



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CURSO DE BACHARELATO EM ENGENHARIA CIVIL

ARTHUR MARTINS PEREIRA VALE

**ANÁLISE DOS INDICADORES OPERACIONAIS DOS SISTEMAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO COMPARATIVO DOS MUNICÍPIOS
ATENDIDOS PELA REGIONAL DE MOSSORÓ/RN**

CARAÚBAS

2024

ARTHUR MARTINS PEREIRA VALE

**ANÁLISE DOS INDICADORES OPERACIONAIS DOS SISTEMAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO COMPARATIVO DOS MUNICÍPIOS
ATENDIDOS PELA REGIONAL DE MOSSORÓ/RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador(a): LEONETE
CRISTINA DE ARAUJO FERREIRA
MEDEIROS SILVA,
Prof. Dra.

CARAÚBAS

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

V149a Vale, Arthur Martins Pereira .
Análise dos indicadores operacionais dos
sistemas de abastecimento de água: Estudo
comparativo dos municípios atendidos pela regional
de Mossoró/RN / Arthur Martins Pereira Vale. -
2024.
53 f. : il.

Orientadora: Leonete Cistina de Araujo
Ferreira Medeiros Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2024.

1. Sistema de abastecimento. 2. Indicadores
operacionais . 3. Gestão hídrica. 4. Análise
histórica. I. Silva, Leonete Cistina de Araujo
Ferreira Medeiros , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ARTHUR MARTINS PEREIRA VALE

**ANÁLISE DOS INDICADORES OPERACIONAIS DOS SISTEMAS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ESTUDO COMPARATIVO DOS MUNICÍPIOS
ATENDIDOS PELA REGIONAL DE MOSSORÓ/RN**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 25 / 10 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Leonete Cristina de A.F.M. Silva
Presidente

Profa. Dra. Erika Natasche de M. G. Pinto
Membro Examinador

Poliana Pinheiro
Membro Examinador

Romeu da Silva
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Á a Deus, que é quem me dá forças para enfrentar as lutas diárias, e que me fez assim, concluir mais uma etapa tão importante da minha vida.

Agradeço eternamente a toda a minha família, em principal minha mãe Luzia Madalena, meu pai Jonacy Vale e minha irmã Letícia Vale, que sempre estiveram do meu lado me apoiando, torcendo e rezando por mim ao longo de todo esse período acadêmico, com seus elogios e críticas me fizeram perceber, nos piores momentos, que eu sou capaz de melhorar sempre e que nada estava perdido.

Á a todos os amigos que fiz na instituição UFERSA, nessa etapa final cada um teve a sua importância e sempre que eu precisasse estavam dispostos a me ajudar, em especial a Lucas Edson, Thayza, Everton, Roberta, entre muitos outros.

Em especial á meu grande amigo Jeyffeson, que sempre esteve comigo desde o início de tudo e hoje é praticamente um irmão.

Á todos os professores da engenharia civil que contribuíram com a minha formação acadêmica e pessoal.

Quero agradecer também a minha orientadora de TCC e estágio Leonete Cristina, por toda a sua ajuda, empenho e tempo disponível para que tudo fosse possível. Muito Obrigado.

E por fim á banca examinadora pela disponibilidade em poder contribuir com minha formação.

Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo para o sucesso é sempre tentar mais uma vez.

Thomas Edson

RESUMO

Para um bom funcionamento de um sistema de abastecimento de água, alguns parâmetros são analisados de forma quantitativa para que essa análise possa ser mais clara e objetiva de forma que seja possível identificar tendências e padrões que podem não ser evidentes em um sistema em pleno funcionamento. De acordo com a IWA (2004), os indicadores de desempenho são um instrumento de apoio à monitorização da eficiência e da eficácia da entidade gestora, simplificando uma avaliação que de outro modo seria mais complexa e subjetiva, o sistema incorpora seis grupos de indicadores: indicadores de recursos hídricos, de recursos humanos, infraestruturais, operacionais, de qualidade de serviço e econômico-financeiros estes formam um grupo geral chamado de indicadores de desempenho. Diante disso, o presente trabalho tem como propósito analisar alguns indicadores operacionais dos sistemas de abastecimento de água, com foco na análise histórica de 5 anos abrangendo os 3 mais populosos municípios do Rio Grande do Norte que são atendidos pela regional de Mossoró: Apodi, Baraúna e Mossoró. Para alcançar tais objetivos foram utilizadas fontes confiáveis, com destaque para o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). Os resultados foram sintetizados em gráficos gerados pelo software Excel, proporcionando uma visão mais objetiva e simples ao longo do tempo e entre os municípios estudados dos índices de hidrometração, macromedição, consumo médio per capta, perdas na distribuição e perdas por ligação, que fazem parte dos indicadores operacionais. Os resultados apresentaram heterogeneidade considerável entre os índices. A cidade de Baraúna apresentou um relativa melhora em seus índices em comparação a Mossoró que é a segunda cidade mais populosa do estado e enfrenta índices críticos acima da média estaduais, regionais e nacionais. Já a cidade de Apodi apresentou um certo equilíbrio dos seus índices. Essa disparidade reforça a necessidade de aprimorar as estratégias de gestão desse recurso hídrico. Este estudo contribuiu para a compreensão dos índices que controlam todo o sistema de abastecimento de água, fornecendo informações cruciais para essa boa gestão.

Palavras-chave: Sistema de Abastecimento. Indicadores Operacionais. Gestão Hídrica. Análise Histórica.

ABSTRACT

For the proper functioning of a water supply system, some parameters are quantitatively analyzed to make the analysis clearer and more objective, allowing the identification of trends and patterns that may not be evident in a fully operational system. According to IWA (2004), performance indicators are a tool to support the monitoring of the efficiency and effectiveness of the management entity, simplifying an evaluation that would otherwise be more complex and subjective. The system incorporates six groups of indicators: water resources, human resources, infrastructural, operational, service quality, and economic-financial indicators, which form a general group called performance indicators. Given this, the present study aims to analyze some operational indicators of water supply systems, focusing on a five-year historical analysis covering the three most populous municipalities in Rio Grande do Norte served by the Mossoró region: Apodi, Baraúna, and Mossoró. To achieve these objectives, reliable sources were used, with emphasis on the National Sanitation Information System (SNIS). The results were synthesized into graphs generated by Excel software, providing a more objective and simple view over time and among the municipalities studied of the metering index, macro metering, average per capita consumption, distribution losses, and losses per connection, which are part of the operational indicators. The results showed considerable heterogeneity between the indices. The city of Baraúna showed a relative improvement in its indices compared to Mossoró, which is the second most populous city in the state and faces critical indices above state, regional, and national averages. The city of Apodi showed a certain balance in its indices. This disparity reinforces the need to improve the management strategies for this water resource. This study contributed to the understanding of the indices that control the entire water supply system, providing crucial information for its proper management.

Keywords: Supply System, Operational Indicators, Water Management, Historical Analysis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Sistema de abastecimento de água	20
Figura 2	–	Adutora Jerônimo Rosado.....	24
Figura 3	–	Micromedição de ligações ativas de água.....	26
Figura 4	–	Macromedição nos sistemas de abastecimento de água	27
Figura 5	–	Consumo médio per capta.....	28
Figura 6	–	Índice de perdas na distribuição.	29
Figura 7	–	Índice de perdas por ligação.....	30
Figura 8	–	Fluxograma metodologia de pesquisa (SNIS).....	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	–	IN009: Índice de micromedicação de Apodi.....	32
Gráfico 2	–	IN011: Índice de macromedicação de Apodi.....	33
Gráfico 3	–	IN022: Consumo médio per capta de água de Apodi.	34
Gráfico 4	–	IN049: Índice de perdas na distribuição de Apodi.	34
Gráfico 5	–	IN051: Índice de perdas por ligação de Apodi.	35
Gráfico 6	–	IN009: Índice de micromedicação de Baraúna.....	36
Gráfico 7	–	IN011: Índice de macromedicação de Baraúna.....	37
Gráfico 8	–	IN022: Consumo médio per capta de água de Baraúna	38
Gráfico 9	–	IN049: Índice de perdas na distribuição de Baraúna	38
Gráfico 10	–	IN051: Índice de perdas por ligação de Baraúna.....	39
Gráfico 11	–	IN009: Índice de micromedicação de Mossoró.....	40
Gráfico 12	–	IN011: Índice de macromedicação de Mossoró.....	41
Gráfico 13	–	IN022: Consumo médio per capta de Mossoró.....	42
Gráfico 14	–	IN049: Índice de perdas na distribuição de Mossoró.	42
Gráfico 15	–	IN051: Índice de perdas por ligação de Mossoró.....	43
Gráfico 16	–	IN009: Índice de micromedicação dos 3 municípios em 2022.....	44
Gráfico 17	–	IN011: Índice de macromedicação dos 3 municípios em 2022.....	45
Gráfico 18	–	IN022: Consumo médio per capta dos 3 municípios em 2022.....	46
Gráfico 19	–	IN049: Índice de perdas na distribuição dos 3 municípios em 2022.....	47
Gráfico 20	–	IN051: Índice de perdas por ligação dos 3 municípios em 2022.....	48
Gráfico 21	–	IN009: Em esfera estadual, regional e nacional.	48
Gráfico 22	–	IN011: Em esfera estadual, regional e nacional.	49
Gráfico 23	–	IN022: Em esfera estadual, regional e nacional.....	50
Gráfico 24	–	IN049: Em esfera estadual, regional e nacional.	51
Gráfico 25	–	IN051: Em esfera estadual, regional e nacional.	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAERN	Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte
Dra	Doutora
Esp	Especialista
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IES	Intituição de Ensino Superior
IN009	Índice de Micromedição ou Hidrometração
IN011	Índice de Macromedição
IN022	Consumo Médio Per Capta de Água
IN049	Índice de Perdas na Distribuição
IN051	Índice de Perdas Por Ligação
IWA	<i>International Water Association,</i>
RN	Rio Grande do Norte
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
%	Porcentagem
\$	Cifrão

Sumário

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo Geral	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
3.1 GESTÃO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	19
3.1.1 CONSUMO DE ÁGUA	20
3.1.1.1 Consumo Doméstico	20
3.1.1.2 Consumo Comercial.....	21
3.1.1.3 Consumo Industrial	21
3.1.1.4 Consumo Público	22
3.2 PERDAS DE ÁGUA	22
3.2.1 Perdas Reais.....	22
3.2.2 Perdas Aparentes.....	23
3.3 EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ABASTECIMENTO.....	23
3.4 MUNICÍPIO DE MOSSORÓ	24
3.5 MUNICÍPIO DE APODI	25
3.6 MUNICÍPIO DE BARAÚNA.....	25
3.7 INDICADORES OPERACIONAIS E DE DESEMPENHO	25
3.7.1 Índice de Hidrometração ou Micromedição.....	26
3.7.2 Índice de Macromedição	27
3.7.3 Consumo Médio Per Capta de Água.....	27
3.7.4 Índice de Perdas na Distribuição	28
3.7.5 Índice de Perdas Por Ligação	29
4 METODOLOGIA	31
5 RESULTADOS E DISCURSSÕES	32
5.1 Análise da série histórica do município de Apodi.....	32
5.1.1 IN009 – Índice de hidrometração ou micromedição.....	32
5.1.2 IN011 – Índice de macromedição	33
5.1.3 IN022 – Consumo médio per capta de água.....	33
5.1.4 IN049 – Índice de perdas na distribuição	34

5.1.5 IN051 – Índice de perdas por ligação	35
5.2 Análise da série histórica do município de Baraúna.....	36
5.2.1 IN009 – Índice de hidrometração ou micromedicação.....	36
5.2.2 IN011 – Índice de macromedicação	37
5.2.3 IN022 – Consumo médio per capta de água.....	37
5.2.4 IN049 – Índice de perdas na distribuição	38
5.2.5 IN051 – Índice de perdas por ligação	39
5.3 Análise da série histórica de Mossoró.....	40
5.3.1 IN009 – Índice de hidrometração ou micromedicação de Mossoró.....	40
5.3.2 IN011 – Índice de macromedicação	41
5.3.3 IN022 – Consumo médio per capta de água.....	41
5.3.4 IN049 – Índice de perdas na distribuição	42
5.3.5 IN051 – Índice de perdas por ligação	43
5.4 Comparativo entre os 3 municípios no ano de 2022.....	44
5.4.1 IN009 – Índice de hidrometração ou micromedicação dos 3 municípios no ano de 2022	44
5.4.2 IN011 – Índice de macromedicação dos 3 municípios em 2022.....	45
5.4.3 IN022 – Consumo médio per capta de água dos 3 municípios em 2022	46
5.4.4 IN049 – Índice de perdas na distribuição dos 3 municípios em 2022	47
5.4.5 IN051 – Índice de perdas por ligação dos 3 municípios em 2022	48
5.5 Comparativo dos 3 municípios em esfera estadual, regional e nacional em 2022...	49
5.5.1 IN009 – Índice de hidrometração para 2022	49
5.5.2 IN011 – Índice de macromedicação para 2022.....	50
5.5.3 IN022 – Consumo médio per capta de água.....	50
5.5.4 IN049 – Índice de perdas na distribuição	51
5.5.5 IN051 – Índice de perdas por ligação	52
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água para consumo humano é um dos componentes do saneamento básico e consiste em um conjunto de infraestruturas, obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinado à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição (BRASIL, 2015).

Esse sistema pode ser adaptado de acordo com as necessidades específicas de cada localidade, o que determina as ações necessárias para a sua instalação, gestão e operação, incluindo processos de diagnósticos orientados por indicadores cruciais para seu pleno funcionamento (BRASIL, 2019).

No Brasil, promover acessibilidade total do fornecimento de água por uma rede de abastecimento, ainda é uma realidade desafiadora. De acordo com diagnóstico realizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, SNIS, em 2023, cerca de 97,9% dos brasileiros são atendidos por um sistema de abastecimento de água, porém em controvérsia a falta de água tratada em diversos municípios ainda é realidade.

O Rio Grande do Norte, com uma área territorial de 52,809,599 km², abriga uma população de aproximadamente 3,3 milhões de habitantes, resultando em uma densidade demográfica de 62,54 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2022). A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) é a responsável por todo o abastecimento de água do estado, de acordo com informações da Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA, 2023). A CAERN opera 248 sistemas de abastecimento de água distribuídos em 152 sedes de municípios e 13 localidades (CAERN, 2024).

Diversas entidades nacionais e internacionais possuem o gerenciamento dos dados e informações a respeito dos indicadores. Para o âmbito nacional tem-se o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR), e o programa desenvolvido pelo Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS) e internacionalmente a IWA e *Saneamiento de las Americas* (ADERASA), entre outras (ARAUJO, S.C, 2016).

De acordo com a IWA (*International Water Association*, 2004), o sistema incorpora seis grupos de indicadores: indicadores de recursos hídricos, de recursos humanos, infraestruturais, operacionais, de qualidade de serviço e econômico-financeiros estes formam um grupo geral chamado de indicadores de desempenho, estes por sua vez são medidas quantitativas de um aspecto particular do desempenho da entidade gestora ou do seu nível de serviço. É um

instrumento de apoio à monitorização da eficiência e da eficácia da entidade gestora, simplificando uma avaliação que de outro modo seria mais complexa e subjetiva.

