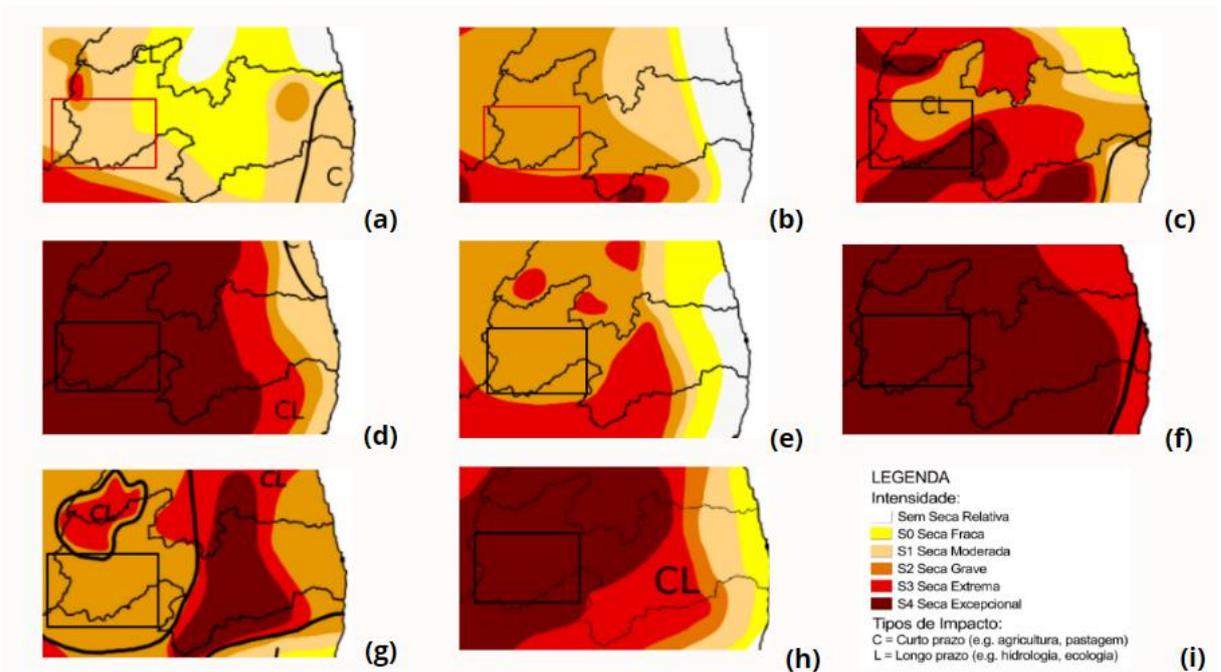
Fonte: AESA-PB. Adaptado.

Podemos observar que a menor precipitação foi no ano de 2012, ano esse que consideramos como o início do período de seca, a partir daí foi se estabilizando, ficando com uma média de 583,30 mm nos anos estudados, resultado bem abaixo do valor médio de uma série histórica analisada entre 1962 e 2009, que é de 1050 mm/ano, dados esses retirados do Plano de Recursos Hídricos da bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu.

5.4 ANÁLISE DA SECA 2012-2017

Para a avaliação da seca foi utilizado o monitor de secas, onde há uma observação por meio de mapas de calor (Figuras 20 (a) a (i)) acerca da situação da região, para a região do da UPH do Rio Piancó, em todo período avaliado (mapas semestrais entre julho de 2014 e novembro de 2017) a seca sempre foi presente variando entre seca fraca e seca excepcional.

Figura 20: Mapas monitor de seca de acordo com os meses selecionados (a – 7/2014, b- 11/2014, c – 5/2015, d- 11/2015, e – 5/2016, f – 11/2016, g – 05/2017, h – 11/2017 e i – legenda da intensidade da seca)



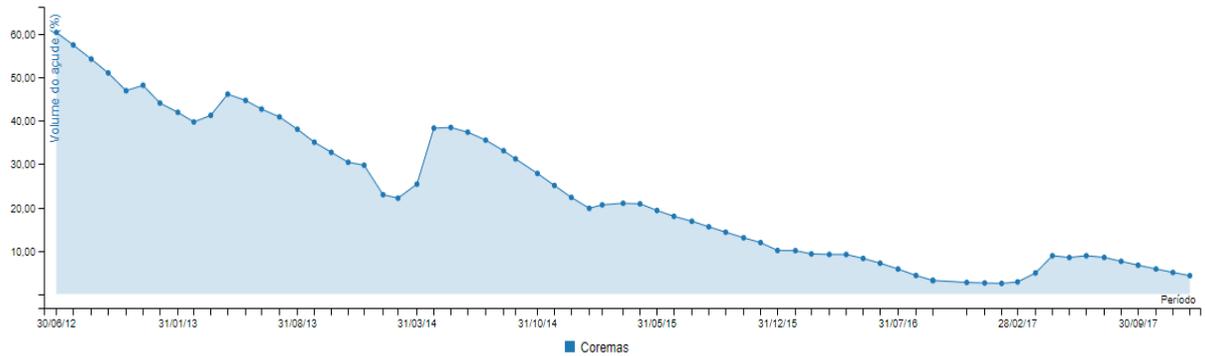
Fonte: Monitor das secas. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=9&ano=2024>

Analisando os mapas de seca, pode-se observar que tanto em momentos favoráveis quanto nos desfavoráveis (períodos de chuva e de estiagem, respectivamente) há a presença da seca, mesmo que fraca, dessa maneira pode se caracterizar que houve sim uma seca pluriannual que em alguns momentos chegou ao nível mais elevado de seca excepcional, geralmente no período de estiagem.

5.5 ANÁLISE DOS VOLUMES DOS RESERVATÓRIOS

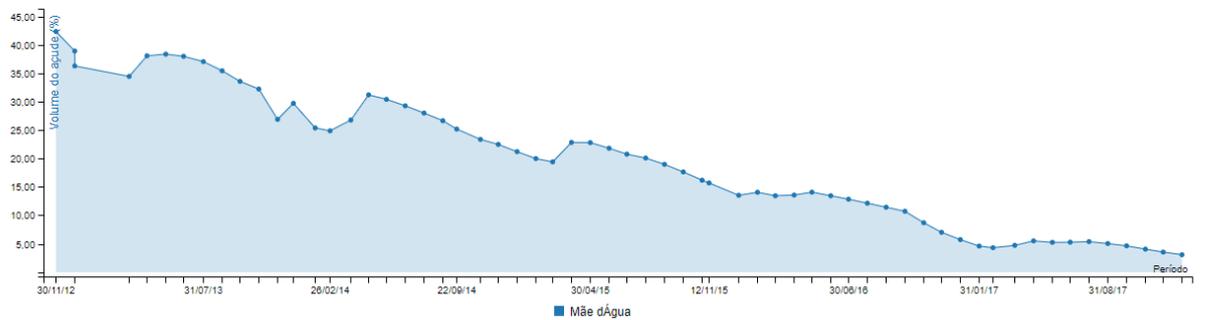
O reservatório Coremas-Mãe d'Água dita como é o funcionamento dos municípios da bacia como um todo, e até o comportamento das pessoas que o cercam. Será de grande importância observar como ambos se comportaram no período da seca. A seguir a representação gráfica dos volumes em porcentagem (Figuras 21 e 22).

Figura 21: Volume do reservatório Coremas

VOLUME DO AÇUDE COREMAS

Fonte: AESA-PB, 2024.

Figura 22: Volume do açude Mãe D'água

VOLUME DO AÇUDE MÃE D'ÁGUA

Fonte: AESA-PB, 2024.

5.6 FPEIR

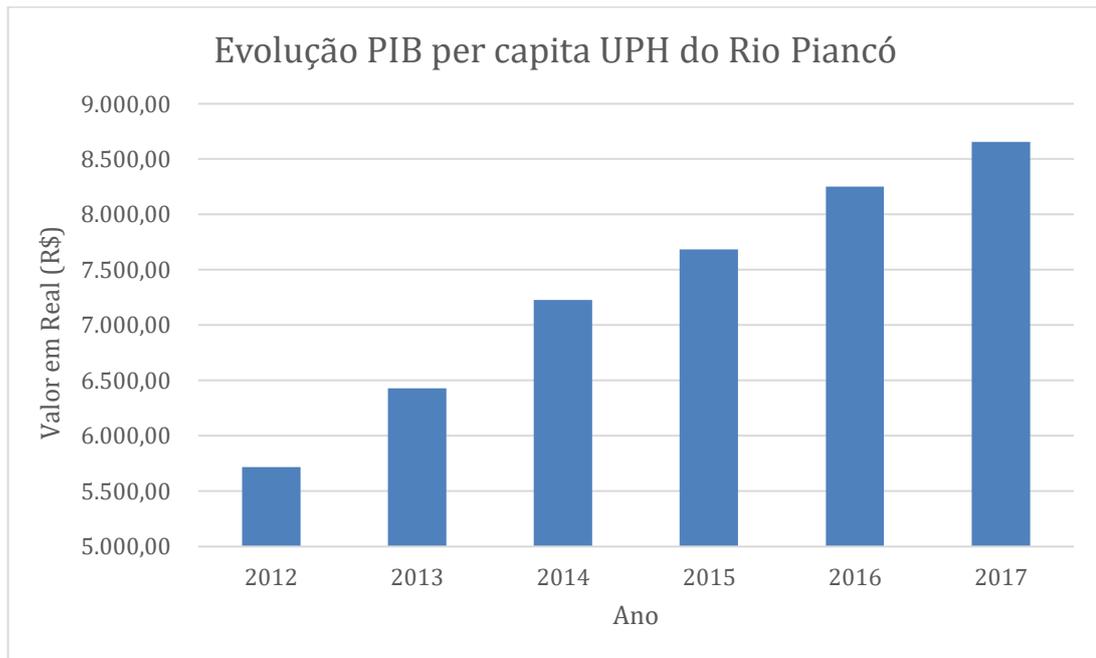
A partir dos dados coletados anteriormente e de pesquisas realizadas tendo como referência planos de cunho nacional e estadual com enfoque na Sub Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, a FPEIR será montada a partir de cada categoria do sistema, tendo em vista que o sistema é dividido em Força-Motriz, pressão, estado, impacto e resposta.

5.6.1 Força Motriz

- Desenvolvimento econômico

De acordo com pesquisas realizadas pelo IBGE no período entre 2010 e 2017, o PIB per capita da população aumento ano a ano, caracterizando dessa forma um certo desenvolvimento econômico (Figura 23).

