



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

AMANDA PAIVA FERNANDES

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ESPACIALIZAÇÃO DE INDICADORES
DO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NAS MACRORREGIÕES DO
ESTADO DO CEARÁ**

CRATEÚS

2022

AMANDA PAIVA FERNANDES

GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ESPACIALIZAÇÃO DE INDICADORES DO
SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NAS MACRORREGIÕES DO ESTADO DO
CEARÁ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Larissa Granjeiro
Lucena

CRATEÚS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F398g Fernandes, Amanda.
Geoprocessamento aplicado à espacialização de indicadores do serviço de abastecimento de água nas macrorregiões do estado do Ceará / Amanda Fernandes. – 2022.
44 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Crateús, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Larissa Granjeiro Lucena.
1. Abastecimento de água. 2. Geoprocessamento. 3. Indicadores operacionais de água. 4. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). I. Título.

CDD 628

AMANDA PAIVA FERNANDES

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ESPACIALIZAÇÃO DE INDICADORES
DO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NAS MACRORREGIÕES DO
ESTADO DO CEARÁ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Larissa Granjeiro Lucena

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Larissa Granjeiro Lucena (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Alan Michell Barros Alexandre (Examinador interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Esp. Maxwell Onajart Abidiel Junior de Souza (Examinador externo)
Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE)

Ao meu avô, Manuel Correia

“Afinal, aquilo que amamos sempre será parte
de nós”

Harry Potter

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, Aurélio e Fátima, por todo o apoio, amor e segurança que me transmitiram durante a graduação e a vida.

Aos meus avós, por alimentarem a certeza de que eu estava no caminho certo.

A Dara Dayanna, Maria Nazaré e Diego Saymon, pela amizade, companheirismo e todo o apoio que me dedicaram na universidade e na vida.

Aos meus colegas de graduação, por todos os ensinamentos e momentos de alegria que tornaram minha trajetória acadêmica mais leve.

Aos amigos e familiares, que vibraram e torceram por mim desde o momento em que decidi me tornar engenheira ambiental e sanitária.

À minha orientadora, professora Larissa, por todos os ensinamentos durante a graduação, e por todo o suporte durante a realização deste trabalho.

A todos que contribuíram de alguma forma ao longo destes anos de estudo para que eu me tornasse uma profissional melhor.

“Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é hora de compreender mais para temer menos.”

(Marie Curie)

RESUMO

Aumentar o atendimento básico de saneamento é uma das metas mais desafiadoras do Brasil. O Ceará, considerado o estado mais seco do Nordeste, tende a enfrentar com maior intensidade as dificuldades em garantir o acesso ao saneamento básico. Estudar e analisar indicadores operacionais de água, é uma maneira de compreender a realidade de um dos pilares do saneamento: o serviço de abastecimento de água. O presente trabalho objetivou avaliar o abastecimento de água das macrorregiões do estado do Ceará nos anos de 2010 e 2020 por meio da espacialização de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) através do software QGIS versão 3.18. Metodologicamente, a pesquisa é fundamentada pelo método quali-quantitativo e pode ser classificada como uma pesquisa aplicada. O cálculo e tratamento de dados se deu através da utilização do Software Excel 365 Educação, que posteriormente foram apresentados espacialmente por meio de mapas temáticos. Dessa forma obteve-se o resultado dos indicadores: índice de atendimento total de água (IN055), índice de consumo de água (IN052), consumo médio per capita de água (IN022), e índice de perdas na distribuição (IN049). Considerando o modelo de classificação da Agência Reguladora de Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARCE), constata-se que os dados apresentados pelas macrorregiões para o índice de atendimento total de água não são satisfatórios, visto que todas as 14 macrorregiões se classificaram como “ruim” nos anos de 2010 e 2020. Quanto ao índice de perdas na distribuição, a média geral do estado do Ceará passou de 24,9% no ano de 2010 para 34,8% no ano de 2020, o que representa um fator negativo. Para o consumo médio per capita de água, o estado apresentou valores “baixos” para todo o estado no ano de 2010 e 2020, com exceção da macrorregião Sertão Central, que apresentou um índice “alto” no ano de 2020. Em relação ao índice de consumo de água, a média geral do estado do Ceará expressou valores próximos a média geral do Brasil nos anos de 2010 e 2020. Portanto, no período estudado, os indicadores avaliados apresentaram, de modo geral, pouca ou nenhuma evolução se comparados a dez anos atrás. Isso mostra que ainda há necessidade de ampliação da prestação de serviço de abastecimento de água no estado do Ceará, logo, é de extrema importância que haja a elaboração de estratégias que mudem esse cenário positivamente de forma ágil e consistente.

Palavras-chave: Abastecimento de água; Geoprocessamento; Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); Indicadores operacionais de água.

ABSTRACT

Increasing basic sanitation services is one of Brazil's most challenging goals. Ceará, considered the driest state in the Northeast, tends to face more intensely the difficulties in guaranteeing access to basic sanitation. Studying and analyzing operational water indicators is a way of understanding the reality of one of the pillars of sanitation: the water supply service. The present work aimed to evaluate the water supply of the macro-regions of the state of Ceará in the years 2010 and 2020 through the spatialization of data from the National Sanitation Information System (SNIS) using the QGIS software version 3.18. Methodologically, the research is based on the quali-quantitative method and can be classified as applied research. The calculation and treatment of data took place through the use of Excel 365 Education Software, which were later presented spatially through thematic maps. In this way, the results of the indicators were obtained: index of total water supply (IN055), index of water consumption (IN052), average per capita consumption of water (IN022), and index of losses in distribution (IN049). Considering the classification model of the Regulatory Agency of Public Services Delegated of the State of Ceará (ARCE), it appears that the data presented by the macro-regions for the total water service index are not satisfactory, since all 14 macro-regions were classified as “bad” in the years 2010 and 2020. Index of losses in distribution, the general average of the state of Ceará varied from 24.9% in 2010 to 34.8% in 2020, which represents a negative factor. For average per capita water consumption, the state presented “low” values for the entire state in 2010 and 2020, with the exception of the Sertão Central macro-region, which presented a “high” index in 2020. Regarding the index of water consumption, the general average of the state of Ceará expressed values close to the general average of Brazil in the years 2010 and 2020. Therefore, in the studied period, the evaluated indicators presented, in general, little or no evolution when compared to ten years ago. This shows the need to expand the provision of water supply services in the state of Ceará, therefore, it is extremely important to develop strategies that positively change this scenario in an agile and consistent way.