Um sistema de abastecimento de água bem gerenciado e eficaz é aquele onde obedece a certos indicadores operacionais cujos índices que os compõem podem ter variação com o tempo. A falta de gestão adequada desses indicadores torna o sistema desfavorável economicamente e socialmente para qualquer empresa responsável pelo abastecimento, mas também tem sérias consequências ambientais.

Com isso, este estudo busca suprir uma lacuna essencial no conhecimento e na gestão dos indicadores operacionais nos sistemas de abastecimento, proporcionando uma análise abrangente de cinco indicadores nos três municípios mais populoso do RN.

Tal abordagem pode direcionar políticas e práticas mais eficientes no setor de saneamento básico, promovendo o uso sustentável da água e uma gestão financeira mais robusta para os prestadores de serviços.

Este estudo se propôs a investigar os indicadores operacionais buscando analisar a série histórica dos municípios selecionados ao longo dos anos de 2018 a 2022

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os dados dos indicadores operacionais do sistema de abastecimento de água dos últimos cinco anos dos três mais populosos municípios do Rio Grande do Norte (Apodi, Baraúna e Mossoró) atendidos pela regional de Mossoró, ao longo de um período de 2018 a 2022.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar os índices de hidrometração (IN009), índice de macromedicação (IN011), consumo médio per capita de água (IN022), índice de perdas da distribuição (IN049) e índice de perdas por ligação (IN051) a fim de contextualizar os resultados e identificar desafios específicos enfrentados por municípios do RN.
- Identificar as principais causas das variações dos índices
- Avaliar as variações dos índices nos três municípios durante o período de estudo
- Comparar os índices dos municípios estudados em uma escala estadual, regional e nacional para o ano de 2022, último disponibilizado pelo SNIS.
- Identificar tendências, padrões de desempenho dos índices e áreas críticas de melhoria

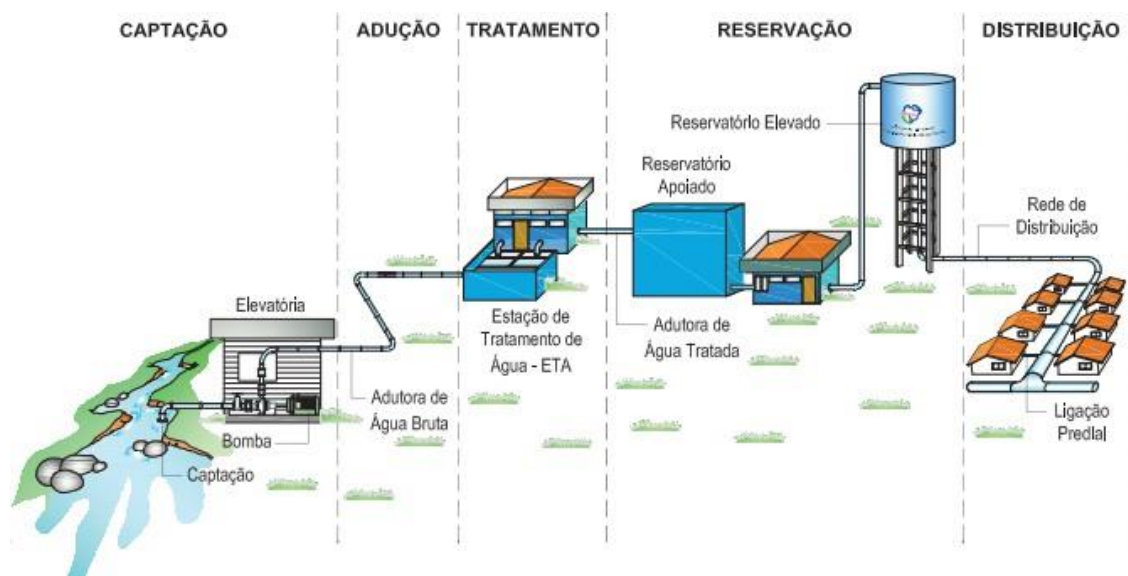
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 GESTÃO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As atividades humanas, econômicas ou não, demandam recursos hídricos para a produção industrial, agropecuária, geração de energia, segurança, lazer, alimento e higiene, ou seja, para a própria sobrevivência. Os principais usos da água têm gerado conflitos de demanda e os sinais de escassez tornaram-se cada vez mais frequentes, com reflexos desastrosos para a sociedade. Grandes cidades e polos de produção agrícola enfrentam atualmente o desafio crescente do uso racional e da preservação desse recurso natural. (FUNASA, 2019)

Assim, os serviços de abastecimento de água constituem-se num importante investimento em benefício da saúde pública e que se ampliam com a implantação e a melhoria dos sistemas de esgotos sanitários. Tem sido constatado também que a implantação de sistemas adequados de abastecimento de água e de destino dos dejetos, a par da diminuição das doenças transmissíveis pela água, contribui também para a diminuição da incidência de outras doenças, não relacionadas diretamente aos excretos ou à falta de abastecimento de água. (FUNASA, 2019)

Segundo Tsutiya (2006), entende-se por concepção de sistema de abastecimento de água, o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a projetar. No conjunto de atividades que constitui a elaboração do projeto de um sistema de abastecimento de água, a concepção é elaborada na fase inicial do projeto. A concepção deverá estender-se aos diversos componentes do sistema de abastecimento de água que são: manancial, captação, estação elevatória, adutora, estação de tratamento, reservatório e rede de distribuição. O objetivo principal do sistema de abastecimento de água é fornecer ao usuário uma água de boa qualidade para seu uso, quantidade adequada e pressão suficiente.

Figura 1: Sistema de abastecimento

Fonte: FUNASA, 2019

3.1.2 CONSUMO DE ÁGUA

O homem precisa de água com qualidade satisfatória e em quantidade suficiente para satisfazer às suas necessidades de alimentação, higiene e outros usos, sendo um princípio considerar a quantidade de água, do ponto de vista sanitário, de grande importância no controle e na prevenção de doenças. Tradicionalmente se classifica o consumo de água num sistema público de abastecimento em quatro grandes categorias: doméstico, comercial, industrial e público. (FUNASA, 2019)

3.1.2.1 Consumo Doméstico

De acordo com o manual de saneamento da FUNASA (2019), o consumo doméstico corresponde à utilização de água na residência, na área interna e externa da habitação. Considera-se como consumo doméstico a água usada para ingestão, higiene pessoal, preparo de alimentos, lavagem de roupa, lavagem de utensílios domésticos, descarga de vasos sanitários, higiene e limpeza em geral da moradia, rega de jardins, uso com animais de estimação, piscinas, lavagem de veículos, entre outros.

O consumo de água em uma habitação depende de um grande número de fatores, que podem ser agrupados em seis classes:

- Características climatológicas do local – temperatura e umidade relativa do ar, intensidade e frequência de precipitação da chuva

- Renda Familiar
- Características da habitação – área do terreno, área construída do imóvel, número de habitantes.
- Características do abastecimento de água – pressão na rede, qualidade da água.
- Forma de gerenciamento do sistema de abastecimento – micromedição, tarifas.
- Características culturais da comunidade.

3.1.2.2 Consumo Comercial

Diversas são as atividades comerciais que utilizam a água. O consumo nessa categoria é bastante heterogêneo e depende geralmente do tipo e do porte do comércio, como: bares, padarias, restaurantes, lanchonetes, hospitais, hotéis, postos de gasolina, lava-rápidos, clubes, lojas, prédios comerciais, shopping centers, entre outros. (FUNASA, 2019)

3.1.2.3 Consumo Industrial

De acordo com a FUNASA (2019), o consumo da categoria industrial também é bastante heterogêneo, podendo variar de pequenas indústrias artesanais até grandes consumidores de água, como as indústrias de bebida. O uso da água em uma instalação industrial pode ser classificado em cinco categorias:

- Uso humano – refere-se ao banheiro, ao banho e à alimentação (inclusive lavagem de utensílios), de modo que esse consumo depende essencialmente do número de funcionários e do seu regime de trabalho.
- Uso doméstico – considera-se a água utilizada em limpeza geral e manutenção da área do estabelecimento, e, em alguns casos, a água utilizada em utilidades (torre de resfriamento, equipamento para irrigação e outros).
- Água incorporada ao produto – como exemplo de água incorporada ao produto, pode-se citar a água incorporada a xampus e outros produtos de higiene pessoal, água incorporada a bebidas e água incorporada a alimentos.
- Água utilizada no processo de produção – para os casos de água utilizada no processo de produção e não incorporada ao produto, tem-se água para geração de vapor, água para refrigeração, água para preparação de argamassa de cimento, água para lavagem de roupas em lavanderias, entre outros.

3.1.2.4 Consumo Público

Consta desta classificação a parcela de água utilizada na irrigação de parques e jardins, lavagem de ruas e passeios, edifícios e sanitários de uso público, fontes ornamentais, piscinas públicas, chafarizes e torneiras públicas, combate a incêndios, limpeza de coletores de esgotos, entre outros. De um modo geral, os consumos públicos são de difícil mensuração e cada caso deve ser particularmente estudado. (FUNASA, 2019)

3.2 PERDAS DE ÁGUA

As perdas são inerentes a qualquer sistema de abastecimento de água. Esse tema tem ganhado maior relevância nas últimas décadas, principalmente, em função do aumento da frequência de eventos de escassez hídrica e pelo aumento do risco de contaminação da água tratada, uma vez que as perdas podem causar a redução da pressão na rede de distribuição. Além disso, do ponto de vista econômico e financeiro, têm-se as questões relacionadas aos custos de energia elétrica utilizada na produção e distribuição da água tratada e ao desperdício de recursos naturais e operacionais. (SNIS, 2023)

3.2.1 Perdas Reais

As perdas reais são as perdas físicas de água que ocorrem desde o momento da retirada do manancial, ou importada, até a ligação predial. Estão incluídas nesse conceito as perdas na distribuição. (FUNASA, 2019)

De acordo com o guia técnico de perdas (2006) as perdas de água reais dependem de um conjunto de fatores locais que são determinantes em termos dos resultados que poderão vir a ser obtidos pela aplicação de estratégias alternativas para controlo das perdas de água reais. Estes deverão ser claramente caracterizados. A sua identificação é determinante para a escolha dos indicadores de desempenho técnico. Segue-se uma lista de possíveis fatores que influenciam as perdas reais:

- O estado das condutas e outros componentes, o seu material, a frequência de fugas e de roturas;
- a pressão de serviço média, quando o sistema está pressurizado;
- a densidade e comprimento médio de ramais;
- a localização do medidor domiciliário no ramal;
- o comprimento total de condutas;

- o tipo de solo e as condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;
- a percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (fator muito relevante em regiões com abastecimento intermitente).

3.2.2 Perdas Aparentes

Não física ou comercial. A água é consumida, mas não contabilizada (faturada) pelo prestador de serviços por falhas no cadastro e na medição (falta e/ou erros de leitura, fraudes e submedição), ligações clandestinas e desvios irregulares, dentre outras causas. (SNIS, 2023). As perdas aparentes relativas a consumos não autorizados contemplam o estabelecimento e uso de ligações ilícitas e a utilização fraudulenta de marcos e bocas de incêndio, localizadas quer em locais públicos quer particulares.

3.3 EMPRESA RESPONSÁVEL PELO ABASTECIMENTO

A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN, sediada em Natal, é uma sociedade de economia mista, criada na forma da Lei nº 3.742, de 26 de junho de 1969 (entrando em funcionamento em 02/09/1969), pelo então Governador do Estado, Monsenhor Walfredo Gurgel, vinculada à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), tem como finalidade a prestação de serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado do Rio Grande do Norte e tem como missão institucional de contribuir com a melhoria da qualidade de vida da população do Rio Grande do Norte, por meio de uma prestação de serviços com qualidade e sustentabilidade. (CAERN, 2024)

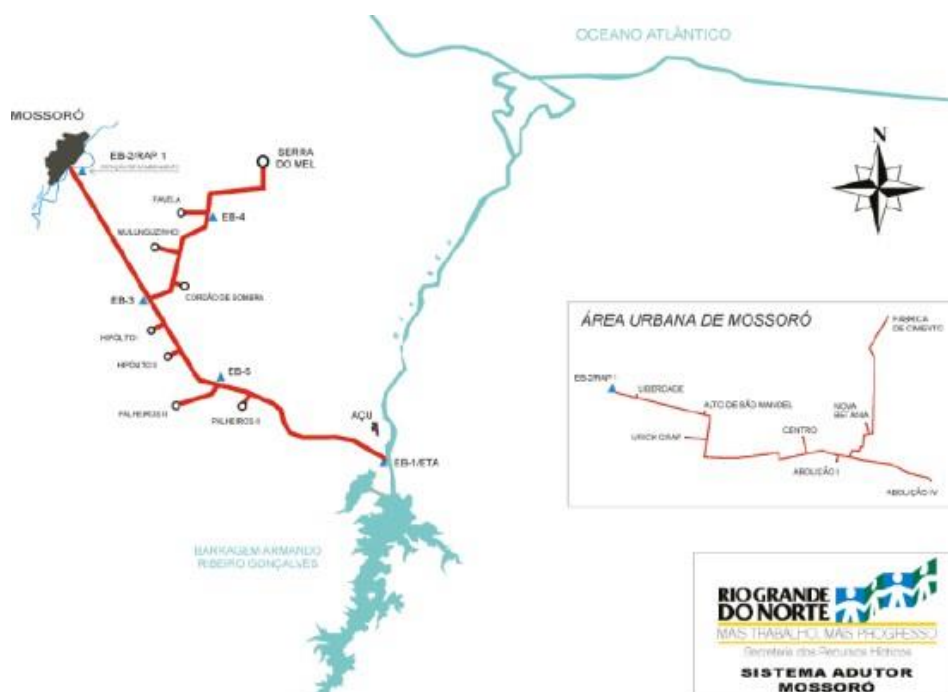
Das quatro vertentes do saneamento básico, a Caern atua com abastecimento de água e esgotamento sanitário, sendo responsável pelo abastecimento de 152 municípios, dos 167 que compõem o Rio Grande do Norte, atendendo também 43 com esgotamento sanitário. (CAERN 2024)

3.4 MUNICÍPIO DE MOSSORÓ

O município de Mossoró está localizado região Oeste do Rio Grande do Norte, é o segundo município mais populoso do Estado com cerca de 264.577 habitantes, de acordo com o último censo de 2022 feito pelo IBGE e o primeiro em extensão territorial com uma área aproximada 2.099,334 km². Esses dados resultam em uma densidade demográfica de 126,03 hab/km². (IBGE, 2022)

Segundo a CAERN as águas de manancial superficial chegam até a cidade de Mossoró através da adutora Jerônimo Rosado que tem a tomada de água na Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves que pertence à bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. Localizada a mais de 70 Km da cidade de Mossoró, a adutora Jerônimo Rosado é responsável, segundo a CAERN, por cerca de 30% de toda a água consumida no município. Os outros 70% da água consumida, fica a cargo de águas subterrâneas providas do Aquífero Açu, que é um aquífero praticamente confinado, sendo uma riqueza natural da região. O aquífero é explorado através de poços tubulares profundos distribuídos em pontos estratégicos da cidade e são em um número de 15 unidades em funcionamento.