Figura 23: Evolução do PIB per capita da UPH do Rio Piancó (2012 a 2017)

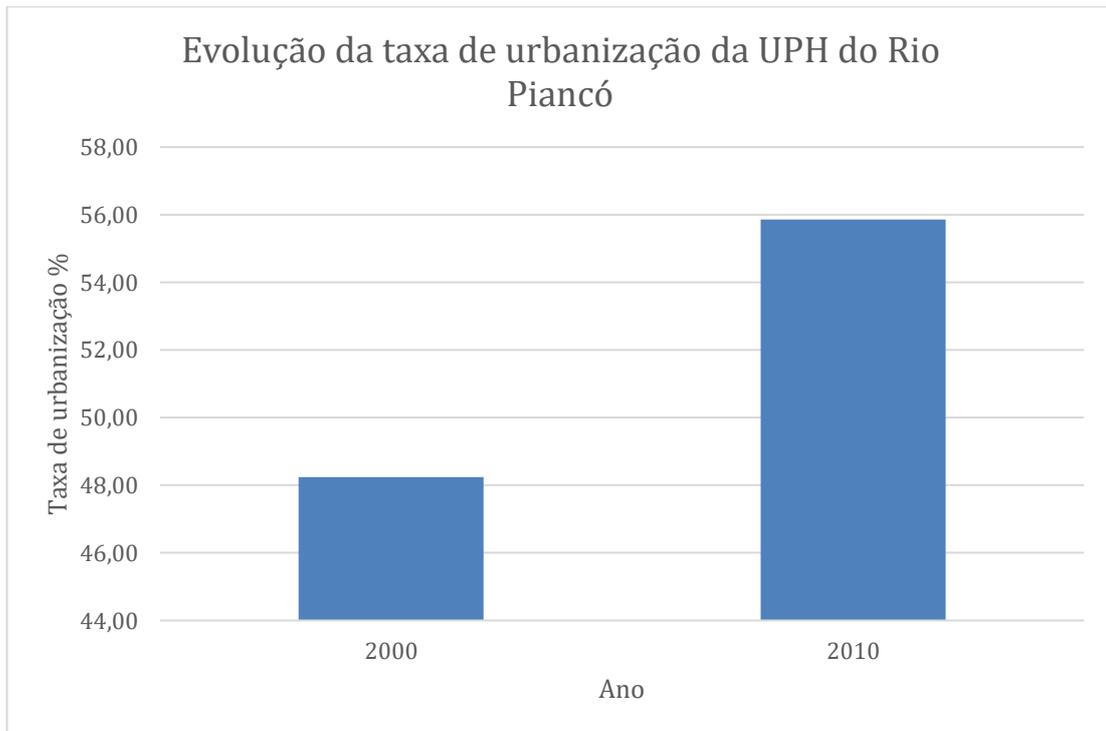


Fonte: IBGE. Adaptada.

- Uso e ocupação do solo

Através de pesquisas realizadas no 15º caderno temático do Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba, 2011, pode-se encontrar informações acerca da taxa de urbanização dos municípios da UPH do Rio Piancó, com dados relacionados aos anos de 2000 e 2010, dessa forma encontrando uma forte tendência ao aumento da urbanização (Figura 24).

Figura 24: Evolução da taxa de urbanização na UPH do Rio Piencó (2000 a 2010)



Fonte: Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba, 2011. Adaptado

- **Desigualdade social**

A partir dos resultados dos Índice de Gini e IDH-M, que respectivamente foram de 0.5180 e 585.5, que como já citados nesse capítulo no tema “Situação econômica dos municípios da bacia”, aponta a UPH do Rio Piencó para um patamar muito baixo no que se refere a qualidade de vida e igualdade entre os cidadãos.

5.6.2 Pressão

- **Demanda hídrica urbana**

Por meio do indicador operacional de água do SNIS – IN 023 Índice de atendimento urbano de água – que foi observado entre 2012 e 2017 (Tabela 7), notou-se uma constante alta, menos no ano de 2016 que houve uma queda, porém manteve-se acima dos 84% de atendimento nos municípios da UPH do Rio Piencó. Juntando isso ao fato da bacia está passando por um constante processo de urbanização, pode-se chegar à conclusão da grande demanda hídrica para o meio urbano.

Tabela 7: Índice de atendimento urbano de água

| Índice de atendimento urbano de água % | Ano |
|---|------|
| 97,37 | 2012 |
| 97,71 | 2013 |
| 99,00 | 2014 |
| 99,20 | 2015 |
| 84,21 | 2016 |
| 90,74 | 2017 |

Fonte: SNIS, 2022. Adaptado

- Demanda hídrica para a dessedentação animal

Para esse cenário foram encontradas informações para o ano de 2021, no Plano de Recursos Hídricos da Paraíba, onde demonstra que a UPH do Rio Piancó tem a maior demanda entre as UPH's Piancó-Piranhas-Açu voltadas para a dessedentação animal. A dessedentação animal é uma prática essencial para o manejo agropecuário, refere-se ao fornecimento contínuo e adequado de água para os animais (PARÁ, 2024). Para se ter uma melhor visualização, uma tabela com as 6 maiores demandas para a dessedentação animal na Bacia Piancó-Piranhas-Açu (Tabela 8).

Tabela 8: Maiores demandas hídricas para dessedentação animal no Estado da Paraíba.

| Demanda hídrica para dessedentação animal L/S | Unidade de Planejamento |
|--|-----------------------------|
| 144,01 | Rio Piancó |
| 111,12 | Rio Mamanguape |
| 99,69 | Baixo Curso do Rio Paraíba |
| 80,80 | Médio Curso do Rio Piranhas |
| 78,69 | Médio Curso do Rio Paraíba |
| 77,04 | Rio do Peixe |

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, 2022. Adaptado.

- Demanda hídrica para a agricultura

Acerca do setor agrícola, a UPH do Rio Piancó tem a terceira maior demanda dentre as UPH's da bacia Piancó-Piranhas-Açu. Para seguir o padrão que foi utilizado na demanda hídrica para a pecuária, utilizaremos as 6 maiores demandas no ano de 2021, tendo como referência o Plano de Recursos Hídricos da Paraíba, para se ter uma melhor visualização (Tabela 9).

Tabela 9: Maiores demandas hídricas para a agricultura no Estado da Paraíba.

| Demanda hídrica para a agricultura L/S | Unidade de Planejamento |
|--|----------------------------|
| 22.059,60 | Baixo Curso do Rio Paraíba |
| 20.398,59 | Rio Mamanguape |
| 9.800,69 | Rio Piancó |
| 6.750,54 | Rio Gramame |
| 6.634,96 | Rio Abiaí |
| 6.341,62 | Médio Curso do Rio Paraíba |

Fonte: Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, 2022. Adaptado.

- Demanda hídrica para a irrigação

Trazendo como base o complexo de açudes Coremas/Mãe d'água, pode-se garantir que a irrigação tem de longe a maior demanda hídrica, tendo como referência o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piancó-Piranhas-Açu, os açudes escolhidos apenas seguem um padrão de consumo dos outros da bacia como um todo (Tabela 10).

Tabela 10: Demandas hídricas para o complexo de açudes Coremas/Mãe d'água

| Açudes Coremas/Mãe d'água | | | | | |
|------------------------------|----------|-----------|------------|-------------|-------|
| Demandas (m ³ /s) | | | | | |
| Abastecimento Humano | Pecuária | Irrigação | Industrial | Aquicultura | Total |
| 0,823 | 0,117 | 5,766 | 0,097 | 0,185 | 6,988 |

Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piancó-Piranhas-Açu

- Lançamento de efluentes

No que se refere a efluentes, pode-se fazer uma relação com o índice da população que é acometida com o tratamento adequado de esgoto, e por meio do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piancó-Piranhas-Açu, conseguimos os seguintes dados (Tabela 11):

Tabela 11: Índices urbanos de coleta e tratamento de esgoto na UPH do Rio Piancó

| % da população atendida por rede coletora | % da população atendida por rede coletora e tratamento | % de fossa séptica |
|---|--|--------------------|
| 49,9 | 8,0 | 5,0 |

Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piancó-Piranhas-Açu

- Geração de resíduos sólidos

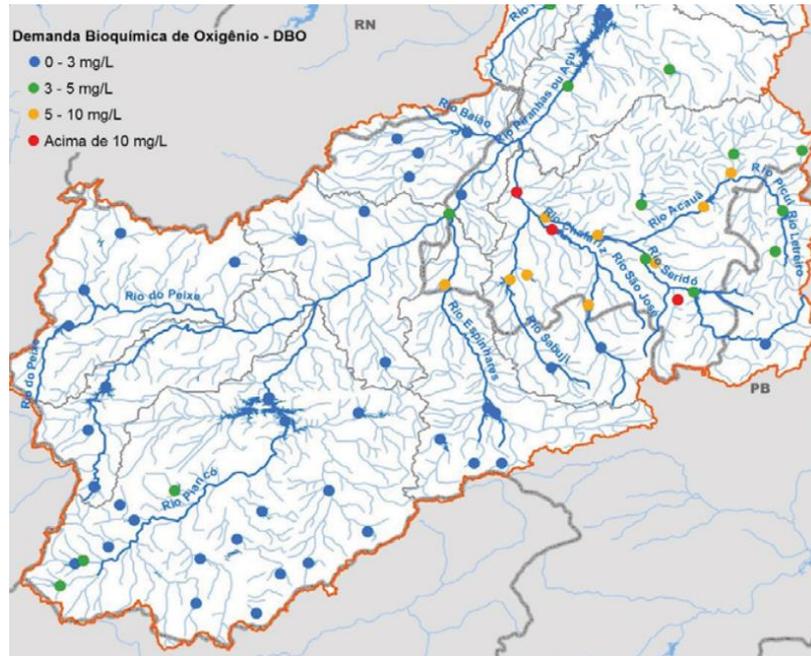
De acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do estado da Paraíba, 2010, todos os municípios da UPH do Rio Piancó têm a sua disposição final dos resíduos em lixões.