Figura 2: Adutora Jerônimo Rosado



Fonte: SEMARH (2011)

3.5 MUNICÍPIO DE APODI

O município de Apodi está localizado região Centro Oeste do Rio Grande do Norte, é o décimo terceiro município mais populoso do Estado com cerca de 36.093 habitantes, de acordo com o último censo de 2022 feito pelo IBGE e com extensão territorial de 1.602,477 km². Esses dados resultam em uma densidade demográfica de 22,52 hab/km². (IBGE, 2022)

De acordo com a CAERN água que abastece a cidade de Apodi, no Rio Grande do Norte, vem principalmente de poços profundos, com destaque para a captação realizada no Sítio Carrasco. Inicialmente, a cidade planejava captar água da Barragem de Apodi, mas devido à seca prolongada entre 2012 e 2017, que reduziu drasticamente o volume da barragem, houve uma mudança nos planos de captação. Atualmente, o sistema de abastecimento está sendo ampliado com a construção da adutora Apodi-Mossoró, que interliga diversos poços na região do Sítio Carrasco e tem capacidade para enviar até 1,1 milhão de litros de água por hora para Apodi e outras cidades da região

3.6 MUNICÍPIO DE BARAÚNA

O município de Baraúna é o vigésimo primeiro município mais populoso do Estado com cerca de 26.913 habitantes, de acordo com o último censo de 2022 feito pelo IBGE e com extensão territorial de 825,681 km². Esses dados resultam em uma densidade demográfica de 32,59 hab/km². (IBGE, 2022)

A água que abastece a cidade de Baraúna, RN, provém principalmente de poços artesianos. Isso se deve à localização da cidade em uma região semiárida, o que limita a disponibilidade de fontes superficiais de água. Em alguns casos, como durante períodos de manutenção ou falhas no sistema, a distribuição de água ocorre por rodízio, segundo a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). A cidade também faz uso de sistemas complementares de captação de água subterrânea para atender à demanda

3.7 INDICADORES OPERACIONAIS E DE DESEMPENHO

De acordo com a IWA (2004), os indicadores operacionais visam a avaliação do desempenho no âmbito da operação e da manutenção dos sistemas de abastecimento de água eles constituem uma parte do que se chama de indicadores de desempenho é uma medida quantitativa de um aspecto particular do desempenho da entidade gestora ou do seu nível de serviço. É um instrumento de apoio à monitorização da eficiência e da eficácia da entidade gestora, simplificando uma avaliação que de outro modo seria mais complexa e subjetiva. No seu conjunto, os indicadores de desempenho selecionados traduzem, de modo sintético, os

aspectos mais relevantes do desempenho do operador de uma forma que se pretende verdadeira e isenta.

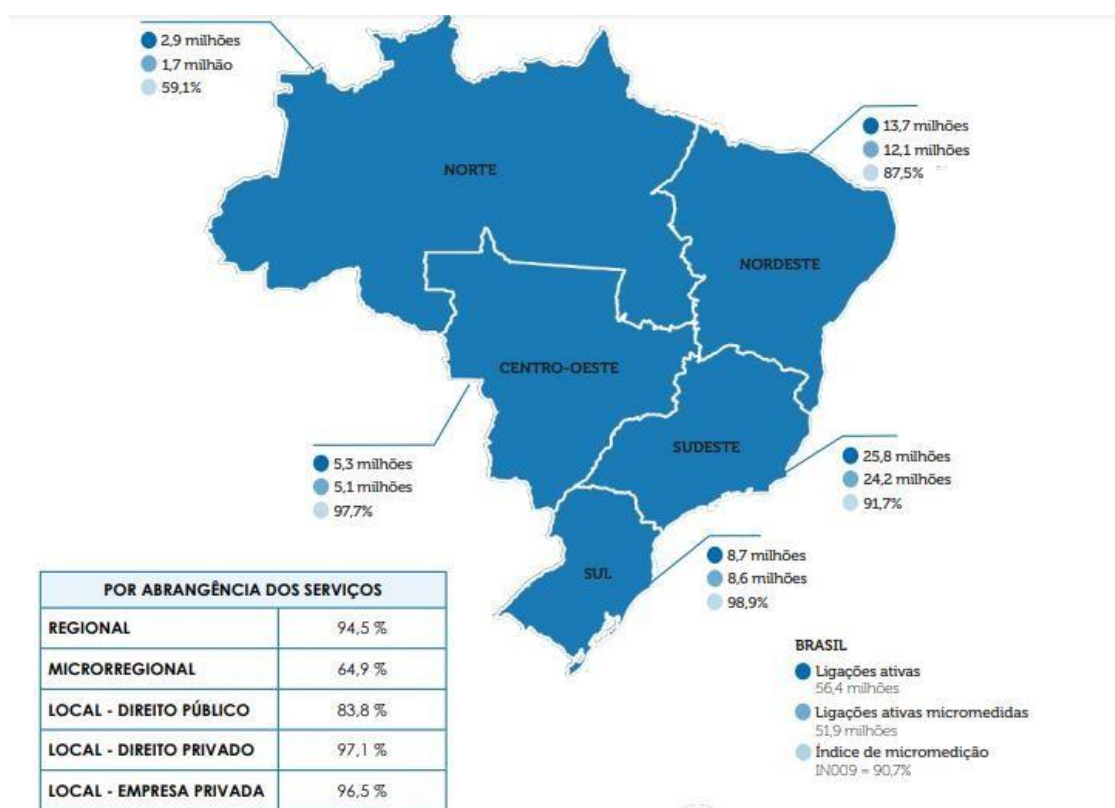
Cada indicador, ao contribuir para a quantificação do desempenho sob um dado ponto de vista, numa dada área e durante um dado período, facilita a avaliação do cumprimento de objetivos e a análise de evolução ao longo do tempo.

3.7.1 Índice de Hidrometração ou Micromedição

Medição do consumo no ponto de atendimento dos usuários das redes públicas de abastecimento de água. É feita por hidrômetros, conhecida também como hidrometração. (SNIS, 2022)

O índice de micromedição (IN009) do SNIS-AE 2022 é de 90,7%. Nas macrorregiões, ele varia entre 59,1%, na Norte, e 98,9%, na Sul. A amostra aponta variações em relação à abrangência da prestação do serviço, de 64,9% na Microrregional a 97,1% na Local de direito privado.

Figura 3: Micromedição de Ligações Ativas de Água



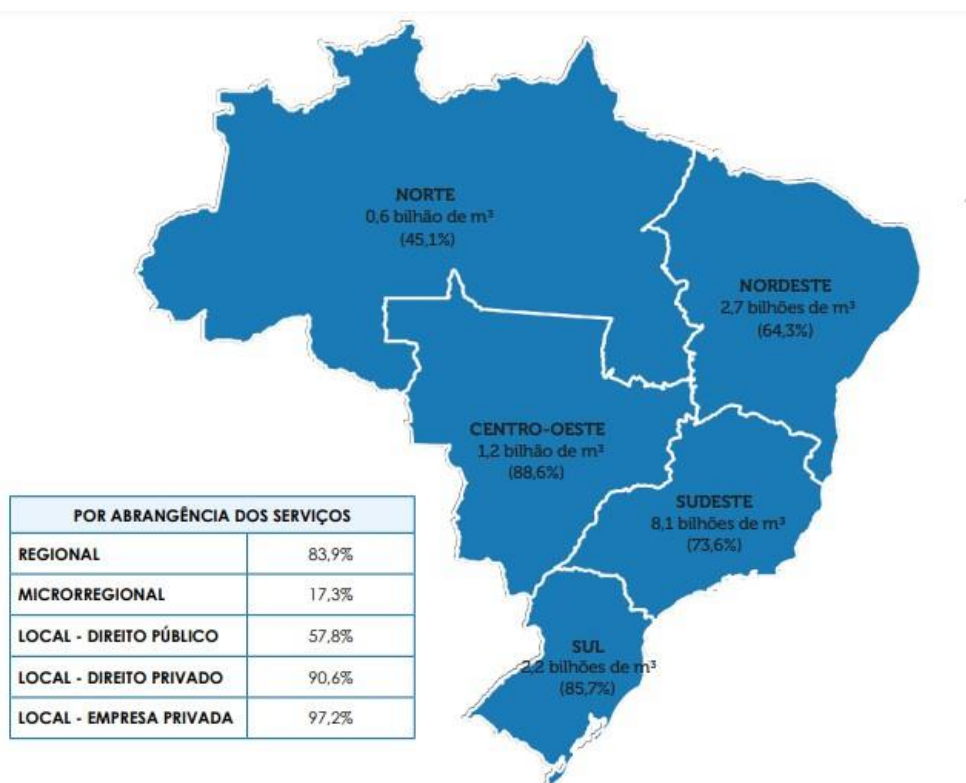
Fonte: SNIS, 2022

3.7.2 Índice de Macromedição

Refere-se ao conjunto de medições de grandes volumes de água realizadas no sistema público de abastecimento (da captação a extremidades da rede). Contribui para identificar volumes efetivamente disponibilizados para distribuição e perdas de água. Essa é feita por meio de equipamentos na saída das ETAs e em diferentes pontos da rede de distribuição. (SNIS, 2022)

De acordo com dados do SNIS-AE 2022, o índice de macromedição (IN011) alcança 72,3%. Numa comparação simples, significa que, de cada 100 litros de água disponibilizados para consumo, 72,3 litros foram efetivamente medidos em esfera nacional.

Figura 4: Macromedição nos Sistemas de Abastecimento de Água



Fonte: SNIS, 2022

3.7.3 Consumo Médio Per Capta de Água

O monitoramento do consumo médio de água é um importante instrumento de controle operacional e de planejamento e gestão dos serviços. Ele contribui para dimensionar sistemas de abastecimento em municípios com expansão populacional e para reverter o crescimento de consumo em áreas com disponibilidade hídrica restrita. (SNIS, 2022)

A base do cálculo do índice do consumo médio per capita diário do SNIS-AE é o volume de água consumido. Do montante, é descontada a parcela transferida para outros distribuidores (exportada). O valor obtido é dividido pela média aritmética da população atendida nos últimos dois anos de coleta. (SNIS, 2022)

O consumo médio per capita de água no Brasil (IN022), em 2022, é de 148,2 l/hab.dia. O índice do SNIS-AE 2022 representa uma redução de 3,3% em relação aos 153,3 l/hab.dia de 2021. (SNIS,2022)

Figura 5: Consumo médio per capta de água



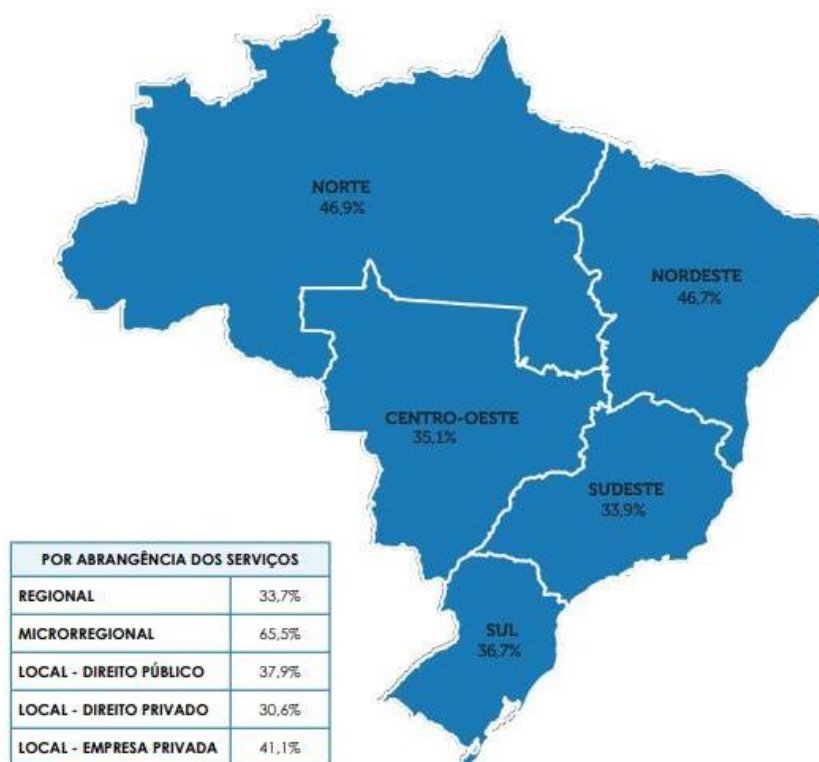
Fonte: SNIS, 2022

3.7.4 Índice de Perdas na Distribuição

Dados do SNIS-AE 2022 apontam índice de perdas na distribuição de água (IN049) de 37,8%. Em relação a 2021, houve redução 2,9 pontos percentuais no índice de perdas, que apresentava aumento contínuo desde 2015. Esse percentual representa a fração do volume de água disponibilizado que não foi faturado por não ter sido contabilizado como volume utilizado pelos consumidores, seja por vazamentos, falhas nos sistemas de medição ou ligações clandestinas. Em termos quantitativos, o índice significa que, de cada 100 litros

disponibilizados pelos prestadores de serviços, apenas 62,2 litros são contabilizados como utilizados pelos consumidores.

Figura 6: Índice de perdas na distribuição

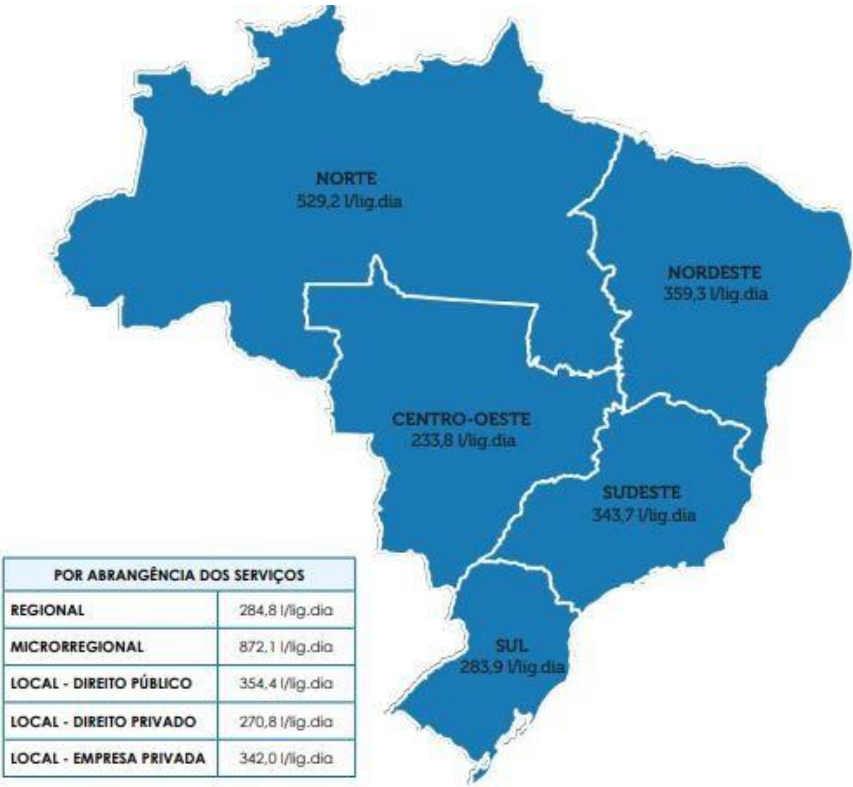


Fonte: SNIS, 2022

3.7.5 Índice de Perdas Por Ligação

O índice de perdas por ligação (IN051) tem maior relação com a eficiência operacional, porque a maior parte das perdas reais e aparentes de longa duração ocorrem em ramais de distribuição. O volume perdido por ligação é de 337,7 litros/dia. Nas macrorregiões, os índices de perdas por ligação variam de 233,8 l/lig.dia, na Centro-Oeste, a 529,2 l/lig.dia, na Norte. Na abrangência do serviço, o menor índice é o da prestação Local de direito privado, com 270,8 l/lig.dia, e o maior, da Microrregional, com 872,1 l/lig.dia.

Figura 7: Índice de perdas por ligação



Fonte: SNIS, 2022

4 METODOLOGIA

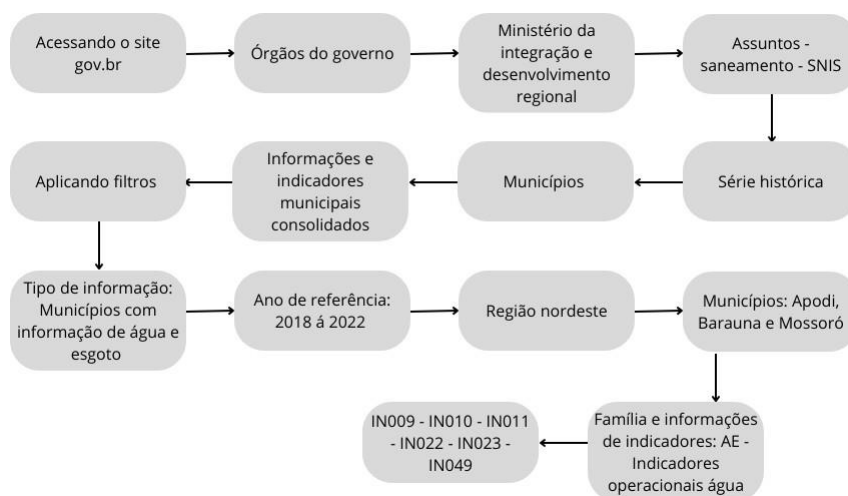
O presente estudo trata-se de uma pesquisa aplicada com uma abordagem quantitativa e de carácter descritivo, baseando-se em informações disponíveis em diferentes bancos de dados, incluindo essencialmente livros, artigos, revistas relevantes acerca do assunto tratado e com a coleta de dados através de planilhas disponibilizadas no SNIS, IBGE e pela CAERN, a fim de proporcionar um direcionamento sucinto e confiável das informações para a melhoria da gestão dos recursos hídricos.

Como a CAERN de Mossoró atende a 16 municípios, para a seleção daqueles a serem analisados foi adotado o critério de estudar os três mais populosos de acordo com o último censo demográfico disponibilizado pelo IBGE, referente ao ano de 2022, sendo eles em ordem decrescente de população: Mossoró, Apodi e Baraúnas.

A próxima etapa envolveu a coleta de dados dos indicadores, realizada através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), onde fornece informações relevantes sobre o abastecimento de água dos municípios brasileiros, selecionando além dos municípios, os índices a serem estudados que foram: IN09 – Índice de hidromedidação ou micromedidação, IN011 – índice de macromedidação, IN022 – Consumo médio per capita de água, IN049 – Índice de perdas na distribuição, IN051 – Índice de perdas por ligação.

O SNIS foi essencial, fornecendo os principais indicadores operacionais ao longo de um período de cinco anos, de 2018 a 2022. Essa coleta de dados seguiu a sequência abaixo.

Figura 8: Fluxograma metodologia da pesquisa – SNIS



Fonte: Autoria Própria

A etapa final consistiu em organizar os dados em uma planilha eletrônica utilizando o software Excel, para representação gráfica propondo um comparativo de informações e a construção de um painel de visualização para variações e possíveis padrões dos índices selecionados.

Esse método facilitou a análise e a interpretação dos dados, permitindo a identificação de tendências e padrões relevantes assegurando a qualidade dos dados coletados e a consistência das análises realizada

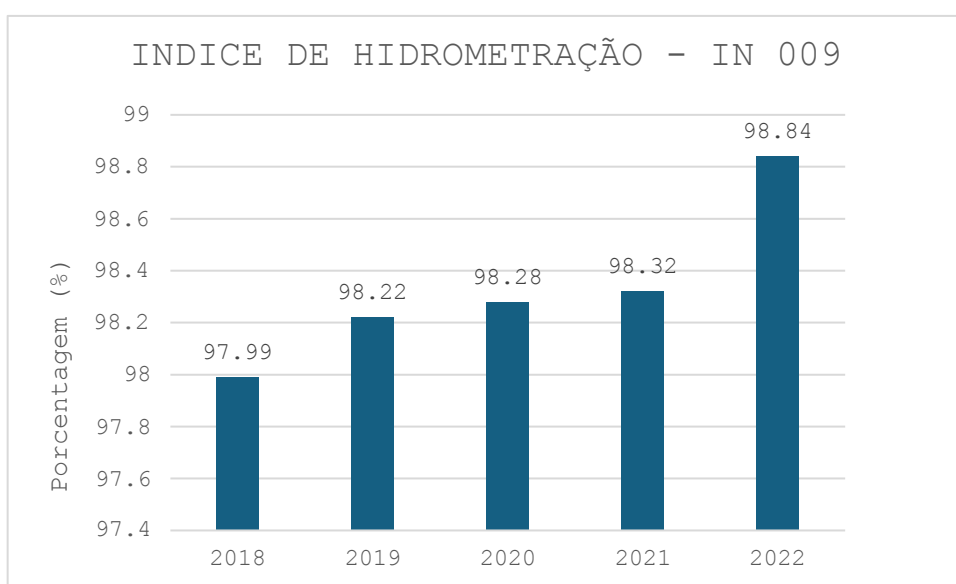
5 RESULTADOS E DISCURSSÕES

5.1 Análise da série histórica do município de Apodi

5.1.1 IN009 – Índice de hidrometração ou micromedição

No município de Apodi, ao longo de cinco anos foi possível identificar um pequeno aumento no índice de hidrometração de cerca de 0,27, mas vale destacar que esse índice já apresenta bons números desde o ano de 2018 com 97,99% de ligações ativas que tem a sua medição feita no ponto de referência da residência através dos seus hidrômetros. Isso indica uma boa relação entre a quantidade de ligações de água micromedidas com a quantidade de ligações ativas. No gráfico abaixo, demonstra todos os valores registrados nos últimos 5 anos.

Gráfico 1: IN009 – Índice de hidrometração de Apodi

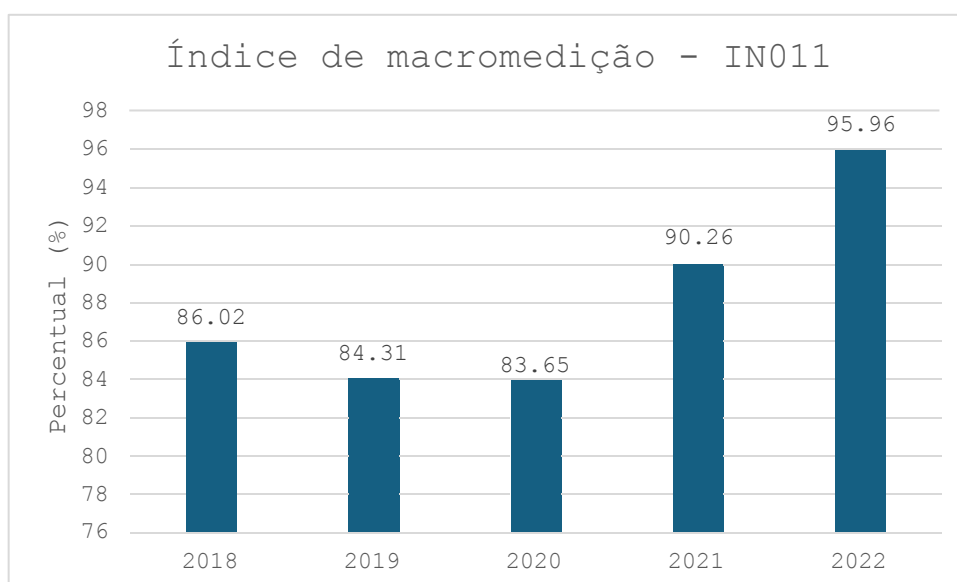


Fonte: Autoria Própria

5.1.2 IN011 – Índice de macromedição

O índice de macromedição do município de Apodi é um indicador crucial para avaliar a eficiência da disponibilidade de água para consumo da população. A análise dos dados apresentados para o IN011 demonstrou uma preocupação nos anos entre 2018 a 2020 totalizando uma média de apenas 84,66 % de volume disponibilizado, isso significa que a cada 100 litros de água disponibilizados para consumo, apenas 84,66 litros foram efetivamente medidos. Em contrapartida a parti de 2021 essa relação vem melhorando, atingindo uma máxima registrada de 95,96% no ano de 2022, como é possível observar no gráfico abaixo.

Gráfico 2: IN011 – Índice de macromedição de Apodi



Fonte: Autoria Própria

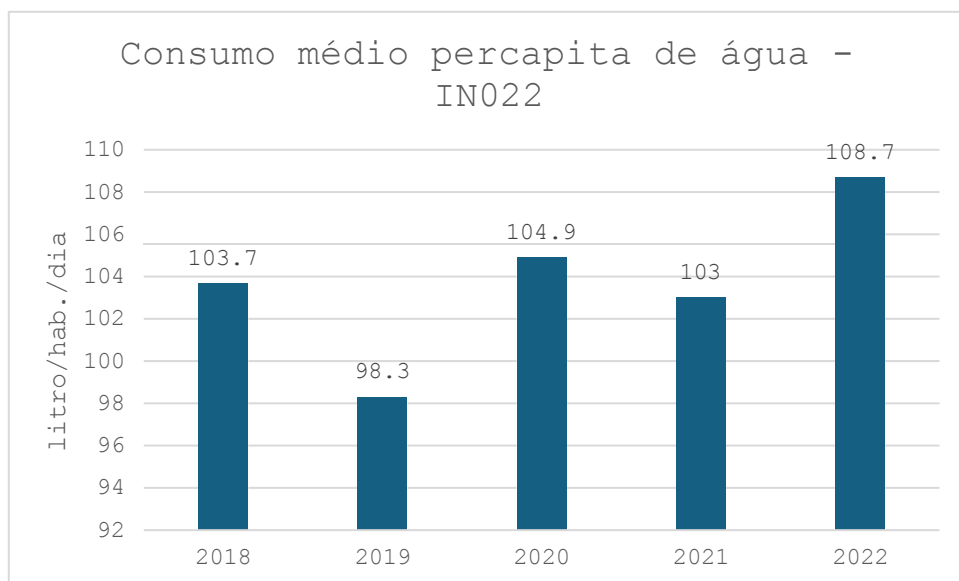
Essa melhoria notável nas macromedições levanta questões sobre as medidas implementadas para alcançar esse resultado. Seria de interesse aos órgãos públicos responsáveis examinar as estratégias adotadas e entender como elas afetam a gestão dos recursos hídricos no município. Pois esse aumento representa que os equipamentos de medição nas saídas das ETA's e em diferentes pontos da rede de distribuição estão em bom funcionamento.

5.1.3 IN022 – Consumo médio per capta de água

O consumo per capta de água da população do município de Apodi, vem variando ao longo dos 5 anos de análise, essa variação ajuda o sistema de distribuição de água, pois esse dado é de extrema importância para o controle e gestão desse serviço. Dessa forma o gráfico 3

mostra os dados coletados dos 5 anos analisados.

Gráfico 3: IN022 – Consumo médio per capita de água de Apodi

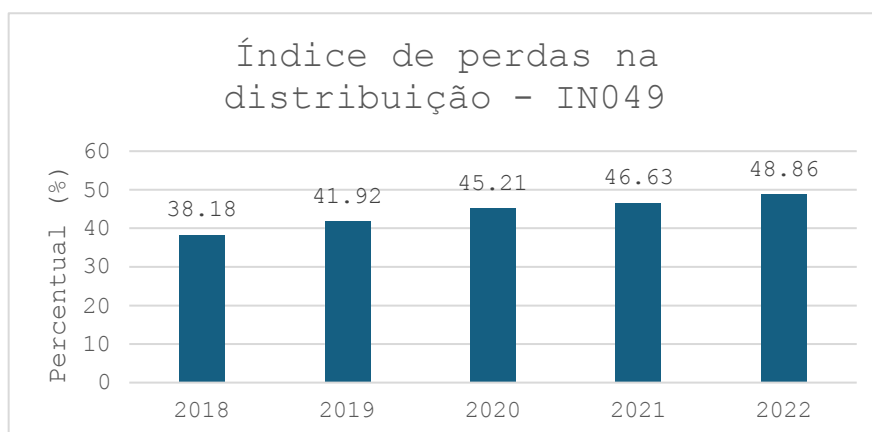


Fonte: Autoria Própria

5.1.4 IN049 – Índice de perdas na distribuição

O índice de perdas na distribuição de água em Apodi é um indicador crucial para avaliar a eficiência da gestão de recursos hídricos no município. No ano de 2018, esse índice foi aferido em 38,18%, no período analisado, foi o ano de menor perda. Isso indica um fator preocupante para a população e prestadores de serviço. Nos anos seguintes o índice de perdas aumentou em média de 2,67 pontos percentuais a cada ano indicando uma contínua falha no sistema de distribuição, como mostra o gráfico 4.

Gráfico 4: IN049 – Índice de perdas na distribuição de Apodi



Fonte: Autoria Própria

Esse valor médio destaca a necessidade de melhorias ao longo do período e ressalta a importância das medidas implementadas para otimizar a distribuição de água no município. A análise desses dados revela um regresso significativo de uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos locais, necessitando de planos investigativos para solucionar e encontrar vazamentos, falhas nos sistemas de medição ou ligações clandestinas.