5.6.3 Estado

- Baixa qualidade hídrica

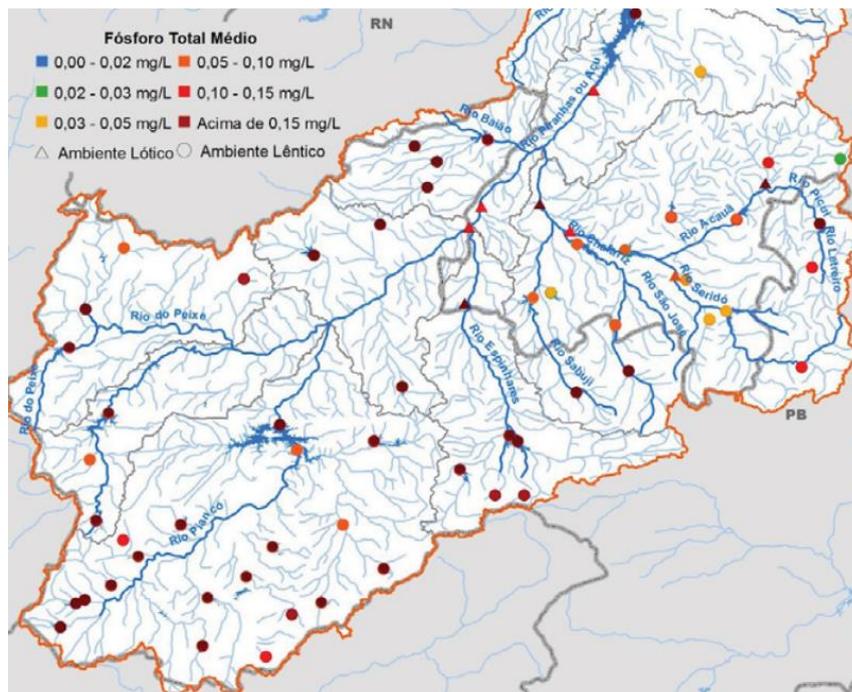
De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piancó-Piranhas-Açu, UPH do Rio Piancó é a segunda com maior concentração de DBO (Demanda Bioquímica e Oxigênio) proveniente do esgoto doméstico, porém ainda com níveis bons de DBO (Figura 25). Tratando do fósforo todos os pontos analisados dentro da bacia tiveram sua concentração média acima da estabelecida pela resolução CONAMA nº 357/2005 (Figura 26). Para essa análise da qualidade hídrica da bacia, foram utilizados apenas esses 2 parâmetros já que ambos estavam mais explícitos no Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu.

Figura 25: Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, da bacia Piancó-Piranhas-Açu, com enfoque na sub bacia do Rio Piancó



Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu

Figura 26: Demanda de fósforo total, da bacia Piancó-Piranhas-Açu, com enfoque na sub bacia do Rio Piancó



Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu

- Disponibilidade hídrica limitada

O baixíssimo volume dos principais reservatórios da UPH do Rio Piancó, Coremas e Mãe d'água, trazem para uma situação de limitação da disponibilidade hídrica, onde no início de 2017 o Coremas chegou a ter seu volume em 2,4% e o Mãe d'água 4,6%.

- Secas

A partir de observações feitas pelo monitor de secas, iniciados a partir do ano de 2014 (os dados do site começaram a ser implantados nesse ano) pode-se notar que a região da UPH do Rio Piancó esteve em situação de seca durante todo o tempo analisado (Figura 20), trazendo assim grandes problemas para a população local.

- Segurança hídrica

Uma das premissas da segurança hídrica é o acesso a água em quantidade e qualidade, tratando da questão da disponibilidade para todos vemos que já nesse quesito há uma falha, pois de acordo com os dados obtidos no SNIS o índice de atendimento total de água (IN 055) fica na faixa dos 60% (Tabela 12), o que está bem longe do ideal, que seria 100% onde todos são atendidos. No Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piancó Piranhas Açú há uma menção a situação da segurança hídrica: “Os resultados do balanço hídrico quantitativo com baixo nível de segurança hídrica para diversos açudes, bem como a existência de sistemas que devem ser operados de forma integrada, indicam a necessidade de aprimoramento dos mecanismos de alocação de água e de revisão de valores historicamente empregados, tendo em vista a consolidação de novos dados sobre demanda e disponibilidade hídrica.”

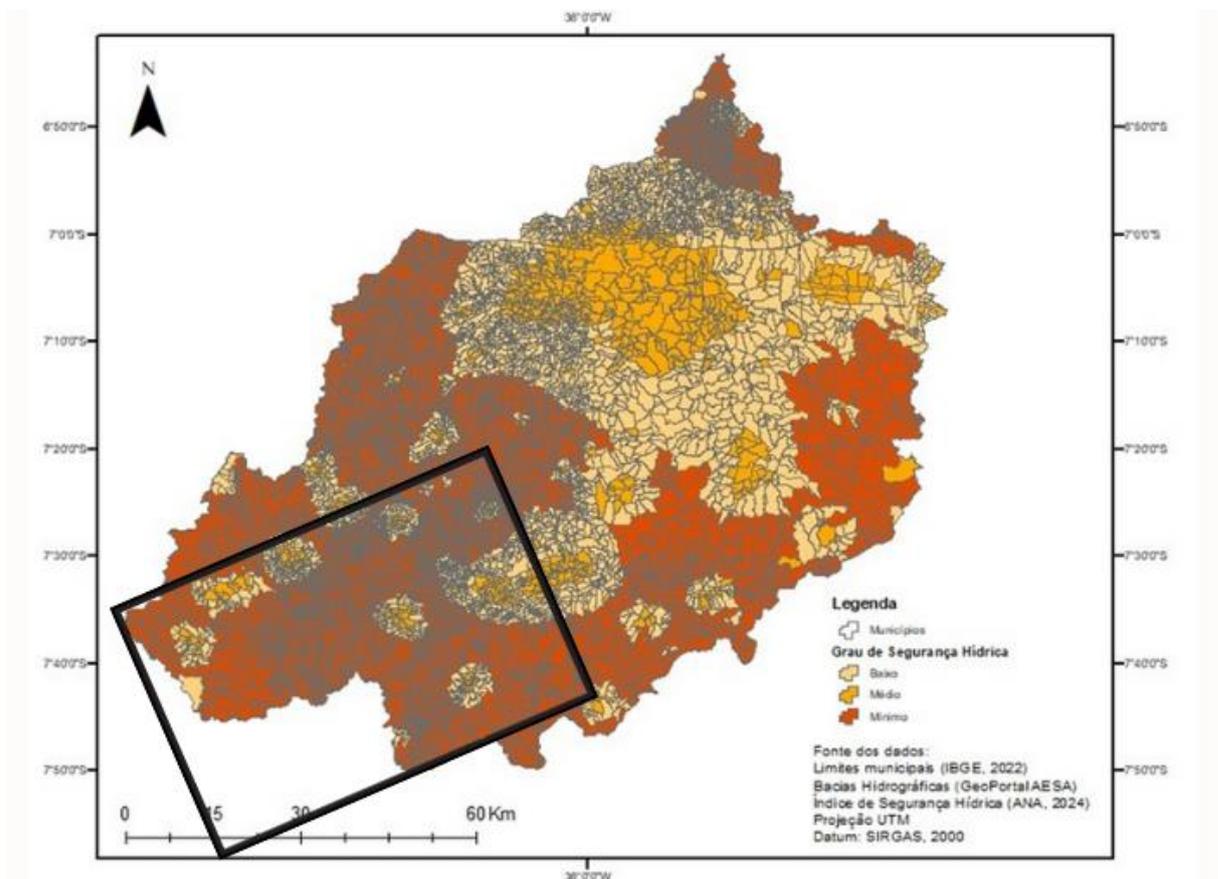
Tabela 12: Índice de abastecimento total de água

| IN 055 – Índice de atendimento total de água % | Ano |
|--|------|
| 60,80 | 2012 |
| 61,54 | 2013 |
| 63,91 | 2014 |
| 65,27 | 2015 |
| 53,12 | 2016 |
| 59,95 | 2017 |

Fonte: SNIS, 2024

Além do mais se faz necessário citar o mapa de segurança hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (Figura 27), onde reforça o que foi citado no parágrafo acima, pois demonstra que a bacia do Rio Piancó tem em sua maioria dos municípios um grau de segurança hídrica de nível mínimo, o que é preocupante já poucos municípios tem um grau alto de segurança hídrica, demonstrando dessa forma que os governantes precisam agir para mudar esse quadro com ações proativas com objetivo de ampliar e melhorar os serviços de cunho hídrico para a população.

Figura 27: Mapa de segurança hídrica da Bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu, com a Sub bacia do Rio Piancó destacada em preto



Fonte: IBGE; AESA; ANA; Projeção UTM; SIRGAS

5.6.4 Impacto

- Conflito hídrico

Com a baixa disponibilidade hídrica há um possível cenário de conflito hídrico, e para essa situação há uma menção no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Piancó-Piranhas-Açu, na qual a UPH do Rio Piancó está inserida: “Considerando o contexto de baixa disponibilidade hídrica e de conflitos entre usuários em que a bacia hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu

se insere, e na perspectiva de fortalecimento da gestão compartilhada dos recursos hídricos da bacia, é essencial o estabelecimento de diretrizes para a regulação dos usos dos recursos hídricos na bacia e para o fortalecimento da gestão compartilhada.”

- Escassez hídrica

O baixo volume dos reservatórios Coremas e Mãe D’água, junto da situação contínua de seca além dos baixos índices de abastecimento total, podem caracterizar a situação da UPH do Rio Piancó como de escassez hídrica.

- Risco para a saúde

As altas cargas de fosforo nos pontos analisados na UPH do Rio Piancó trazem grandes problemas para a população local, de acordo com a United Nations o excesso de fosforo pode causar a eutrofização, levando a floação de algas podendo contaminar o abastecimento de água, além da criação de zonas mortas de oxigênio podendo matar peixes e outras espécies aquáticas.

- Diminuição do consumo per capita

De acordo com o indicador operacional de água IN 022 – Consumo per capita de água (l/hab./dia) do SNIS (Figura 17), o consumo nos municípios da UPH do Rio Piancó teve uma queda brusca entre os anos de 2012 e 2016, esse último chegando a menos de 100 l/hab./dia, o que é muito baixo com relação ao consumo médio dos habitantes do Brasil, que é de aproximadamente 148 l/hab./dia.

- Baixo volume dos principais reservatórios

Como já visto nas figuras 21 e 22, os volumes dos principais reservatórios da bacia, Coremas e Mãe d’água, ficaram muito baixos, chegando a menos de 5% em ambos os casos, trazendo dificuldades até de cunho operacional, segundo a ANA (Agência Nacional de Águas) a partir do momento em que o açude Coremas chegou a um volume de 14,9 milhões de metros cúbicos, muito pouco perto de sua capacidade total que é de 744 milhões de metros cúbicos, o sistema de captação de água por gravidade perde sua eficácia sendo necessário o uso de bombas flutuantes para garantir o abastecimento.

- Necessidade na ampliação do sistema

O Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piencó-Piranhas-Açu na sua conclusão indica a necessidade da ampliação do sistema de abastecimento: “A ampliação da oferta hídrica é reconhecida como essencial para assegurar o abastecimento público e promover o desenvolvimento social e econômico da bacia. Para enfrentar esse desafio, o PRH propõe a execução de estudos e projetos, para a construção de açudes estratégicos e de médio porte e de adutoras regionais.”

5.6.5 Resposta

De acordo com o indicador operacional de água IN 009 – Índice de Hidrometração (Figura 16), na bacia do Rio Piencó houve um aumento no índice de hidrometração de aproximadamente 4% entre 2012 e 2017, podendo assim entender esse item como uma resposta institucional da companhia para se ter uma melhor análise desse indicador. Ainda acerca de dados de abastecimento se faz necessário trazer dados sobre as perdas que são extremamente prejudiciais, principalmente num cenário de seca, na UPH do Rio Piencó o índice de perdas (Figura 18) que chegou a ser próxima dos 40%, no ano de 2017 ficou abaixo dos 27%, o que é muito positivo quando comparamos com o índice do Brasil foi de aproximadamente 37,8% no ano de 2022 (SNIS).