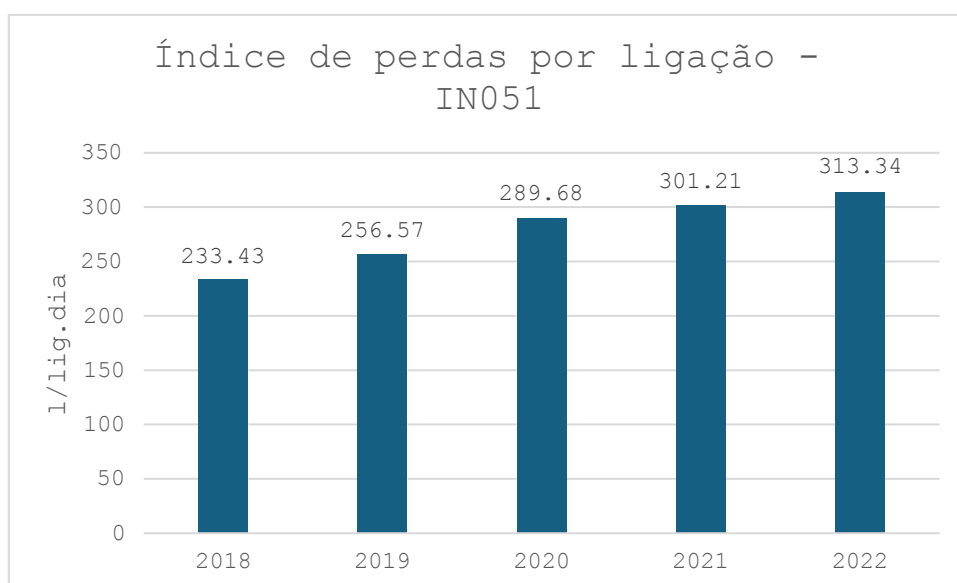
Em termos quantitativos, o índice significa que, de cada 100 litros disponibilizados pelos prestadores de serviços, apenas 51,14 litros são contabilizados como utilizados pelos consumidores de acordo com o ano de 2022.

Dessa forma a cidade de Apodi necessita de estratégias que corrijam essa perda para que o cenário não piores, como por exemplo implementar controles automáticos de pressão para reduzir as perdas causadas por vazamentos em alta pressão.

5.1.5 IN051 – Índice de perdas por ligação

Em 2018 os dados para o índice de perdas por ligação no município de Apodi indicaram um valor de 233,43 litros por ligação por dia e para os anos seguintes percebe-se um aumento médio 19.9 litros a cada ano. Esses dados causam impacto negativo para os gestores da distribuição de água, visto que obedecem os mesmos padrões de desperdício dos índices de perdas na distribuição, dessa forma a população tem menos água disponível para consumo.

Gráfico 5: IN051 – Índice de perdas por ligação de Apodi



Fonte: Autoria Própria

Esses dados demonstram que a situação é ainda mais preocupante quando se analisa

juntamente com os resultados dos índices de micromedição, para o ano de 2021, 98,84 % das ligações ativas tem sua medição feita nos hidrômetros, porém nesse mesmo ano o município de Apodi registrou a maior perda com 313,34 litros desperdiçados, ou seja, a cada ano que passa mais ligações ativas são medidas, porém essas mesmas ligações não tem direito a toda a água que foi disponibilizada para consumo, pois ela se perde ao longo do caminho, como também na própria ligação final.

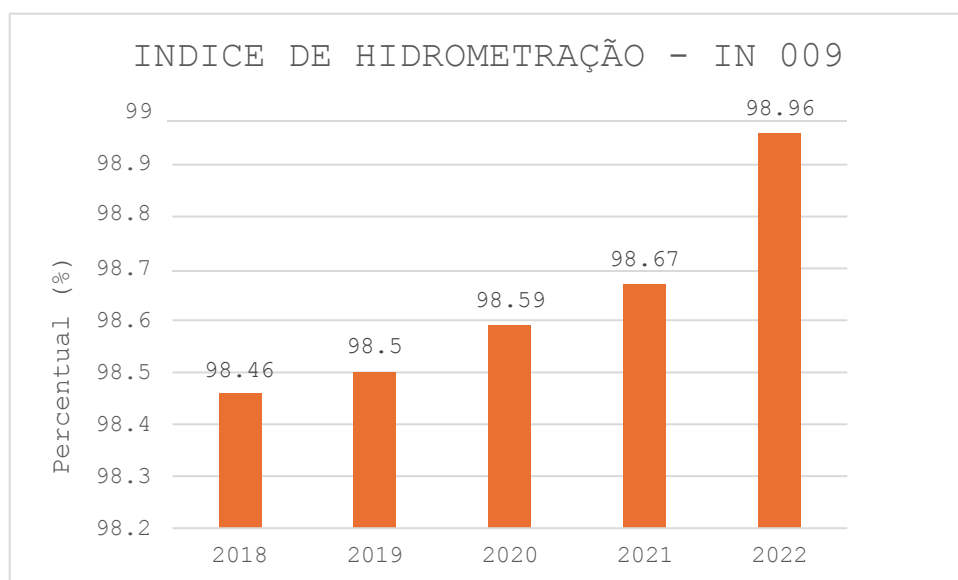
Dessa forma a cidade de Apodi necessita de estratégias que corrijam essa perda para que o cenário não piores, como por exemplo substituir ou reparar ligações de água antigas que possam apresentar vazamentos.

5.2 Análise da série histórica do município de Baraúna

5.2.1 IN009 – Índice de hidrometração ou micromedição

Na análise dos resultados referentes ao índice de hidrometração em Baraúna, foi registrado que em 2022 esse índice atingiu o valor de 98,96%. Tal resultado denota um aumento em relação ao ano anterior, 2021, quando se encontrava em 98,67%, como pode-se observar no gráfico abaixo. Para o município esses valores são positivos pois a relação de ligações ativas e medidas é bem próxima, como mostra o gráfico 6.

Gráfico 6: IN051 – Índice de hidrometração de Baraúna

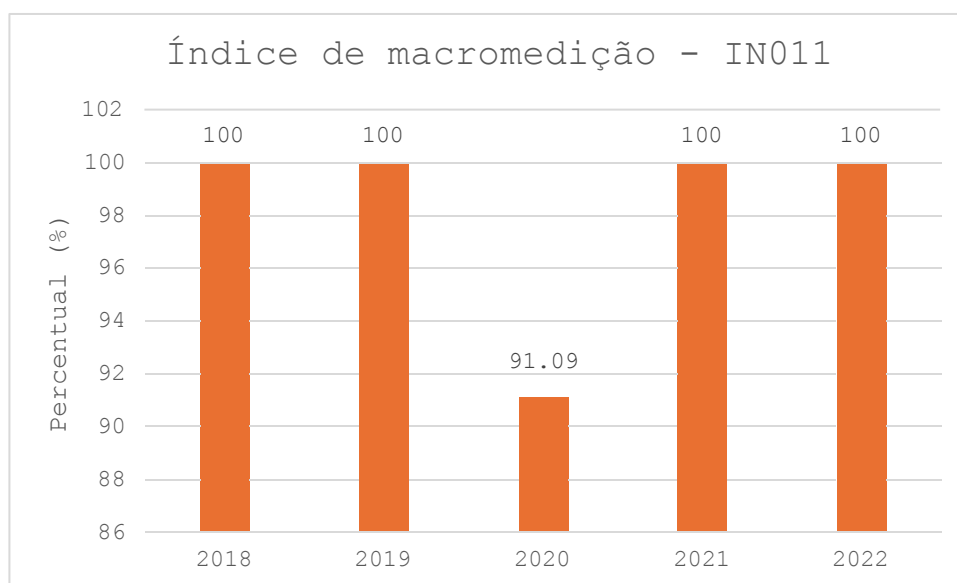


Fonte: Autoria Própria

5.2.2 IN011 – Índice de macromedição

A variação do índice de macromedição no município de Baraúna foi quase inexistente ao longo dos cinco anos analisados. O único destaque é para o ano de 2020, onde houve uma variação para menos de 8,91% em relação aos anos anteriores e posteriores como é possível observar no gráfico abaixo.

Gráfico 7: IN011 – Índice de macromedição de Baraúna



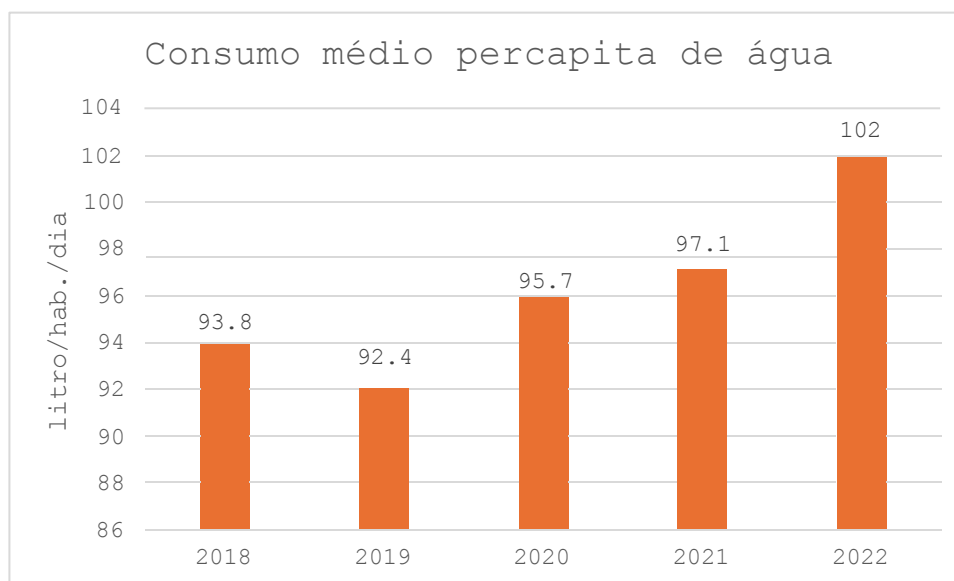
Fonte: Autoria Própria

Esse equilíbrio é notável e digno de destaque, pois demonstra o comprometimento de Baraúna em manter a eficiência do sistema de distribuição de água ao longo dos anos, resultando em um uso mais consciente dos recursos hídricos. Vale salientar que esse índice remete diretamente a quantidade de água disponibilizado na saída da ETA's para a população.

5.2.3 IN022 – Consumo médio per capta de água

O consumo médio por habitante da cidade de Baraúna, de acordo com o gráfico vem aumentando a partir do ano de 2019 em uma média de 3 litros/hab./dia.

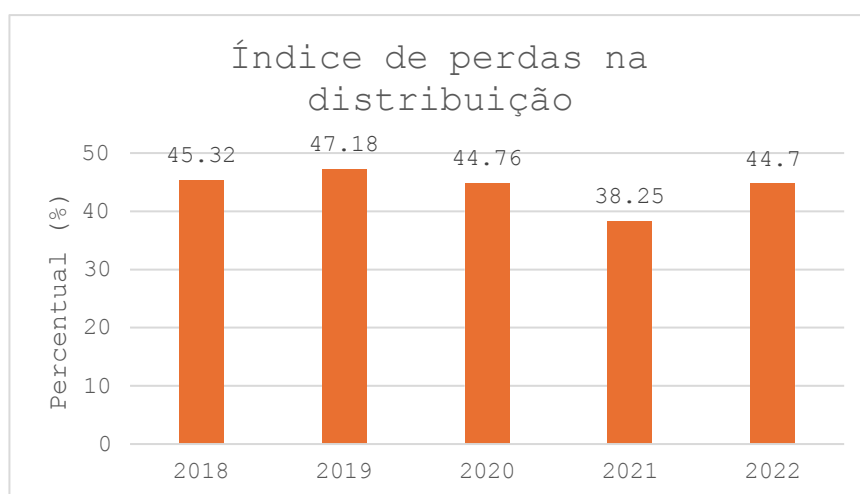
Esse aumento de consumo pode-se relacionar diretamente com o dado do IN011, onde a população com o passar dos anos está tendo quase 100% de quantidade disponibilizada desde a sua captação até a distribuição.

Gráfico 8: IN022 – Consumo médio per capita de água de Baraúna

Fonte: Autoria Própria

5.2.4 IN049 – Índice de perdas na distribuição

A análise dos índices mostrou uma variabilidade com pontos positivos e negativos. Temos que destacar o período entre os anos de 2019 a 2021 onde houve uma significativa redução nas perdas na distribuição de 8,93%, porém para o ano de 2022 houve um aumento de 6,45 % como mostrado no gráfico 9.

Gráfico 9: IN049 – Índice de perdas na distribuição de Baraúna

Fonte: Autoria Própria

Esse aumento, em comparação com os anos anteriores, é notável e requer uma análise mais aprofundada das razões que levaram a esse.

A média de 44,042% ao longo do período destaca a persistência das perdas na distribuição de água em Baraúna, e isso reforça a necessidade de medidas que visem à redução dessas perdas e ao aprimoramento da eficiência do sistema.

Dessa forma a cidade de Baraúna necessita de estratégias que corrijam essa perda para que não haja aumento desse índice, como por exemplo instalar medidores de vazão e pressão em pontos estratégicos para monitorar variações que indiquem vazamentos, como também implementar processos ágeis para reparo imediato de vazamentos identificados.

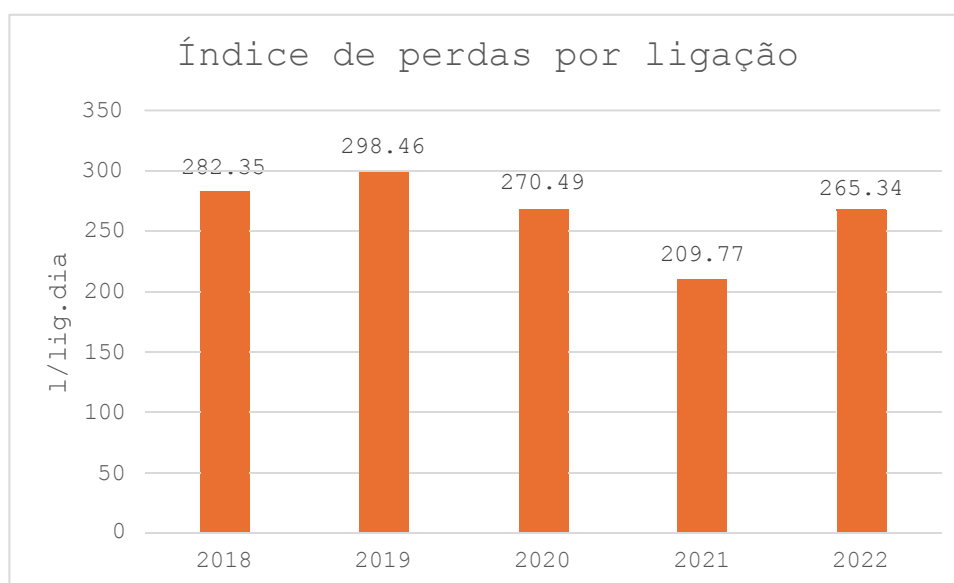
5.2.5 IN051 – Índice de perdas por ligação

Ao avaliar os índices de perdas por ligação em Baraúna nos últimos 5 anos, observamos uma média constante de 265,28 (L, lig./dia). Porém vale destacar que entre os anos de 2019 a 2021 houve um decaimento desse índice.

Essa diminuição entre os anos de 2019 a 2021 obedeceu o mesmo padrão do IN049, onde houve diminuição durante o mesmo período, porém ao passar para 2021 ambos tiveram um aumento notório em seus índices.