Do ponto de vista da legislação, certamente a principal resposta para esse período de seca foi a criação da Lei 13.153 de 2015, que institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos, e tem como alguns dos objetivos: prevenir e combater a desertificação e recuperar as áreas em processo de degradação da terra em todo o território nacional, prevenir, adaptar e mitigar os efeitos da seca em todo o território nacional, instituir mecanismos de proteção, preservação, conservação e recuperação dos recursos naturais, estimular as pesquisas científicas e as tecnológicas entre outros tantos objetivos. Também na seara legislativa o Novo Marco Legal do Saneamento, de 2020, tem sua importância no que se refere ao abastecimento de água, no inciso VIII, parágrafo 3, artigo 4-A, informa que se deve garantir o abastecimento de água de forma concomitante, trazendo assim de maneira jurídica uma certa garantia desse direito para todos, aumentando assim os índices de segurança hídrica. Outro ponto da área legislativa é a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos (ANA) que é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, onde a

ANA emite permissões para que haja a captação de água de rios, lagos, poços e reservatórios sob domínio da União.

Tratando de soluções para mitigar os impactos da seca um estudo realizado por Medeiros et al., 2017 traz algumas alternativas para tal, o mesmo mapeou e identificou ações institucionais como a utilização carros-pipa além da perfuração de poços para recuperar e fortalecer a situação do abastecimento de água. Na situação dos carros pipa houve um convênio entre o governo do estado e o governo federal, já na perfuração de poços foi a Companhia de Desenvolvimento de Recurso Minerais da Paraíba (CDRM/PB) desenvolveu esse programa.

Uma das alternativas utilizadas em momentos de escassez hídrica é o racionamento de água, onde a concessionária deve tomar essa decisão para gerir o pouco volume de água disponível no momento, e não foi diferente no período de seca na UPH do Rio Piancó, onde no mês de fevereiro no ano de 2017, o complexo Coremas/Mãe D'água teve um episódio de racionamento de água, notícia essa dada pelo site do G1 e informado pela CAGEPA (Companhia de Águas e Esgoto da Paraíba). Nesse período o volume do Coremas chegou a 2,4% e o do Mãe D'água a 4,6%, situação extremamente crítica que deixou 8 municípios sem água por 48 horas seguidas.

Numa situação de seca, onde há racionamento de água, escassez hídrica, risco para a saúde das pessoas como consequência da baixa qualidade hídrica, entre outros problemas, a imagem da companhia que gerencia os recursos hídricos na localidade tende a piorar, logo como a companhia é responsável por planejar, gerir e operar os serviços de saneamento básico, uma parte da responsabilidade dos problemas de estresse hídrico cai sobre suas costas

A partir dos dados coletados anteriormente e de pesquisas realizadas tendo como referência planos de cunho nacional e estadual com enfoque na Sub Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, chegou-se a seguinte FPEIR (Figura 28):

Figura 28: Matriz FPEIR acerca dos impactos da seca no sistema de abastecimento nos municípios da UPH do Rio Piancó



Fonte: Elaboração própria, 2024.

A partir da matriz FPEIR pode-se notar que o desenvolvimento econômico se mostra como uma força motriz bem presente na região, já que o PIB per capita médio dos municípios da bacia teve um aumento substancial no período observado, de aproximadamente R\$ 3.000,00, outro ponto importante é o uso e ocupação do solo, onde pode-se destacar uma alta taxa de urbanização, que vem aumentando com o tempo e seguindo assim os padrões brasileiros. Acerca da agricultura e pecuária pode-se destacar que apesar da tendência voltada a urbanização, os municípios da UPH do Rio Piancó ainda são bem rurais, logo essas atividades tem grande força econômica, tendo grande destaque entre as UPH's da bacia do Rio Piancó-Piranhas-Açu. Já a irrigação é o maior destaque entre as demandas hídricas, carregando pouco mais de 82% da demanda pra si, tanto que no ano de 2014 foi criada uma resolução pela ANA (Agência Nacional de águas) de nº 641, restringindo a captação de água para fins de irrigação por causa do baixo volume de alguns reservatórios dentre eles o Coremas. O baixo volume do complexo de reservatórios Coremas/Mãe d'água é certamente o impacto gerado pela seca mais sentido pela população da UPH do Rio Piancó, já que ambos os reservatórios chegaram a níveis de volume abaixo dos 5% de capacidade total, gerando vários problemas dentre eles racionamento de água, problemas de cunho operacional, escassez hídrica e a diminuição do consumo per capita, essa última muito visível por meio dos gráficos gerados com dados do

SNIS, onde pode-se notar uma diminuição gradual que partiu de aproximadamente 140 l/hab./dia para 98 l/há./dia.

6. CONCLUSÃO

É notório que um evento extremo como uma seca plurianual traz uma série de danos para o sistema de abastecimento de água de uma região, e de acordo com os dados obtidos alguns pontos destoam mais que os outros, esses foram os destaques para entrarem na matriz FPEIR. Dentre os principais efeitos da seca na bacia do Rio Piancó vale ressaltar a diminuição gradativa do consumo per capita, além do baixo volume do Complexo de reservatórios Coremas-Mãe d'Água.

Dentre as forças motrizes e pressões vale destacar: o desenvolvimento econômico, uso e ocupação do solo e as seguintes demandas hídricas: urbana, agricultura, dessedentação animal e irrigação. Sobre a demanda hídrica urbana vale ressaltar o alto índice de atendimento urbano no abastecimento de água, um sinal de que as regiões centrais dos municípios são melhores assistidas que as áreas rurais.

Acerca do estado gerado pelas pressões, a segurança hídrica é o que está em maior evidência, já que para que se tenha a sua plenitude se faz necessário ter acesso a água em boa quantidade e com boa qualidade, o que não ocorreu no período de seca (2012 a 2017) nos municípios da UPH do Rio Piancó. Podemos trazer dados do atendimento total de água que teve seu maior índice em 2015 com pouco mais de 65% das pessoas atendidas, número esse que não representa um bom indicio de segurança hídrica, já que a disponibilidade da água não está para todos. A qualidade da água também é outro fator importante, e para comprovar que estava abaixo do ideal basta analisar os altos índices de fósforo na região do Rio Piancó, prejudicando tanto o abastecimento humano quando a vida animal daquele local. Por fim a seca é uma variável de suma importância no estado, podemos destacar que sua principal característica é de seca meteorológica, já que advém de um cenário com baixa precipitação pluviométrica, porém avança e traz as outras características dos outros tipos de seca: hidrológica, agrícola e socioeconômica, vide na Tabela 2 onde há maiores detalhes acerca das mesmas, dessa forma impactando profundamente a vida das pessoas que ali vivem e trazem para as suas vidas problemas advindos da seca.

Algumas respostas foram obtidas a partir dos impactos gerados pela seca na UPH do Rio Piancó, partindo da área de dados pode-se destacar: a diminuição no índice de perdas e o aumento no índice de hidrometração, soluções essas de cunho técnico que geram resultados

positivos a curto prazo, já que diminuindo as perdas haverá uma economia financeira, além de aumentar indiretamente a qualidade da água abastecida, já o índice de hidrometração aumentando melhora o aspecto de obtenção e análise de dados. Do ponto de vista legal a grande mudança foi a criação da Lei 15.153/15 que institui a Política Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, além de prever uma Comissão Nacional de Combate à Desertificação (CNCD). Algumas das metas da Lei 15.153/15 são: fazer o mapeamento e o diagnóstico dos processos de desertificação, definição de planos para conter e se adaptar aos efeitos da seca, criação de centros de pesquisas para desenvolver tecnologias de combate à desertificação, promover a conservação e o uso sustentável de recursos naturais, dentre outras metas. A lei 15.153/15 já tem quase 1 (uma) década, logo seria interessante entender como ela alterou a situação dos locais que convivem com a seca, e se ela teve algum resultado positivo na vida das pessoas que precisam lidar com os impactos da seca no dia a dia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adm. do DNOCS. **Sistema Coremas–Mãe d'Água**. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas.1999.

AESA-PB. **METEOROLOGIA – CHUVAS**. 2024. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2024-09-16&produto=municipio&periodo=anual>. Acesso em: 16 set. 2024.

ALVALÁ, R. C. D. S. et al. **Drought monitoring in the Brazilian semiarid region**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 2019.

ARAÚJO, M.D; RIBEIRO, M.M.R; BRAGA, C.F.C. **Integrando a modelagem da alocação de água ao sistema de indicadores FPEIR: aplicação ao semiárido do Brasil**. Scielo Brasil. 2019 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/KxKnCnYbrqHsMdtb4LpwX5m/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 ago. 2024.

BRAGA, Ana Cláudia Fernandes Medeiros; BRAGA, Cybelle Frazão Costa; DE MACEDO TEODOSIO, Thamiris. **IV-643-FATORES INTERVENIENTES NA SEGURANÇA HÍDRICA: UMA AVALIAÇÃO SOBRE O SANEAMENTO E A COVID-19**. 2019.

Brasil, Agencia Nacional de Águas (ANA). 2018. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu: Resumo Executivo**. Brasília. 168 p.

CAMPOS, T.L.O.B; DA MOTA, M.A.S; DOS SANTOS, S.R.Q. **Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais**. Revista Ambiental Água. v. 10, n. 1, p 183-194. Mar. 2015.

CASTRO, César Nunes de. **Água, Problemas Complexos e o Plano de Segurança Hídrica**. Rio de Janeiro: IPEA, 2022.

CUNHA, Ana Paula MA et al. **Changes in the spatial–temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast**. Atmospheric Science Letters, v. 19, n. 10, p. e855, 2018.

DE MELO, M.C; JOHNSON, R.M.F. **O CONCEITO EMERGENTE DE SEGURANÇA HÍDRICA**. Sustentare. v. 1, n.1, p. 72-92. dez. 2017.

EAKIN, H.C; LEMOS, M.C; NELSON, D.R. Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. Global Environmental Change. v. 27, p. 1-8. Jul. 2014. FAUSTINO, Jorge. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: Catie, v. 1, p. 90, 1996.

FELINTO, C.M.R; RIBEIRO, M.M.R; BRAGA, C.F.C. **Aplicação do Modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR) para Gestão de Recursos Hídricos em João Pessoa-PB**. Revista DAE. v 67, n. 218, p 118-136. Set. 2019.

FERNANDES, Diego Simões et al. **Índices para a quantificação da seca**. 2009.

FERNANDES, Valesca Rodriguez et al. **SECAS E OS IMPACTOS NA REGIÃO SUL DO BRASIL**. *Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.]*, v. 28, p. 561–584, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/14748>. Acesso em: 3 out. 2024.

GONDIM, Joaquim et al. **A seca atual no Semiárido nordestino–Impactos sobre os recursos hídricos**. *Parcerias Estratégicas*, v. 22, n. 44, p. 277-300, 2017.

LEMOS, J. de J. S.; SANTIAGO, D. F. **Instabilidade Temporal na Produção Agrícola Familiar de Sequeiro no Semiárido do Nordeste Brasileiro**. *Desenvolvimento em Questão, [S. l.]*, v. 18, n. 50, p. 186–200, 2020. DOI: 10.21527/2237-6453.2020.50.186-200. Disponível em:

<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/9161>. Acesso em: 3 out. 2024.

MALONE, T. F. **Compendium of meteorology**. Washington: American Meteorological Society, 1951.

MARENGO, J. A. et al. **Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid northeast Brazil region**. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n. 2, p. 1973–1985, 2018.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **The hydroclimatological framework in Amazonia. Biogeochemistry of Amazonia**, v. 17, p. 42, 2001.

MARINHO, S. D. A. M; CORDÃO, M. J. de S; SANTOS, F. M; SANTOS, B. L. de F; GALVÃO, C. O; Rufino, I; (2021). **Interfaces entre a produção do espaço urbano e o risco de desabastecimento de água**. *Engenharia Sanitária E Ambiental*, 26(3), 417–427. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/RGyP7whNCTHDbJ6pwcgYhmK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 ago. 2024.

MCKEE, Thomas B. et al. **The relationship of drought frequency and duration to time scales**. In: *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. 1993. p. 179-183.

MORI, G.S; ROQUES, J; DA ROCHA, A.L.C; FAN, F.M. **SEGURANÇA HÍDRICA, SANEAMENTO BÁSICO E OS IMPACTOS NA SAÚDE PÚBLICA**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XXV, 2023, Sergipe. *Anais eletrônicos*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/270413/001189469.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 ago. 2024.

NASCIMENTO, Beatriz Marabezi. **Estudo comparativo dos índices SPEI e SPI na caracterização de secas no Centro-Oeste de São Paulo**. 2021.

PORTO, D.T; BASSO, L.A; STROHAECKER, T.M. **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba, Região Sul do Brasil, utilizando a Matriz FPEIR**. *Revista Geosul*. v. 34, n. 72, p. 28-50. jul. 2019.

Programa para as Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). 2004.

RODRIGUES, A. C. L; CELESTE, A.B; BARBOSA, R.B; CURI, W.F; CURI, R.C. **Influência dos reservatórios a montante do sistema Coremas-Mãe D'água no processo de outorga na bacia hidrográfica do Rio Piancó-PB**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010.

SALES, Jomil Costa Abreu. **Análise de indicadores ambientais em sistemas de informações geográficas: estudo aplicado à avaliação ambiental integrada de bacias hidrográficas**. 2019.

SALOMÃO, G. L.; SILVA, J. H. da; SILVA, M. J. M. da; ZADOROSNY, L. . **AValiação DO IMPACTO DA URBANIZAÇÃO EM UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA. UNIFUNEC CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR**, Santa Fé do Sul, São Paulo, v. 11, n. 13, p. 1–20, 2022. Disponível em: <https://seer.unifunec.edu.br/index.php/rfc/article/view/5566>. Acesso em: 22 ago. 2024.

TRINDADE, P.M.P; FILHO, W.P. **AULA 1 - CONCEITOS BÁSICOS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS**. Rio Grande do Sul. UFSM. Notas de aula.

TUCCI, C.E.M; CHAGAS, M.F. **Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais**. Revista de Gestão de Água da América Latina. v. 14, e. 12. Dez. 2017.

VICENTE-SERRANO,S.M; BEGUERÍA, S; LÓPEZ-MORENO, J.L. **A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration**. Journal of Climate. v. 23, p 1696–1718. Abril. 2010.

VIEIRA, V. P. P. B.; GONDIM FILHO, J. G. **Água doce no semiárido**. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação, p. 507-530, 2002.

ZARE, F; ELSAWAH, S; BAGHERI, A; NABAVI, E; JAKEMAN, A.J. **Improved integrated water resource modelling by combining DPSIR and system dynamics conceptual modelling techniques**. Journal of Environmental Management. v. 246, p. 27-41. set. 2019.

ANEXO I – INDICADORES OPERACIONAIS DE ÁGUA

Tabela 13: Indicadores de abastecimento UPH do Rio Piancó, 2012

| Indicadores de abastecimento de água SNIS - Ano de 2012 | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|---|---|
| Município | IN 055 - Índice de atendimento total de água | IN 023 - Índice de atendimento urbano de água | IN 009 - Índice de hidrometração | IN 022 - Consumo médio per Capita de água | IN 049 - Índice de perdas na distribuição |
| Água Branca | 42,75 | 99,50 | 69,58 | 131,10 | 21,71 |
| Aguiar | 57,96 | 100,00 | 41,59 | 156,20 | 30,09 |
| Boa Ventura | 67,20 | 100,00 | 50,93 | 164,10 | 38,63 |
| Cajazeirinhas | 41,16 | 100,00 | 79,16 | 165,20 | 42,60 |
| Catingueira | 62,65 | 100,00 | 64,42 | 164,30 | 39,50 |
| Conceição | 62,84 | 100,00 | 65,12 | 177,20 | 37,68 |
| Coremas | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Curral Velho | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Diamante | 62,49 | 100,00 | 78,15 | 121,50 | 37,02 |
| Emas | 68,12 | 100,00 | 57,25 | 108,50 | 35,83 |
| Ibiara | 66,71 | 100,00 | 82,32 | 166,90 | 37,71 |
| Igaracy | 69,99 | 100,00 | 62,59 | 149,60 | 30,78 |
| Imaculada | 40,18 | 90,10 | 33,72 | 103,70 | 32,72 |
| Itaporanga | 67,76 | 89,20 | 66,52 | 143,70 | 34,73 |
| Juru | 50,24 | 100,00 | 60,51 | 126,40 | 26,99 |
| Manaíra | 61,06 | 100,00 | 56,08 | 100,90 | 38,12 |
| Nova Olinda | 59,25 | 100,00 | 49,18 | 132,20 | 35,93 |
| Olho d'Água | 62,12 | 100,00 | 50,96 | 142,80 | 37,53 |
| Pedra Branca | 63,07 | 50,70 | 0,00 | 104,90 | 48,57 |
| Piancó | 78,50 | 100,00 | 71,88 | 156,80 | 36,09 |
| Pombal | 89,35 | 100,00 | 92,95 | 148,40 | 47,44 |
| Princesa Isabel | 75,50 | 100,00 | 55,20 | 149,00 | 26,50 |
| Santa Inês | 40,42 | 100,00 | 0,00 | 134,10 | 22,22 |
| Santana de Mangueira | 50,75 | 100,00 | 86,94 | 102,80 | 35,59 |
| Santana dos Garrotes | 52,32 | 100,00 | 59,98 | 164,10 | 37,66 |
| São Bentinho | 71,07 | 100,00 | 67,91 | 142,40 | 42,34 |
| São José de Caiana | 45,18 | 99,50 | 69,02 | 103,50 | 28,68 |
| São José de Princesa | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Serra Grande | 72,58 | 100,00 | 72,28 | 98,90 | 23,48 |
| Tavares | 60,36 | 100,00 | 26,23 | 152,60 | 21,76 |

| | | | | | |
|---------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Valor Médio | 60,80 | 97,37 | 58,17 | 137,47 | 34,37 |
| Valor Máximo | 89,35 | 100,00 | 92,95 | 177,20 | 48,57 |
| Valor Mínimo | 40,18 | 50,7 | 0 | 98,9 | 21,71 |

Fonte: SNIS, 2024. Adaptado.

Tabela 14: Indicadores de abastecimento UPH do Rio Piancó, 2013

| Indicadores de abastecimento de água SNIS - Ano de 2013 | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|---|---|
| Município | IN 055 - Índice de atendimento total de água | IN 023 - Índice de atendimento urbano de água | IN 009 - Índice de hidrometração | IN 022 - Consumo médio per Capita de água | IN 049 - Índice de perdas na distribuição |
| Água Branca | 42,93 | 99,9 | 67,08 | 118,2 | 30,11 |
| Aguiar | 58,56 | 100,00 | 46,88 | 151,60 | 8,39 |
| Boa Ventura | 70,86 | 100,00 | 49,11 | 161,90 | 38,51 |
| Cajazeirinhas | 42,41 | 100,00 | 79,75 | 167,80 | 29,01 |
| Catingueira | 63,04 | 100,00 | 63,95 | 171,70 | 29,38 |
| Conceição | 65,77 | 100,00 | 63,01 | 162,70 | 35,48 |
| Coremas | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Curral Velho | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Diamante | 62,76 | 100,00 | 75,38 | 125,20 | 30,21 |
| Emas | 65,63 | 100,00 | 57,97 | 108,20 | 28,11 |
| Ibiara | 66,58 | 100,00 | 80,53 | 141,60 | 34,45 |
| Igaracy | 66,58 | 100,00 | 80,53 | 141,60 | 34,45 |
| Imaculada | 44,60 | 100,00 | 33,01 | 16,00 | 14,75 |
| Itaporanga | 68,35 | 89,90 | 66,28 | 139,90 | 39,00 |
| Juru | 49,94 | 100,00 | 60,15 | 126,20 | 16,19 |
| Manaíra | 63,38 | 100,00 | 54,75 | 95,80 | 46,01 |
| Nova Olinda | 61,77 | 100,00 | 51,68 | 126,10 | 36,11 |
| Olho d'Água | 63,64 | 100,00 | 52,13 | 138,50 | 32,63 |
| Pedra Branca | 62,05 | 49,90 | 0,00 | 104,90 | 48,57 |
| Piancó | 76,17 | 100,00 | 72,89 | 143,70 | 30,66 |
| Pombal | 91,41 | 100,00 | 91,45 | 143,10 | 50,43 |
| Princesa Isabel | 74,48 | 100,00 | 54,25 | 129,40 | 26,18 |
| Santa Inês | 39,81 | 98,60 | 0,00 | 143,70 | 21,05 |
| Santana de Mangueira | 50,81 | 100,00 | 87,05 | 93,80 | 35,75 |
| Santana dos Garrotes | 53,09 | 100,00 | 58,69 | 164,90 | 34,60 |
| São Bentinho | 70,63 | 100,00 | 66,90 | 154,20 | 31,89 |
| São José de Caiana | 47,79 | 100,00 | 79,73 | 85,00 | 33,84 |
| São José de Princesa | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Serra Grande | 74,27 | 100,00 | 69,20 | 88,00 | 28,13 |

| | | | | | |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| Tavares | 64,26 | 100,00 | 25,37 | 135,10 | 29,08 |
| Valor Médio | 61,54 | 97,71 | 58,80 | 128,84 | 31,59 |
| Valor Máximo | 91,41 | 100 | 91,45 | 171,7 | 50,43 |
| Valor Mínimo | 39,81 | 49,9 | 0 | 16 | 8,39 |

Fonte: SNIS, 2024. Adaptado.