É necessário investigar as circunstâncias específicas desse ano que levaram a esse valor mais alto em comparação com os anos subsequentes. Pode ter havido eventos excepcionais ou fatores pontuais que influenciaram esse resultado

Gráfico 10: IN051 – Índice de perdas por ligação de Baraúna



Fonte: Autoria Própria

Dessa forma a cidade de Baraúna necessita de estratégias que corrijam essa perda para que não haja aumento desse índice, como por exemplo garantir que todas as novas ligações tenham medidores de alta precisão para evitar perdas, além de realizar testes e trocas periódicas de medidores para garantir precisão nas leituras.

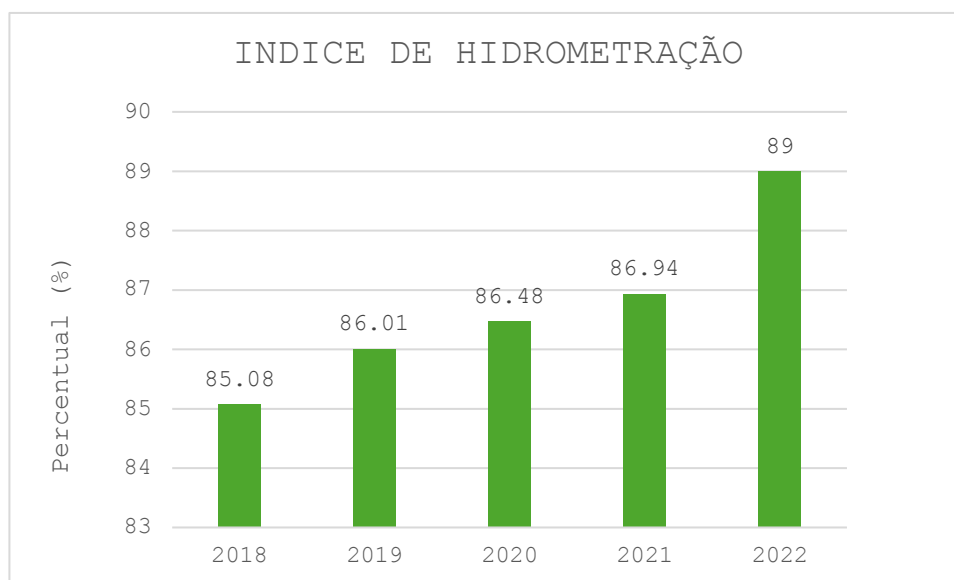
5.3 Análise da série histórica de Mossoró

5.3.1 IN009 – Índice de hidrometração ou micromedicação de Mossoró

Na análise dos resultados referentes ao índice de hidrometração em Mossoró, foi registrado que em 2022 esse índice atingiu o valor de 89%. Tal resultado denota um aumento em relação ao ano anterior, 2021, quando se encontrava em 86,94%, como pode-se observar no gráfico abaixo.

Para o município esses valores são negativos, considerando as análises feitas com Apodi e Baraúnas que são cidades menos desenvolvidas, terem valores mais satisfatórios na casa dos 90%, apresentando melhor relação entre ligações ativas e medidas.

Gráfico 11: IN009 – Índice de hidrometração

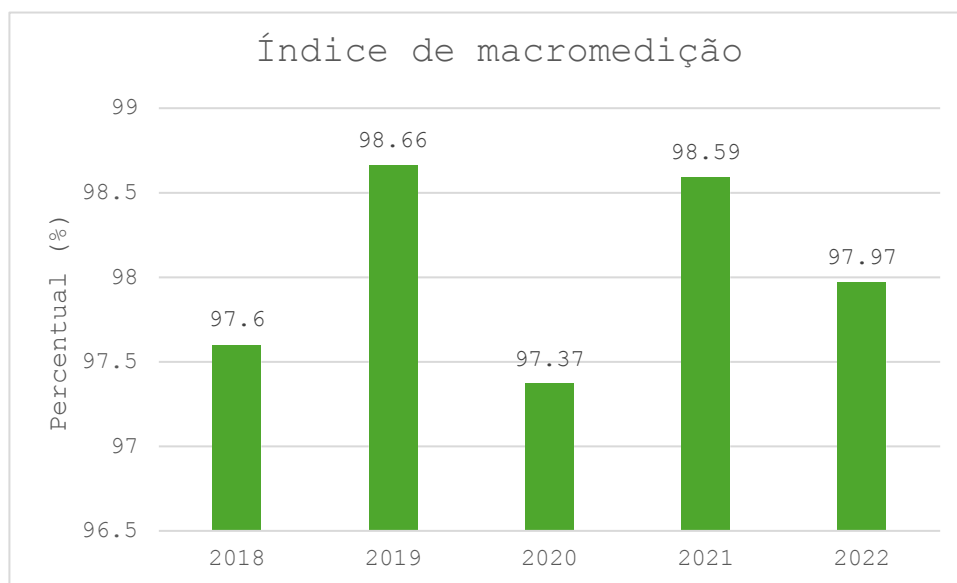


Fonte: Autoria Própria

5.3.2 IN011 – Índice de macromedicação

Na análise dos índices de macromedicação de água em Mossoró, abrangendo o período de 2018 a 2022, observa-se um cenário caracterizado por estabilidade global, com flutuações anuais. Os valores anuais registrados estão presente no Gráfico 12.

Gráfico 12: IN011 – Índice de macromedicação de Mossoró



Fonte: Autoria Própria

A média dos índices ao longo desses 5 anos permaneceu praticamente constante, em torno de 98,038%, indicando uma tendência central estável. Destaca-se também o baixo desvio padrão, calculado em 0,577%, o que sugere que as variações anuais não se afastam significativamente da média.

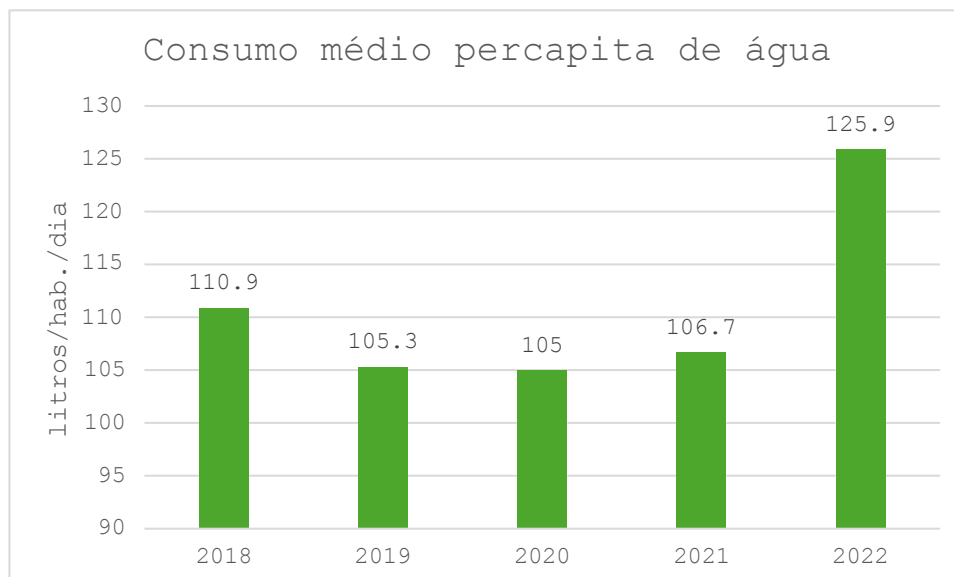
Em síntese, a análise dos índices de macromedicação em Mossoró aponta para estabilidade ao longo dos anos. A média e o baixo desvio padrão refletem uma consistência nas medições, com variações anuais relativamente pequenas em relação à tendência central.

5.3.3 IN022 – Consumo médio per capta de água

O consumo per capta de água da população do município de Mossoró, vem variando ao longo dos 5 anos de análise, essa variação ajuda o sistema de distribuição de água, pois esse dado é de extrema importância para o controle e gestão desse serviço. Dessa forma o gráfico mostra os dados coletados dos 5 anos analisados.

Vale destacar que para o ano de 2022, o consumo aumentou em 19,2 litros/hab./dia comparado ao ano anterior e possuiu uma média de 110,76 litros/hab./dia para todo o período analisado.

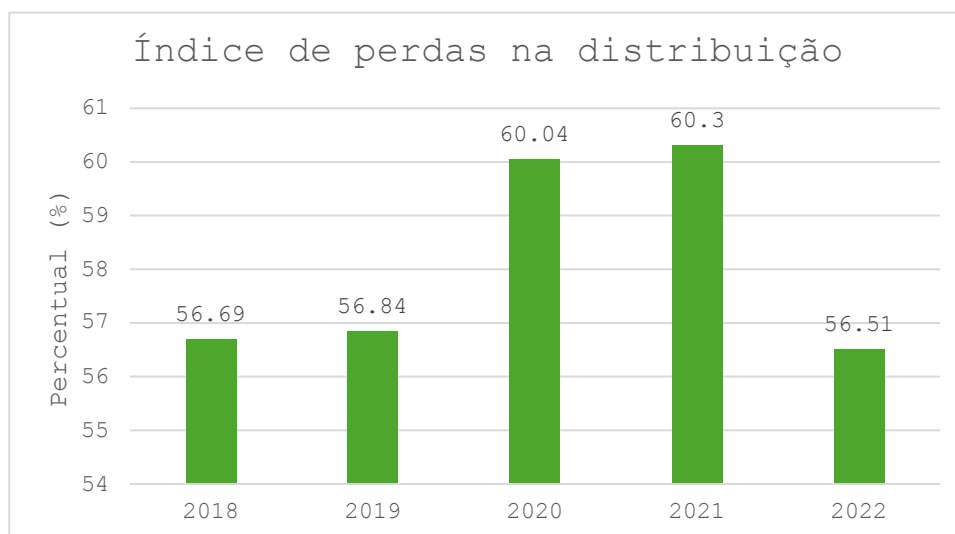
Gráfico 13: IN022 – Consumo médio per capita de água de Mossoró



Fonte: Autoria Própria

5.3.4 IN049 – Índice de perdas na distribuição

Na análise dos índices de perdas na distribuição do município de Mossoró é possível notar uma piora entre os anos de 2019 a 2021, aumentando cerca de 3,2% como mostra o gráfico 14. Porém para o ano de 2022 houve uma queda considerável em relação a 2021 de 3,79% mantendo-se em 56,51%, alcançando o nível mais baixo de perdas desde 2018 além de estar abaixo da média para todo o período analisado, que foi de 58%.

Gráfico 14: IN049 – Índice de perdas na distribuição de Mossoró

Fonte: Autoria Própria

Essa melhoria notável nas perdas na distribuição levanta questões sobre as medidas implementadas para alcançar esse resultado. Seria de interesse aos órgãos públicos responsáveis examinar as estratégias adotadas e entender como elas afetam a gestão dos recursos hídricos no município. Esta conquista representa um passo significativo em direção a uma gestão mais eficiente e sustentável dos recursos de água em Mossoró.

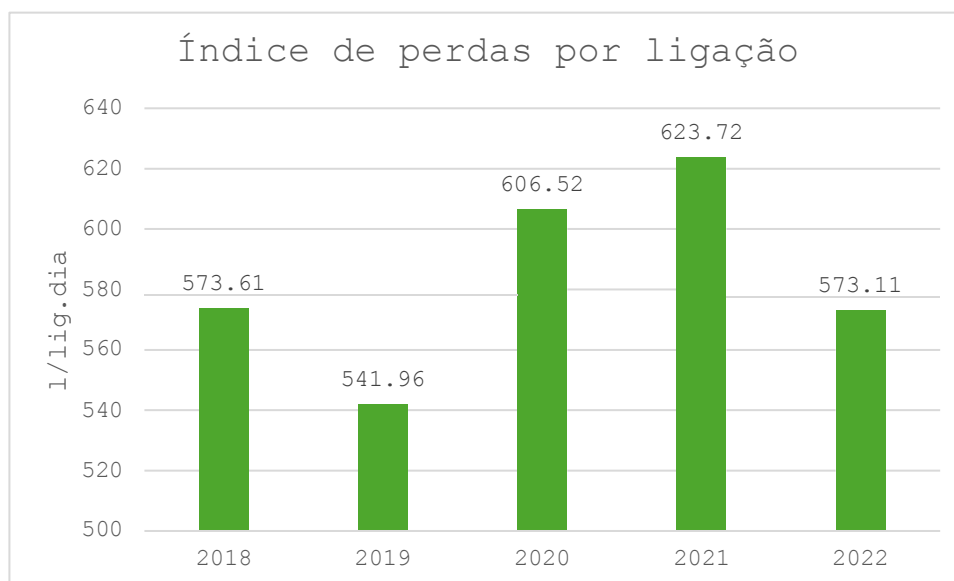
Dessa forma a cidade de Mossoró necessita de estratégias urgentes que corrijam essa perda para que o cenário não piore, como por exemplo dividir o sistema em setores menores para facilitar a identificação e controle de perdas, substituir tubulações antigas e danificadas, utilizar sistemas automáticos que otimizem o controle e detectem anomalias rapidamente, monitorar conexões e juntas para evitar perdas pontuais, entre outras medidas corretivas.

5.3.5 IN051 – Índice de perdas por ligação

Ao analisar-mos o resultado dos índices para Mossoró, percebe-se uma variação relativamente parecida com o IN049 da mesma cidade. Em média Mossoró ao longo de 5 anos possui cerca de 538,784 litros perdidos por ligação.

Mas podemos destacar a diminuição significativa do ano de 2021 para 2022, representando uma baixa de 50,61 litros perdidos por ligação, alcançando 573,11 litros, sendo o segundo resultado mais baixo depois de 2019.

Esses resultados ressaltam a eficácia das medidas implementadas para reduzir as perdas comerciais de água em Mossoró e indicam uma tendência positiva na gestão desse importante aspecto dos sistemas de abastecimento de água.

Gráfico 15: IN051 – Índice de perdas por ligação de Mossoró

Fonte: Autoria Própria

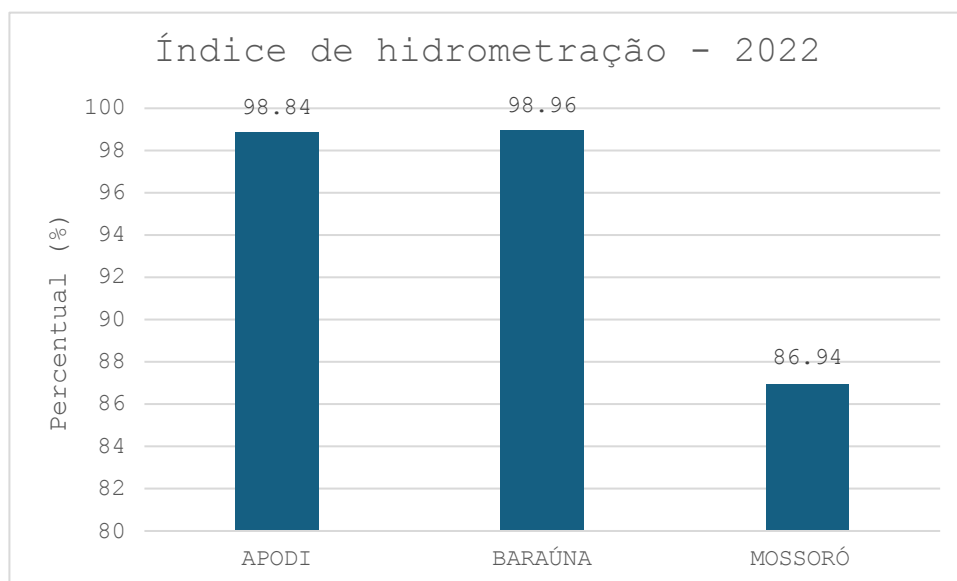
Dessa forma a cidade de Mossoró necessita de estratégias urgentes que corrijam essa perda para que o cenário não piore, como por exemplo identificar e regularizar ligações clandestinas que geram perda de água comercial, regularmente calibrar medidores para evitar submedição e garantir acuracidade, implementar medidores com telemetria para monitorar o consumo em tempo real e identificar perdas, detectar e corrigir ligações que conectam duas propriedades ilegalmente, entre outras medidas

5.4 Comparativo entre os 3 municípios no ano de 2022

5.4.1 IN009 – Índice de hidrometração ou micromedição dos 3 municípios no ano de 2022

Ao analisar os índices de hidrometração nos três municípios estudados no ano de 2022, a comparação revela diferenças notáveis de Mossoró em relação as outras duas cidades. Apodi e Baraúna apresentaram um valor percentual aceitável com uma diferença entre eles de apenas 0,12 pontos percentuais.