Tabela 15: Indicadores de abastecimento UPH do Rio Piancó, 2014

| Indicadores de abastecimento de água SNIS - Ano de 2014 | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|---|---|
| Município | IN 055 - Índice de atendimento total de água | IN 023 - Índice de atendimento urbano de água | IN 009 - Índice de hidrometração | IN 022 - Consumo médio per Capita de água | IN 049 - Índice de perdas na distribuição |
| Água Branca | 43,32 | 100 | 66,13 | 88,8 | 42,94 |
| Aguiar | 60,81 | 100,00 | 49,37 | 93,70 | 34,60 |
| Boa Ventura | 77,80 | 100,00 | 47,05 | 113,80 | 51,33 |
| Cajazeirinhas | 48,16 | 100,00 | 73,80 | 140,70 | 17,24 |
| Catingueira | 64,62 | 100,00 | 62,97 | 135,50 | 39,62 |
| Conceição | 66,92 | 100,00 | 61,57 | 123,10 | 47,47 |
| Coremas | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Curral Velho | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Diamante | 66,22 | 100,00 | 72,18 | 99,40 | 46,14 |
| Emas | 66,45 | 100,00 | 57,44 | 58,90 | 35,19 |
| Ibiara | 67,57 | 100,00 | 78,72 | 121,60 | 41,38 |
| Igaracy | 67,57 | 100,00 | 78,72 | 121,60 | 41,38 |
| Imaculada | 41,23 | 92,50 | 32,36 | 39,90 | 32,80 |
| Itaporanga | 70,97 | 93,40 | 68,15 | 111,90 | 45,78 |
| Juru | 50,92 | 100,00 | 59,57 | 81,70 | 28,42 |
| Manaíra | 67,05 | 100,00 | 52,92 | 72,40 | 51,47 |
| Nova Olinda | 62,72 | 100,00 | 54,26 | 80,10 | 57,69 |
| Olho d'Água | 66,02 | 100,00 | 53,70 | 102,60 | 35,70 |
| Pedra Branca | 67,26 | 87,20 | 0,00 | 559,10 | 0,00 |
| Piancó | 77,94 | 100,00 | 77,40 | 109,60 | 45,24 |
| Pombal | 95,52 | 100,00 | 89,77 | 132,00 | 53,36 |
| Princesa Isabel | 75,40 | 100,00 | 53,58 | 75,60 | 46,96 |
| Santa Inês | 40,36 | 99,90 | 0,00 | 142,70 | 21,05 |
| Santana de Mangueira | 52,86 | 100,00 | 85,92 | 92,20 | 42,93 |
| Santana dos Garrotes | 54,76 | 100,00 | 57,30 | 126,60 | 42,18 |
| São Bentinho | 75,18 | 100,00 | 65,61 | 110,70 | 45,51 |
| São José de Caiana | 50,58 | 100,00 | 88,67 | 90,00 | 23,49 |
| São José de Princesa | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |

| | | | | | |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| Serra Grande | 80,18 | 100,00 | 65,54 | 82,30 | 28,54 |
| Tavares | 67,16 | 100,00 | 36,27 | 97,50 | 37,73 |
| Valor Médio | 63,91 | 99,00 | 58,85 | 118,67 | 38,38 |
| Valor Máximo | 95,52 | 100 | 89,77 | 559,1 | 57,69 |
| Valor Mínimo | 40,36 | 87,2 | 0 | 39,9 | 0 |

Fonte: SNIS, 2024. Adaptado.

Tabela 16: Indicadores de abastecimento na UPH do Rio Piancó, 2015

| Indicadores de abastecimento de água SNIS - Ano de 2015 | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|---|---|
| Município | IN 055 - Índice de atendimento total de água | IN 023 - Índice de atendimento urbano de água | IN 009 - Índice de hidrometração | IN 022 - Consumo médio per Capita de água | IN 049 - Índice de perdas na distribuição |
| Água Branca | 44,39 | 100 | 65,87 | 86,1 | 42,11 |
| Aguiar | 60,25 | 100,00 | 56,51 | 97,90 | 31,26 |
| Boa Ventura | 79,61 | 100,00 | 46,67 | 47,40 | 46,52 |
| Cajazeirinhas | 47,80 | 100,00 | 69,45 | 96,10 | 32,79 |
| Catingueira | 68,25 | 100,00 | 62,85 | 79,80 | 59,28 |
| Conceição | 69,49 | 100,00 | 62,58 | 92,80 | 43,10 |
| Coremas | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Curral Velho | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Diamante | 68,14 | 100,00 | 70,79 | 42,10 | 42,11 |
| Emas | 67,32 | 100,00 | 55,49 | 67,20 | 49,55 |
| Ibiara | 68,35 | 100,00 | 78,17 | 94,30 | 52,49 |
| Igaracy | 68,35 | 100,00 | 78,17 | 94,30 | 52,49 |
| Imaculada | 41,60 | 93,30 | 31,71 | 76,00 | 10,35 |
| Itaporanga | 74,56 | 98,10 | 72,37 | 84,10 | 44,10 |
| Juru | 51,30 | 100,00 | 58,99 | 82,00 | 39,51 |
| Manaíra | 70,46 | 100,00 | 51,80 | 80,30 | 34,12 |
| Nova Olinda | 64,03 | 100,00 | 53,39 | 83,90 | 52,44 |
| Olho d'Água | 67,45 | 100,00 | 57,05 | 95,20 | 48,47 |
| Pedra Branca | 67,18 | 87,00 | 0,00 | 537,20 | 0,00 |
| Piancó | 76,26 | 100,00 | 84,31 | 82,20 | 41,65 |
| Pombal | 97,98 | 100,00 | 90,02 | 118,80 | 38,97 |
| Princesa Isabel | 75,69 | 100,00 | 52,83 | 41,30 | 24,03 |
| Santa Inês | 40,35 | 99,90 | 0,00 | 151,20 | 15,79 |
| Santana de Mangueira | 55,56 | 100,00 | 87,62 | 87,40 | 46,76 |
| Santana dos Garrotes | 58,05 | 100,00 | 58,05 | 90,80 | 50,50 |
| São Bentinho | 75,40 | 100,00 | 65,07 | 75,00 | 54,12 |
| São José de Caiana | 50,73 | 100,00 | 86,72 | 89,30 | 21,59 |

| | | | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| São José de Princesa | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Serra Grande | 82,49 | 100,00 | 64,28 | 86,10 | 24,33 |
| Tavares | 71,27 | 100,00 | 46,89 | 91,00 | 25,53 |
| Valor Médio | 65,27 | 99,20 | 59,54 | 101,84 | 37,92 |
| Valor Máximo | 97,98 | 100 | 90,02 | 537,2 | 59,28 |
| Valor Mínimo | 40,35 | 87 | 0 | 41,3 | 0 |

Fonte: SNIS, 2024. Adaptado.

Tabela 17: Indicadores de abastecimento UPH do Rio Piancó, 2016

| Indicadores de abastecimento de água SNIS - Ano de 2016 | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|---|---|
| Município | IN 055 - Índice de atendimento total de água | IN 023 - Índice de atendimento urbano de água | IN 009 - Índice de hidrometração | IN 022 - Consumo médio per Capita de água | IN 049 - Índice de perdas na distribuição |
| Água Branca | 43,43 | 98,5 | 65,85 | 86,1 | 37,61 |
| Aguiar | 58,86 | 99,20 | 62,78 | 100,50 | 12,38 |
| Boa Ventura | 0,00 | 0,00 | 21,44 | 13,50 | 46,87 |
| Cajazeirinhas | 46,18 | 99,10 | 70,89 | 93,70 | 29,21 |
| Catingueira | 65,13 | 99,90 | 64,37 | 83,10 | 57,50 |
| Conceição | 66,17 | 99,90 | 70,87 | 95,20 | 46,11 |
| Coremas | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Curral Velho | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Diamante | 76,82 | 100,00 | 70,89 | 4,90 | 53,80 |
| Emas | 66,04 | 100,00 | 54,78 | 74,20 | 34,97 |
| Ibiara | 67,24 | 99,90 | 81,69 | 93,80 | 47,02 |
| Igaracy | 67,24 | 99,90 | 81,69 | 93,80 | 47,02 |
| Imaculada | 40,20 | 90,10 | 33,05 | 85,20 | 2,94 |
| Itaporanga | 0,00 | 0,00 | 33,65 | 42,40 | 51,56 |
| Juru | 50,57 | 100,00 | 59,26 | 88,40 | 40,64 |
| Manaíra | 67,23 | 100,00 | 52,52 | 85,60 | 29,30 |
| Nova Olinda | 63,44 | 99,80 | 53,03 | 90,70 | 47,81 |
| Olho d'Água | 67,13 | 99,40 | 62,98 | 99,90 | 48,12 |
| Pedra Branca | 75,00 | 89,00 | 0,00 | 558,10 | 3,51 |
| Piancó | 0,00 | 0,00 | 38,79 | 97,70 | 38,89 |
| Pombal | 95,59 | 100,00 | 91,70 | 99,60 | 49,68 |
| Princesa Isabel | 0,00 | 0,00 | 52,35 | 0,00 | |
| Santa Inês | 40,33 | 99,80 | 0,00 | 151,20 | 20,00 |
| Santana de Mangueira | 55,02 | 99,80 | 94,68 | 87,90 | 46,41 |
| Santana dos Garrotes | 56,25 | 99,80 | 60,67 | 97,00 | 49,27 |
| São Bentinho | 72,25 | 99,70 | 64,95 | 77,30 | 52,96 |

| | | | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| São José de Caiana | 46,02 | 100,00 | 87,73 | 79,30 | 33,04 |
| São José de Princesa | Sem Dados |
| Serra Grande | 79,90 | 99,90 | 69,91 | 81,90 | 22,86 |
| Tavares | 68,20 | 100,00 | 47,90 | 94,40 | 36,83 |
| Valor Médio | 53,12 | 84,21 | 57,35 | 98,35 | 37,94 |
| Valor Máximo | 95,59 | 100 | 94,68 | 558,1 | 57,5 |
| Valor Mínimo | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,94 |

Fonte: SNIS, 2024. Adaptado.

Tabela 18: Indicadores de abastecimento UPH do Rio Piancó, 2017

| Indicadores de abastecimento de água SNIS - Ano de 2017 | | | | | |
|--|--|---|----------------------------------|---|---|
| Município | IN 055 - Índice de atendimento total de água | IN 023 - Índice de atendimento urbano de água | IN 009 - Índice de hidrometração | IN 022 - Consumo médio per Capita de água | IN 049 - Índice de perdas na distribuição |
| Água Branca | 42,61 | 99,1 | 67,06 | 117,4 | 7,37 |
| Aguiar | 59,26 | 100,00 | 66,68 | 103,30 | 3,39 |
| Boa Ventura | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | |
| Cajazeirinhas | 48,33 | 100,00 | 85,47 | 89,00 | 37,67 |
| Catingueira | 65,04 | 100,00 | 67,00 | 115,00 | 38,85 |
| Conceição | 66,58 | 100,00 | 86,62 | 101,70 | 35,89 |
| Coremas | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Curral Velho | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Diamante | 0,00 | 0,00 | 70,89 | 0,00 | |
| Emas | 65,99 | 100,00 | 55,94 | 108,80 | 12,26 |
| Ibiara | 70,43 | 100,00 | 87,59 | 101,10 | 50,18 |
| Igaracy | 70,43 | 100,00 | 87,59 | 101,10 | 50,18 |
| Imaculada | 41,30 | 92,60 | 34,50 | 0,00 | |
| Itaporanga | 69,62 | 91,60 | 33,83 | 141,60 | 53,40 |
| Juru | 52,06 | 100,00 | 60,80 | 124,10 | 16,25 |
| Manaíra | 70,99 | 100,00 | 58,20 | 121,40 | 13,95 |
| Nova Olinda | 66,02 | 100,00 | 55,21 | 131,00 | 19,57 |
| Olho d'Água | 71,67 | 100,00 | 70,06 | 126,40 | 28,19 |
| Pedra Branca | 80,99 | 89,00 | 0,00 | 508,20 | 3,51 |
| Piancó | 63,43 | 87,00 | 35,33 | 208,20 | 31,59 |
| Pombal | 80,20 | 100,00 | 93,97 | 109,80 | 45,30 |
| Princesa Isabel | 74,62 | 100,00 | 53,11 | 56,30 | 11,50 |
| Santa Inês | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Santana de Mangueira | 55,36 | 100,00 | 100,00 | 87,60 | 42,57 |
| Santana dos Garrotes | 60,32 | 100,00 | 65,27 | 134,40 | 29,06 |

| | | | | | |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| São Bentinho | 77,20 | 100,00 | 77,06 | 98,50 | 36,79 |
| São José de Caiana | 49,21 | 100,00 | 87,64 | 85,20 | 32,75 |
| São José de Princesa | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados | Sem Dados |
| Serra Grande | 84,71 | 100,00 | 77,89 | 88,50 | 1,12 |
| Tavares | 72,43 | 100,00 | 53,72 | 109,80 | 15,04 |
| Valor Médio | 59,95 | 90,74 | 62,75 | 118,74 | 26,80 |
| Valor Máximo | 84,71 | 100 | 100 | 508,2 | 53,4 |
| Valor Mínimo | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,12 |

Fonte: SNIS, 2024. Adaptado.

A partir dos dados das tabelas (13 a 18) no **Anexo I** podem-se tirar algumas conclusões iniciais sobre a situação do abastecimento de água da região na época vigente que ajudarão na montagem da matriz FPEIR, como:

- O município de Coremas não tem dados acerca desses indicadores em nenhum dos anos entre 2012 e 2017;
- O município de Curral Velho não tem dados acerca desses indicadores em nenhum dos anos entre 2012 e 2017;
- O município de São José de Princesa não tem dados acerca desses indicadores em nenhum dos anos entre 2012 e 2017;
- O município de Pedra Branca tem o indicador IN 009 zerado em todos os anos, além do IN 049 zerado nos anos de 2014 e 2015;
- O município de Santa Inês tem o indicador IN 009 zerado entre os anos de 2012 e 2016, já no ano de 2017 não tem dados acerca de nenhum dos indicadores;
- O município de Boa Ventura tem os indicadores IN 023 e IN 055 zerados no ano de 2016 e 2017, o IN 009 zerado em 2017 e os indicadores IN 022 e IN 049 sem dados em 2017;
- O município de Itaporanga tem os indicadores IN 023 e IN 055 zerados no ano de 2016;
- O município de Piancó tem os indicadores IN 023 e IN 055 zerados no ano de 2016;
- O município de Princesa Isabel tem os indicadores IN 023, IN 055 e IN 022 zerados, além de não existirem dados para o indicador IN 049;
- O município de Diamante tem os indicadores IN 055, IN 023 e IN 022 zerados, além do IN 049 não ter dados;
- O município de Imaculada tem o indicador IN 022 zerado e o IN 049 sem dados.

ANEXO II – INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

Tabela 19: Indicadores socioeconômicos UPH do Rio Piancó

| Municípios | IDH-M | Índice de Gini | Índice de Urbanização |
|----------------------|--------------|----------------|-----------------------|
| Água Branca | 0,572 | 0,5452 | 43,5 |
| Aguiar | 0,597 | 0,6543 | 53,99 |
| Boa Ventura | 0,599 | 0,4612 | 67,64 |
| Cajazeirinhas | 0,550 | 0,5033 | 36,5 |
| Catingueira | 0,574 | 0,5192 | 64,22 |
| Conceição | 0,592 | 0,5623 | 62,61 |
| Coremas | 0,592 | 0,5217 | 77,77 |
| Curral Velho | 0,606 | 0,4986 | 61,52 |
| Diamante | 0,593 | 0,5640 | 60,61 |
| Emas | 0,595 | 0,4662 | 70,81 |
| Ibiara | 0,586 | 0,5405 | 65,46 |
| Igaracy | 0,610 | 0,5227 | 72,96 |
| Imaculada | 0,557 | 0,5208 | 48,72 |
| Itaporanga | 0,615 | 0,5072 | 73,64 |
| Juru | 0,570 | 0,5185 | 47,21 |
| Manaíra | 0,543 | 0,5345 | 57,76 |
| Nova Olinda | 0,573 | 0,5274 | 55,76 |
| Olho d'Água | 0,572 | 0,5557 | 63,83 |
| Pedra Branca | 0,599 | 0,5077 | 63,25 |
| Piancó | 0,621 | 0,5427 | 68,6 |
| Pombal | 0,634 | 0,5370 | 79,31 |
| Princesa Isabel | 0,606 | 0,4803 | 68,71 |
| Santa Inês | 0,572 | 0,5333 | 44,31 |
| Santana de Mangueira | 0,535 | 0,5484 | 44,53 |
| Santana dos Garrotes | 0,594 | 0,4896 | 56,87 |
| São Bentinho | 0,606 | 0,4655 | 65,75 |
| São José de Caiana | 0,565 | 0,4469 | 54,21 |
| São José de Princesa | 0,565 | 0,4548 | 20,35 |
| Serra Grande | 0,586 | 0,4792 | 60,37 |
| Tavares | 0,586 | 0,5317 | 46,92 |
| Valor Médio | 0,586 | 0,5180 | 58,59 |
| Valor Máximo | 0,634 | 0,6543 | 79,31 |
| Valor Mínimo | 0,535 | 0,4469 | 20,35 |

Fonte: IBGE; DATASUS, 2010. Adaptado

Tabela 20: PIB per capita municípios da UPH do Rio Piancó, entre 2012 e 2017

| Municípios | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Água Branca | 5.100,75 | 5.552,02 | 6.466,73 | 7.021,65 | 7.382,91 | 7.528,00 |
| Aguiar | 5.687,78 | 6.293,13 | 6.776,11 | 7.140,67 | 7.964,00 | 8.521,10 |
| Boa Ventura | 4.875,91 | 5.405,18 | 6.260,26 | 6.995,21 | 7.184,46 | 7.835,53 |
| Cajazeirinhas | 6.689,69 | 7.677,33 | 8.058,22 | 8.066,84 | 8.640,72 | 9.530,05 |
| Catingueira | 6.025,28 | 6.848,43 | 6.954,19 | 7.140,99 | 8.025,75 | 8.151,07 |
| Conceição | 5.640,24 | 6.076,88 | 6.998,66 | 7.499,45 | 8.143,91 | 8.504,98 |
| Coremas | 5.924,23 | 6.625,60 | 8.022,90 | 8.477,25 | 9.226,83 | 9.146,42 |
| Curral Velho | 5.380,30 | 6.626,23 | 7.583,19 | 8.171,22 | 8.540,71 | 7.937,29 |
| Diamante | 5.479,90 | 6.193,63 | 6.796,78 | 7.104,65 | 7.517,85 | 8.132,69 |
| Emas | 6.062,03 | 7.028,36 | 7.431,73 | 7.674,86 | 8.306,11 | 9.073,43 |
| Ibiara | 4.751,58 | 5.770,14 | 6.659,59 | 7.081,62 | 7.739,66 | 8.001,18 |
| Igaracy | 5.985,99 | 6.471,59 | 7.331,77 | 7.625,84 | 8.160,47 | 8.294,94 |
| Imaculada | 4.672,72 | 5.043,96 | 5.610,02 | 5.840,04 | 6.170,85 | 6.382,42 |
| Itaporanga | 7.599,57 | 8.064,63 | 9.170,49 | 9.668,59 | 10.176,53 | 11.025,83 |
| Juru | 4.648,26 | 5.457,12 | 5.985,65 | 6.450,91 | 7.184,53 | 7.499,79 |
| Manaíra | 4.422,11 | 4.694,31 | 5.406,39 | 5.739,28 | 6.429,57 | 6.512,66 |
| Nova Olinda | 5.191,21 | 5.591,99 | 6.365,69 | 6.890,90 | 7.188,86 | 8.067,68 |
| Olho d'Água | 5.261,31 | 5.623,13 | 6.355,13 | 6.957,78 | 7.655,63 | 8.701,12 |
| Pedra Branca | 5.682,90 | 6.347,03 | 7.434,51 | 7.796,04 | 7.994,91 | 8.546,45 |
| Piancó | 6.751,83 | 8.116,76 | 9.654,81 | 10.219,96 | 10.482,66 | 11.160,79 |
| Pombal | 7.494,81 | 8.192,93 | 9.432,80 | 10.457,31 | 11.218,06 | 11.636,46 |
| Princesa Isabel | 5.984,44 | 6.783,10 | 7.627,18 | 7.954,88 | 9.312,65 | 9.065,10 |
| Santa Inês | 5.249,21 | 6.017,06 | 6.701,33 | 7.103,43 | 7.494,52 | 8.084,24 |
| Santana de Mangueira | 5.273,73 | 6.064,91 | 6.819,95 | 7.134,88 | 7.173,00 | 7.782,23 |
| Santana dos Garrotes | 5.300,89 | 5.942,86 | 6.536,30 | 6.869,02 | 7.143,29 | 7.633,20 |
| São Bentinho | 5.965,63 | 6.934,08 | 7.398,11 | 8.386,26 | 9.205,39 | 8.875,95 |
| São José de Caiana | 4.900,57 | 5.298,15 | 5.937,71 | 6.170,16 | 6.410,98 | 7.370,27 |
| São José de Princesa | 4.716,74 | 5.225,57 | 5.767,97 | 6.202,60 | 7.004,17 | 7.574,56 |
| Serra Grande | 9.793,93 | 11.402,09 | 12.934,87 | 13.925,81 | 14.036,32 | 15.598,35 |
| Tavares | 4.981,30 | 5.545,64 | 6.342,43 | 6.773,60 | 7.417,73 | 7.415,11 |
| Valor Médio | 5.716,49 | 6.430,46 | 7.227,38 | 7.684,72 | 8.253,79 | 8.652,96 |
| Valor Máximo | 9.793,93 | 11.402,09 | 12.934,87 | 13.925,81 | 14.036,32 | 15.598,35 |
| Valor Mínimo | 4.422,11 | 4.694,31 | 5.406,39 | 5.739,28 | 6.170,85 | 6.382,42 |

Fonte: IBGE, 2024.