Por outro lado, Mossoró apresentou no último ano de 2022 cerca de 86,94%, como mostra o gráfico 16.

Gráfico 16: IN009 – Índice de hidrometração dos 3 municípios em 2022

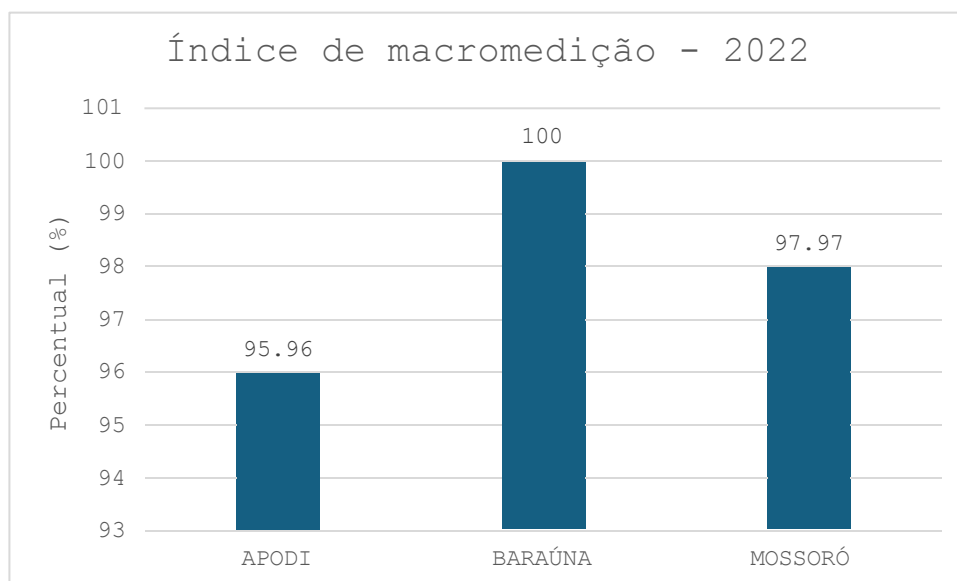
Fonte: Autoria Própria.

5.4.2 IN011 – Índice de macromedição dos 3 municípios em 2022

Na análise comparativa da macromedição dos 3 municípios em 2022, ficou claro e evidente que a cidade de Baraúna é exemplo obtendo um percentual de 100. Logo as cidades de Mossoró e Apodi que são mais populosas não conseguiram entregar esse mesmo desempenho resultando em uma média de 96,96% de alto volume de água que é disponibilizada para o transporte após sair de suas ETA's.

Baraúna pode servir como um exemplo a ser considerado na busca por estratégias e medidas eficazes para melhorar a eficiência na distribuição de água e reduzir as perdas.

Os dados detalhados dessas análises estão apresentados no gráfico abaixo, permitindo uma visualização mais aprofundada das tendências e comparações discutidas anteriormente.

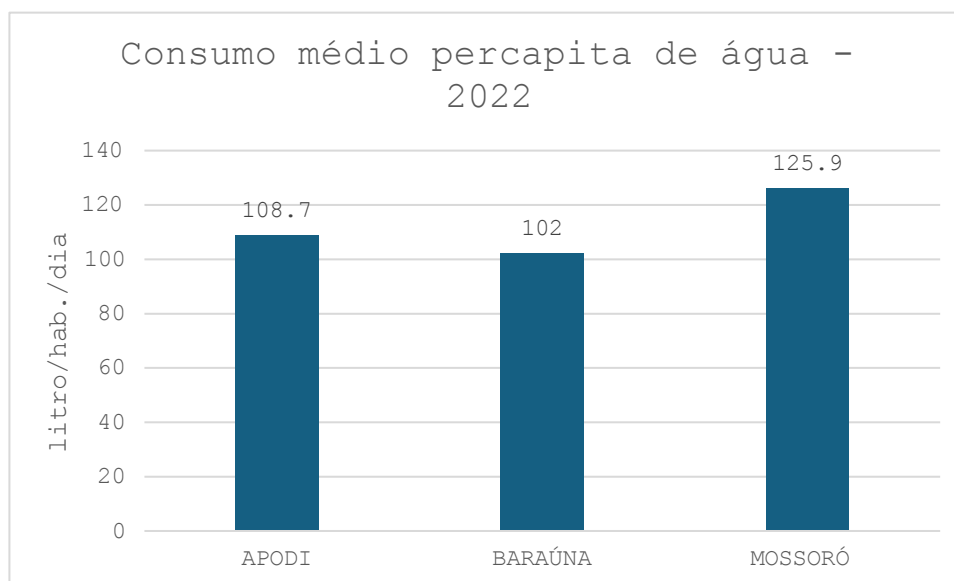
Gráfico 17: IN011 – Índice de macromedição dos 3 municípios em 2022

Fonte: Autoria Própria

5.4.3 IN022 – Consumo médio per capta de água dos 3 municípios em 2022

Ao comparar os consumos dos três municípios no ano de 2022, percebe-se que a cidade de Mossoró apresenta o maior consumo das três com 125,9 litros/hab./dia, visto que ela também apresenta o maior nível de densidade demográfica com 126,03 hab/km².

Em contrapartida a cidade de Baraúna apresenta o menor consumo de água em relação a Apodi, porém não acompanham os respectivos dados demográficos onde Apodi possui uma densidade de 10,07 hab/km². Logo o gráfico abaixo demonstrar os valores comparativos para os 3 municípios.

Gráfico 18: IN022 – Consumo médio per capita de água dos 3 municípios em 2022

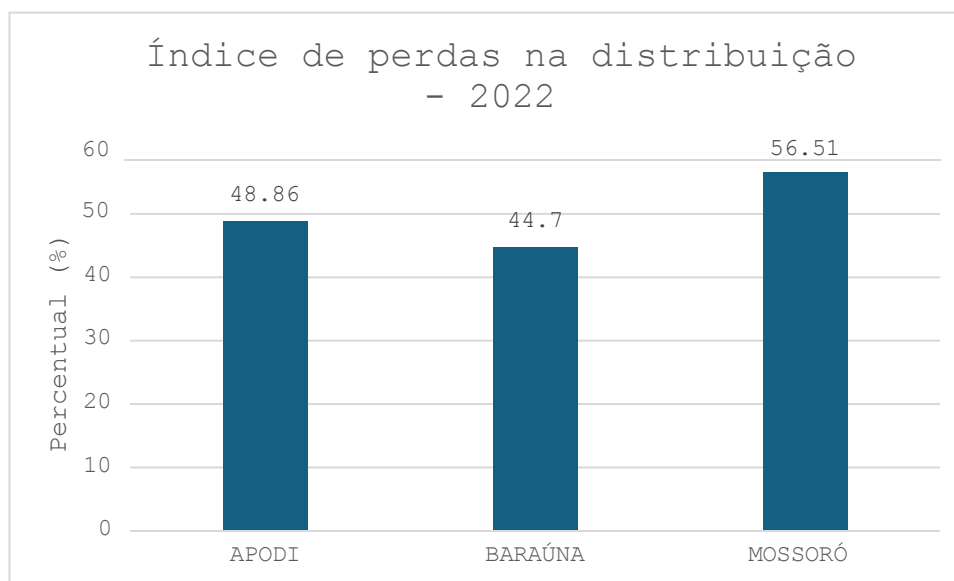
Fonte: Autoria Própria

5.4.4 IN049 – Índice de perdas na distribuição dos 3 municípios em 2022

Ao comparar os índices de perdas na distribuição nos três municípios estudados no ano de 2022, podemos destacar algumas tendências significativas. Mossoró e Apodi apresentaram os maiores índices de perdas na distribuição, registrando 56,51% e 48,86%, respectivamente.

Por outro lado a cidade de Baraúna apresentou o menor índice abaixo de 50%, o que o coloca em uma posição mais favorável em comparação com os outros municípios estudados.

Ressaltando a necessidade de realizar estudos mais aprofundados nos demais municípios que ainda não alcançaram reduções significativas em suas perdas na distribuição Baraúna pode servir como um exemplo a ser considerado na busca por estratégias e medidas eficazes para melhorar a eficiência na distribuição de água e reduzir as perdas.

Gráfico 19: IN049 – Índice de perdas na distribuição dos 3 municípios em 2022

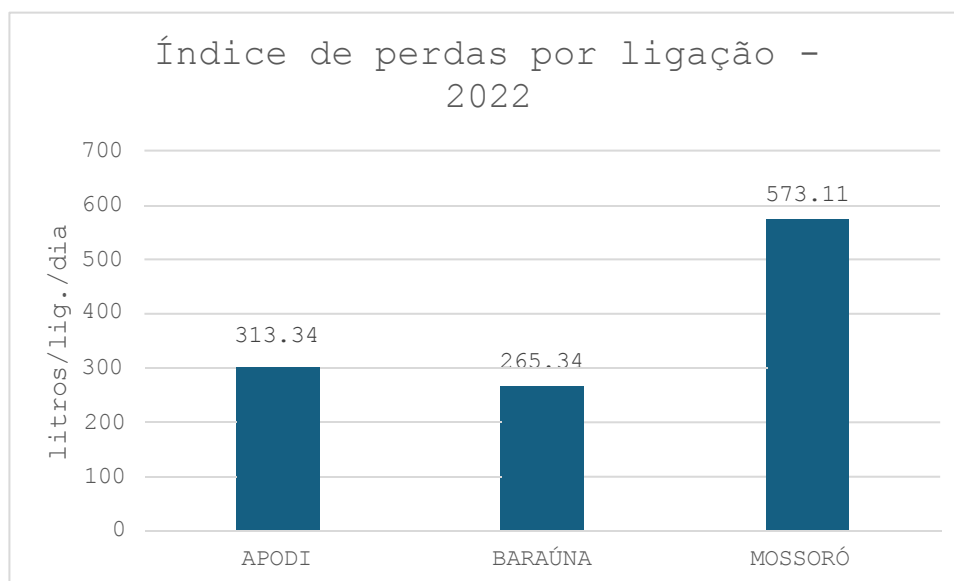
Fonte: Autoria Própria

5.4.5 IN051 – Índice de perdas por ligação dos 3 municípios em 2022

No ano de 2022, ao analisarmos o índice de perdas por ligação nos três municípios estudados - Apodi, Baraúna e Mossoró - observamos uma discrepância significativa entre eles. Baraúna continua a apresentar o menor índice, com 265,34 (L/lig./dia), seguido de Apodi com índice de 313,34.

No entanto, chama a atenção a situação de Mossoró, o segundo município mais populoso do estado do Rio Grande do Norte, que registra o maior índices de perdas por ligação, com valor de 517,11.

Essa discrepância entre os municípios mais populosos e os demais indica a necessidade de uma análise mais aprofundada e de medidas específicas para reduzir as perdas por ligação em Mossoró. Esses dados ressaltam a importância de uma gestão eficiente dos recursos hídricos e a necessidade de medidas direcionadas para cada realidade municipal como podemos visualizar no Gráfico 20.

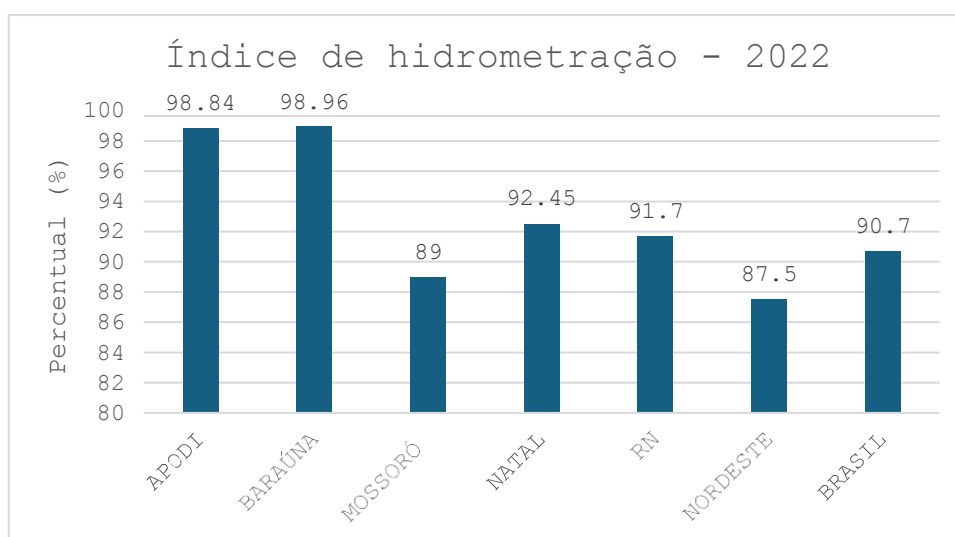
Gráfico 20: IN051 – índice de perdas por ligação dos 3 municípios em 2022

Fonte: Autoria Própria

5.5 Comparativo dos 3 municípios em esfera estadual, regional e nacional em 2022

5.5.1 IN009 – Índice de hidrometração para 2022

Quando fazemos essa análise mais abrangente da realidade em 2022 do índice de hidrometração, podemos perceber que os municípios de Apodi e Baraúna, servem de exemplo possuindo índices de 98,84 % e 98,96% respectivamente, estando bem acima da média estadual, regional e nacional, apresentando 91,7%, 87,5% e 90,7% respectivamente.

Gráfico 21: IN009 – índice de hidrometração dos 3 municípios em esfera estadual, regional e nacional em 2022

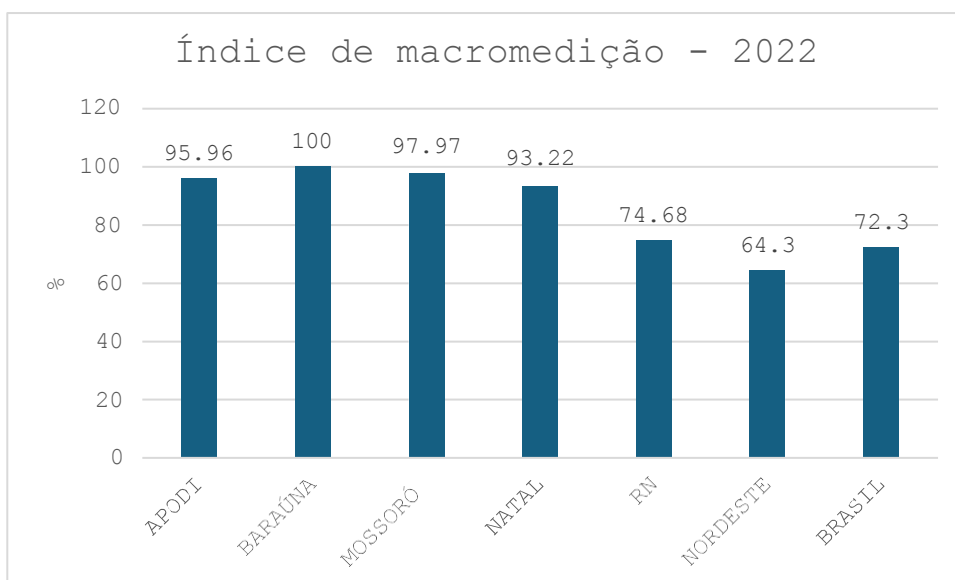
Fonte: Autoria Própria

Vale destacar que Apodi e Baraúna apresentam resultados para esse índice melhores que a capital do estado Natal, com 92,45%. Dessa forma as cidades de Apodi e Baraúna servem como um exemplo a ser considerado na busca por estratégias e medidas eficazes para melhorar a eficiência na relação de ligações ativas e medidas.

5.5.2 IN011 – Índice de macromedição para 2022

Para o IN011 em 2022, percebe-se que os municípios estudados possuem destaque muita acima da média estadual, regional e municipal, com diferenças chegando a 35,7 pontos percentuais, como é o caso da comparação do município de Baraúna com a média regional, possuindo 100% e 64,3% respectivamente como mostra o gráfico 22.

Gráfico 22: IN011 – índice de macromedição dos 3 municípios em esfera estadual, regional e nacional em 2022

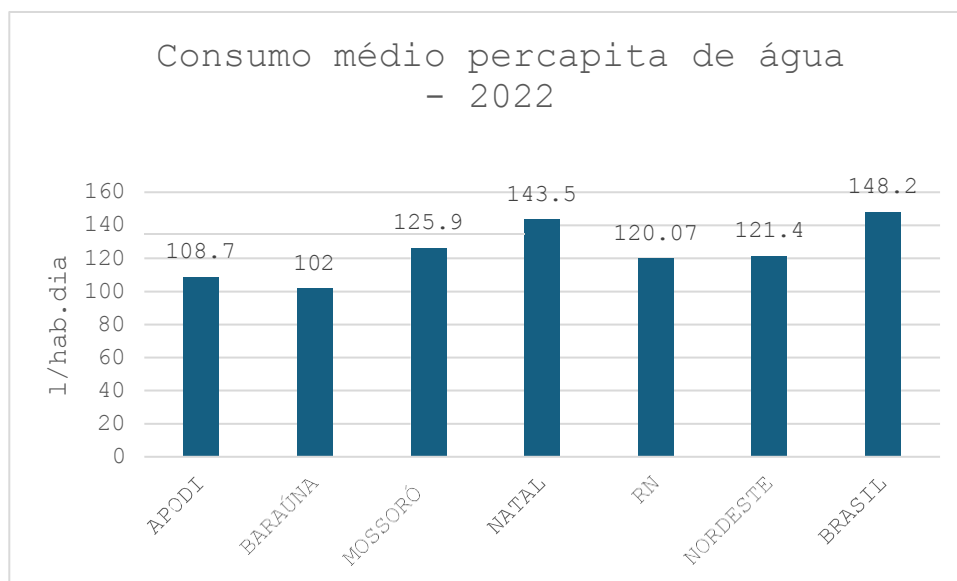


Fonte: Autoria própria

5.5.3 IN022 – Consumo médio per capita de água

Ao analisar-mos os consumos das diferentes regiões, podemos perceber resultados lógicos para cada uma delas, levando em consideração a densidade demográfica de cada local. Os índices nacionais superaram todos os outros, seguido da capital do estado Natal, por tem uma densidade demográfica superior as outras regiões.

Gráfico 23: IN022 – consumo médio per capita de água dos 3 municípios em esfera estadual, regional e nacional em 2022



Fonte: Autoria própria

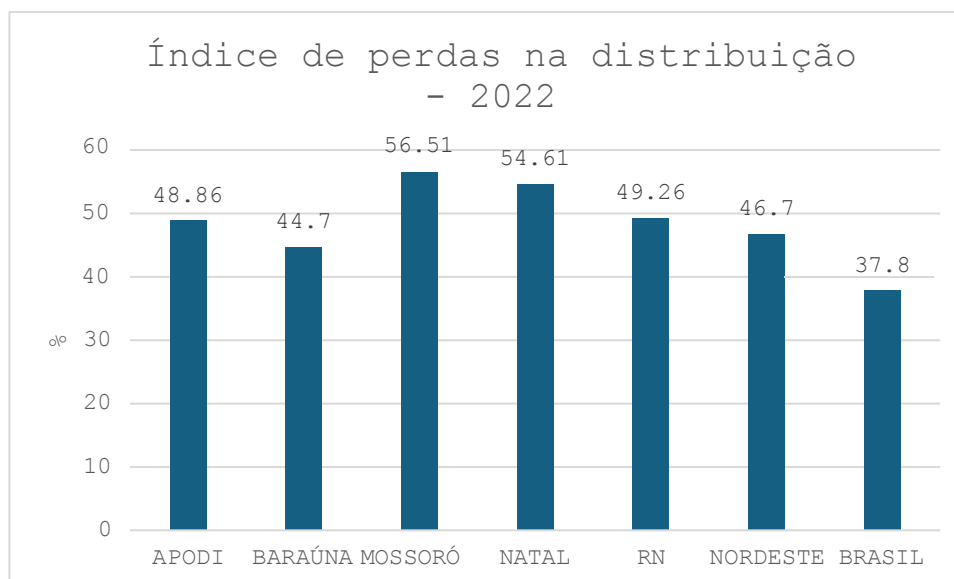
5.5.4 IN049 – Índice de perdas na distribuição

No contexto nacional, o Brasil registrou um índice de perdas na distribuição de 37,8% no ano de 2022. Na região Nordeste, esse índice foi ainda mais alto, atingindo 46,7%, e no estado do Rio Grande do Norte, as perdas na distribuição foram de 49,26%.

Nesse cenário vale salientar que os dois municípios mais populoso do estado apresentaram os maiores índices, Mossoró com 56,51% e Natal com 54,61%, ficando acima dos panoramas gerais de forma preocupante, pois isso significa que nessas regiões, metade da água disponibilizada para consumo é perdida durante o seu transporte até a população.

Ressaltando a necessidade de realizar estudos mais aprofundados nos demais municípios que ainda não alcançaram reduções significativas em suas perdas na distribuição. Baraúna pode servir como um exemplo a ser considerado na busca por estratégias e medidas eficazes para melhorar a eficiência na distribuição de água e reduzir as perdas. Os dados detalhados dessas análises estão apresentados no gráfico abaixo, permitindo uma visualização mais aprofundada das tendências e comparações discutidas anteriormente.

Gráfico 24: IN049 – índice de perdas na distribuição dos 3 municípios em esfera estadual, regional e nacional em 2022



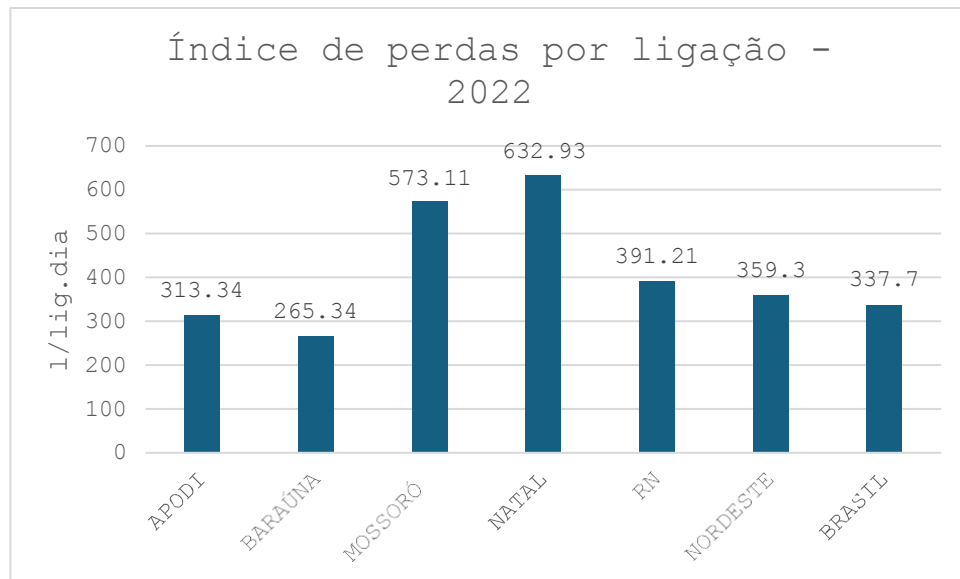
Fonte: Autoria própria

5.5.5 IN051 – Índice de perdas por ligação

No ano de 2022, ao analisarmos, chama a atenção a situação de Mossoró e Natal, os dois municípios mais populosos do estado do Rio Grande do Norte, que registram os maiores índices de perdas por ligação, com valores de 573,11 e 632,93, respectivamente. Esses números são críticos, especialmente considerando o panorama nacional, onde as perdas por ligação são de 337,7 (L/lig./dia), e na região Nordeste, onde os índices chegam a 359,3 (L/lig./dia). No estado do Rio Grande do Norte, esses valores alcançam 391,21 (L/lig./dia).

Essa diferença entre os municípios mais populosos e os demais indica a necessidade de uma análise mais aprofundada e de medidas específicas para reduzir as perdas por ligação em Mossoró e Natal. Por outro lado, Apodi e Baraúna estão em uma posição mais favorável, com índices abaixo dos valores registrados no panorama da Região Nordeste e do estado do RN. Esses dados ressaltam a importância de uma gestão eficiente dos recursos hídricos e a necessidade de medidas direcionadas para cada realidade municipal como podemos visualizar no Gráfico 25.

Gráfico 25: IN051 – índice de perdas por ligação dos 3 municípios em esfera estadual, regional e nacional em 2022



Fonte: Autoria própria

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na conclusão deste estudo, os objetivos propostos foram plenamente alcançados, fornecendo uma análise abrangente dos indicadores operacionais de água nos municípios de Apodi, Baraúna e Mossoró localizados no estado do Rio Grande do Norte. Os resultados obtidos revelam uma variação significativa nos índices de hidrometração, macromedição, consumo médio per capta de água, perdas na distribuição e perdas por ligação entre os municípios analisados.

Este estudo ressaltou a relevância de uma gestão eficaz dos recursos hídricos, já que todos os índices apresentam sua importância para que as perdas sejam analisadas e não afetem negativamente a eficiência operacional dos sistemas de abastecimento de água e contribuam para o desperdício de um bem vital para a vida. O município de Mossoró destacou-se negativamente, apesar de manter certo equilíbrio nas variações, as taxas ainda são muito altas para o segundo município mais populoso do estado. Logo em seguida a cidade de Apodi também preocupa, levando em consideração que nos últimos anos foi observado um aumento em todos os índices, inclusive nas perdas, o que nos leva a necessidade de medidas corretivas e políticas direcionadas para melhorar a eficiência dos sistemas de abastecimento de água nessas áreas.

Além disso, este estudo também enfatizou a importância do uso de dados e análises estatísticas na gestão do recurso hídrico, analisando a quantidade de água disponibilizada desde a sua captação até a saída da ETA, como também o consumo per capta médio que possibilita os gestores terem um parâmetro de evolução ou não, o que afeta diretamente a distribuição de água no município e o aprimoramento dos sistemas para evitar as perdas.

Dessa forma a análise desses índices se complementam para que o gerenciamento e um futuro planejamento possa ser feito para atender melhor a população.

A aplicação de ferramentas como os indicadores operacionais e a criação de planilhas eletrônicas possibilita uma compreensão mais aprofundada dos problemas existentes e facilita a tomada de decisões embasadas em evidências.

Para pesquisas futuras, sugere-se explorar estratégias específicas para reduzir as perdas de água nos municípios identificados como críticos, além de analisar o impacto das políticas públicas e dos investimentos em infraestrutura na eficiência dos sistemas de abastecimento. Estudos comparativos com outras regiões do Brasil também podem enriquecer o conhecimento sobre o tema e oferecer contribuições valiosas para a melhoria da gestão dos recursos hídricos em todo o país.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, S.C. Distribuição parcial de indicadores operacionais de serviço de abastecimento de água no Nordeste brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal – PB, v.11, n.1, p. 20-28, jan.-mar., 2016.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília: Funasa 2015.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília: Funasa, 2019.

CUNHA, B.S; SANTOS, S.M; GONZALES, B.C. **Gestão de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento**. São Paulo – SP, v.69, n 230, p. 67-86, abr-jun, 2021.

CAERN. Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. A Companhia. RN, 2020. Disponível: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/caern/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARGET=496&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=A+Caern>>. Acesso em: 10 jul de 2024.

International Water Association (IWA). **Performance Indicator for Water Supply Services**. London. Tradução do Instituto Regulador de Águas. Portugal. 2004

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estado: Rio Grande do Norte, 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/panorama>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades: Apodi, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/apodi/panorama>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades: Baraúna, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/barauna.html>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades: Mossoró, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/mossoro.html>

INSOSAMBAS. Cidades: Apodi, 2024. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/apodi-rn/>

OLIVEIRA, M.L; NETTO, O.M.C. **Indicadores de Desempenho de Sistema de Abastecimento de Água para uma Análise Integrada**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Florianópolis, SC. 2017.

PHILIPPI JR, A.; GALVÃO JR, A. DE C. **Gestão do saneamento básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. 1º. ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

VIEIRA, J. M. P.; BAPTISTA, J. M. **Indicadores de Desempenho para Melhoria dos Serviços de Saneamento Básico**. Rev. Eng. Civil, n. 33, p. 87-112, 2008.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2022. **Diagnóstico Temático, Serviços de Água e Esgoto**. Brasília, 2023.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2024. Governo Federal. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano. Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2024. Governo Federal. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano. Indicadores de Coleta. Brasília. Disponível em: http://appsniis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua_esgoto/mapa-agua?codigo=24

SENEACRE. Serviço de Água e Esgoto do Estado do Acre, 2024. Oque é e Como Funciona um Sistema de Abastecimento de Água. Disponível em: <https://saneacre.ac.gov.br/o-que-e-e-como-funciona-um-sistema-de-abastecimento-de-agua/>

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. 3º Ed. São Paulo: Departamento de engenharia hidráulica e sanitária da escola politécnica da universidade de São Paulo, 2006.