Por meio das tabelas 19 e 20 pode-se tirar as seguintes conclusões:

- A região da UPH do Rio Piancó tem um baixo índice de urbanização comparado ao estado da Paraíba, que é de 75,37%, e tem como município menos urbanizado São José de Princesa e o mais urbanizado Pombal;
- No que se diz ao índice de gini, a média da região é igual ao do estado da Paraíba, 0.5180, o que é algo considerado ruim, já que de acordo com pesquisas realizadas pela Revista Piauí, a Paraíba é o estado mais desigual do Brasil, tendo o índice de gini como principal parâmetro;
- Acerca do IDH, os municípios da UPH do Rio Piancó têm média 0.586, abaixo dos 0.698 do estado da Paraíba (IBGE), tendo como maior IDH o município de Pombal e o menor Santana de Mangueira;
- O PIB per capita da região aumentou durante o período estudado, demonstrando assim um certo desenvolvimento econômico, tendo o município de Serra Grande o maior valor no período pesquisado.

ANEXO III –PRECIPITAÇÃO

Tabela 21: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2012

| 2012 | |
|---------------|-----------------------------|
| Município | Precipitação observada (mm) |
| Água Branca | 277,8 |
| Aguiar | 385,7 |
| Boa Ventura | 225 |
| Cajazeirinhas | 294,2 |
| Catingueira | 209,5 |
| Conceição | 288,1 |
| Coremas | 172,8 |
| Curral Velho | 256 |
| Diamante | 300,8 |
| Emas | 289,7 |
| Ibiara | 276,7 |
| Igaracy | 378,5 |
| Imaculada | 198,6 |
| Itaporanga | 388,7 |
| Juru | 231,2 |
| Manaíra | 334,6 |
| Nova Olinda | 304,6 |

| | |
|----------------------|---------------|
| Olho d'Água | 216 |
| Pedra Branca | 327,2 |
| Piancó | 232,6 |
| Pombal | 278,9 |
| Princesa Isabel | 202,9 |
| Santa Inês | 318,9 |
| Santana de Mangueira | 324,9 |
| Santana dos Garrotes | 296,9 |
| São Bentinho | 274,2 |
| São José de Caiana | 605,1 |
| São José de Princesa | 247,7 |
| Serra Grande | 604,1 |
| Tavares | 236,4 |
| Valor Médio | 299,28 |
| Valor Máximo | 605,1 |
| Valor Mínimo | 172,8 |

Fonte: AESA-PB, 2024. Adaptado.

Tabela 22: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2013

| 2013 | |
|---------------|-----------------------------|
| Município | Precipitação observada (mm) |
| Água Branca | 610 |
| Aguiar | 704,4 |
| Boa Ventura | 929,9 |
| Cajazeirinhas | 664,8 |
| Catingueira | 489,9 |
| Conceição | 776,4 |
| Coremas | 627,1 |
| Curral Velho | 941,1 |
| Diamante | 917 |
| Emas | 667,9 |
| Ibiara | 848,4 |
| Igaracy | 820,7 |
| Imaculada | 540,2 |
| Itaporanga | 780,6 |
| Juru | 495,2 |
| Manaíra | 504,5 |
| Nova Olinda | 826,7 |
| Olho d'Água | 653 |
| Pedra Branca | 1003,5 |
| Piancó | 698,1 |
| Pombal | 539,7 |

| | |
|----------------------|---------------|
| Princesa Isabel | 627,7 |
| Santa Inês | 864,7 |
| Santana de Mangueira | 734,4 |
| Santana dos Garrotes | 706,7 |
| São Bentinho | 451 |
| São José de Caiana | 882,4 |
| São José de Princesa | 502,3 |
| Serra Grande | 905,4 |
| Tavares | 620,7 |
| Valor Médio | 711,15 |
| Valor Máximo | 1003,5 |
| Valor Mínimo | 451 |

Fonte: AESA-PB, 2024. Adaptado.

Tabela 23: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2014

| 2014 | |
|----------------------|-----------------------------|
| Município | Precipitação observada (mm) |
| Água Branca | 680 |
| Aguiar | 727,6 |
| Boa Ventura | 554,3 |
| Cajazeirinhas | 848,8 |
| Catingueira | 881,4 |
| Conceição | 496,3 |
| Coremas | 772 |
| Curral Velho | 823,5 |
| Diamante | 660,8 |
| Emas | 687,6 |
| Ibiara | 583,1 |
| Igaracy | 748,5 |
| Imaculada | 848,2 |
| Itaporanga | 632,9 |
| Juru | 639,5 |
| Manaíra | 735,6 |
| Nova Olinda | 843,1 |
| Olho d'Água | 802,6 |
| Pedra Branca | 781,8 |
| Piancó | 813,1 |
| Pombal | 713,4 |
| Princesa Isabel | 997,1 |
| Santa Inês | 600,4 |
| Santana de Mangueira | 604,5 |

| | |
|----------------------|---------------|
| Santana dos Garrotes | 756,4 |
| São Bentinho | 699,7 |
| São José de Caiana | 571 |
| São José de Princesa | 755,2 |
| Serra Grande | 785,3 |
| Tavares | 783 |
| Valor Médio | 727,56 |
| Valor Máximo | 997,1 |
| Valor Mínimo | 496,3 |

Fonte: AESA-PB, 2024. Adaptado.

Tabela 24: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2015

| 2015 | |
|----------------------|-----------------------------|
| Município | Precipitação observada (mm) |
| Água Branca | 595 |
| Aguiar | 568,2 |
| Boa Ventura | 548,8 |
| Cajazeirinhas | 388,4 |
| Catingueira | 471,4 |
| Conceição | 500 |
| Coremas | 520,5 |
| Curral Velho | 486,7 |
| Diamante | 701,6 |
| Emas | 460,7 |
| Ibiara | 552,7 |
| Igaracy | 765,3 |
| Imaculada | 440,2 |
| Itaporanga | 612,7 |
| Juru | 543,9 |
| Manaíra | 654,6 |
| Nova Olinda | 557,3 |
| Olho d'Água | 423,4 |
| Pedra Branca | 541,3 |
| Piancó | 444,8 |
| Pombal | 540,1 |
| Princesa Isabel | 542,9 |
| Santa Inês | 777,8 |
| Santana de Mangueira | 454,3 |
| Santana dos Garrotes | 616,2 |
| São Bentinho | 381,5 |

| | |
|----------------------|---------------|
| São José de Caiana | 713,5 |
| São José de Princesa | 664,7 |
| Serra Grande | 703 |
| Tavares | 504,8 |
| Valor Médio | 555,88 |
| Valor Máximo | 777,8 |
| Valor Mínimo | 381,5 |

Fonte: AESA-PB, 2024. Adaptado.

Tabela 25: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2016

| 2016 | |
|----------------------|-----------------------------|
| Município | Precipitação observada (mm) |
| Água Branca | 566,2 |
| Aguiar | 617,5 |
| Boa Ventura | 497,2 |
| Cajazeirinhas | 744,5 |
| Catingueira | 563,3 |
| Conceição | 458,2 |
| Coremas | 579,6 |
| Curral Velho | 459,7 |
| Diamante | 582,7 |
| Emas | 736,4 |
| Ibiara | 448,2 |
| Igaracy | 546,6 |
| Imaculada | 391 |
| Itaporanga | 326,4 |
| Juru | 685,5 |
| Manaíra | 582,5 |
| Nova Olinda | 532,5 |
| Olho d'Água | 568,5 |
| Pedra Branca | 582,7 |
| Piancó | 591,8 |
| Pombal | 528 |
| Princesa Isabel | 593,5 |
| Santa Inês | 427,6 |
| Santana de Mangueira | 414,3 |
| Santana dos Garrotes | 581,1 |
| São Bentinho | 658,5 |
| São José de Caiana | 469,3 |
| São José de Princesa | 658,1 |
| Serra Grande | 498,4 |
| Tavares | 511,4 |

| | |
|---------------------|---------------|
| Valor Médio | 546,71 |
| Valor Máximo | 744,5 |
| Valor Mínimo | 326,4 |

Fonte: AESA-PB, 2024. Adaptado.

Tabela 26: Precipitação observada nos municípios da UPH do Rio Piancó, 2017

| 2017 | |
|----------------------|-----------------------------|
| Município | Precipitação observada (mm) |
| Água Branca | 733,8 |
| Aguiar | 735,6 |
| Boa Ventura | 824,3 |
| Cajazeirinhas | 588,4 |
| Catingueira | 556,7 |
| Conceição | 525,8 |
| Coremas | 589,9 |
| Curral Velho | 709 |
| Diamante | 950,8 |
| Emas | 514,7 |
| Ibiara | 807,2 |
| Igaracy | 532,4 |
| Imaculada | 538,5 |
| Itaporanga | 556,4 |
| Juru | 687,3 |
| Manaíra | 556,7 |
| Nova Olinda | 726,2 |
| Olho d'Água | 542,5 |
| Pedra Branca | 876,9 |
| Piancó | 570,9 |
| Pombal | 616,9 |
| Princesa Isabel | 526,9 |
| Santa Inês | 629,5 |
| Santana de Mangueira | 745 |
| Santana dos Garrotes | 850,1 |
| São Bentinho | 583,9 |
| São José de Caiana | 811,2 |
| São José de Princesa | 592,3 |
| Serra Grande | 765,2 |
| Tavares | 531,8 |
| Valor Médio | 659,23 |
| Valor Máximo | 950,8 |
| Valor Mínimo | 514,7 |

Fonte: AESA-PB, 2024. Adaptado.

Observado as Tabelas 21 a 26, podemos tirar algumas conclusões:

- 2012 foi o ano com menor precipitação;
- 2014 foi o ano com maior precipitação observada, o que faz total sentido quando comparado aos mapas do monitor de secas, já que nesse ano a seca teve a intensidade na maior parte do ano entre fraca e moderada.