Keywords: Water supply; Geoprocessing; National Sanitation Information System (SNIS); Operational water indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa das macrorregiões do Estado do Ceará	22
Figura 2 – Mapa do índice de atendimento total de água nas macrorregiões do estado do Ceará	27
Figura 3 – Comparação do Índice de atendimento total de água (IN055) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010	28
Figura 4 – Comparação do Índice de atendimento total de água (IN055) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2020	29
Figura 5 – Mapa do índice de consumo de água nas macrorregiões do estado do Ceará.....	30
Figura 6 - Comparação do Índice de consumo de água (IN055) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010	31
Figura 7 - Comparação do Índice de consumo de água (IN055) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2020	31
Figura 8 – Mapa do consumo médio per capita de água nas macrorregiões do estado do Ceará	33
Figura 9 – Comparação do Consumo médio per capita de água (IN022) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010	34
Figura 10 – Comparação do Consumo médio per capita de água (IN022) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2020	35
Figura 11 – Mapa do índice de perdas na distribuição nas macrorregiões do Estado do Ceará	36
Figura 12 – Comparação do índice de perdas na distribuição (IN049) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010	37
Figura 13 – Comparação do índice de perdas na distribuição (IN049) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2020	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores operacionais de água	15
(Continua).....	15
Tabela 1 – Indicadores operacionais de água	16
(Conclusão).....	16
Tabela 2 – Parâmetros de referência dos indicadores IN055 e IN049.....	23
Tabela 3 – Faixas de consumo de água com base em 45 municípios do Estado de Minas Gerais, Brasil.....	24
Tabela 4 – Número de participações das macrorregiões do Estado do Ceará no SNIS nos anos de 2010 e 2020.....	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARCE	Agência Reguladora do Estado do Ceará
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LAPIS	Laboratório de Análise e Processamento de Imagens e Satélites
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

© Copyright

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Apresentação do tema e contextualização do problema	8
1.2	Objetivos	9
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	9
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	9
1.3	Justificativa	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Abastecimento de água potável	11
2.1.1	<i>Abastecimento de água potável no Brasil</i>	11
2.1.2	<i>Abastecimento de água potável no Ceará</i>	12
2.2	Geoprocessamento	13
2.2.1	Sistema de Informações Geográficas	13
2.2.2	<i>Mapas temáticos</i>	14
2.3	Indicadores de serviço de abastecimento de água	14
2.3.1	<i>Índice de atendimento total de água (IN055)</i>	16
2.3.2	<i>Índice de consumo de água (IN052)</i>	17
2.3.3	<i>Consumo médio per capita de água (IN022)</i>	17
2.3.4	<i>Índice de perdas na distribuição (IN049)</i>	18
3	METODOLOGIA	20
3.1	Classificação do estudo	20
3.2	Área de estudo	20
3.3	Coleta e tratamento de dados	22
3.4	Parâmetros de referência para classificação dos indicadores	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	Participações das macrorregiões no diagnóstico do SNIS	25
4.2	Índice de atendimento total de água (IN055)	26
4.3	Índice de consumo de água (IN052)	30
4.4	Consumo médio per capita de água (IN022)	32
4.4	Índice de perdas na distribuição (IN049)	35
5	CONCLUSÕES	39

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do tema e contextualização do problema

Os serviços de saneamento básico são fatores determinantes na promoção da saúde e proteção ambiental. A população menos favorecida economicamente e geograficamente marginalizada é a mais atingida pela falta de saneamento, que tem como principal impacto a geração de doenças.

Nesse contexto, saneamento é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica (TRATA BRASIL, 2012). Os principais serviços de saneamento são: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Os sistemas de abastecimento de água têm a finalidade de possibilitar o suprimento desse líquido do ponto de vista qualitativo e quantitativo, de modo a atender as necessidades dos diversos usos (MOTA, 2016).

Abastecimento de água é um serviço essencial à vida das pessoas e das comunidades. Sua definição insere-se no conceito mais abrangente de saneamento, considerado, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), como o controle de todos os agentes do meio físico do homem, que desempenham ou podem desempenhar efeitos nocivos sobre seu bem-estar físico, mental ou social (HELLER e PÁDUA, 2010).

O acesso ao abastecimento de água e aos demais serviços de saneamento de modo adequado é um direito fundamental dos cidadãos, essencial para lhes assegurar condições dignas de habitação, cuidado e manutenção da saúde e preservação do meio ambiente (IBGE, 2020).

As instalações para abastecimento de água precisam estar qualificadas para fornecer água de qualidade, constante e acessível para a sociedade, além de atender aos interesses dos demais usuários dos mananciais utilizados, considerando as presentes e as futuras gerações (HELLER e PÁDUA, 2010).

Para avaliar as condições de abastecimento de água de um município ou estado, é importante buscar dados referentes aos indicadores dos serviços de abastecimento de água. O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, dispõe de informações do setor de saneamento básico do Brasil e realiza diagnósticos destes serviços.

O SNIS apoia-se em um banco de dados administrado na esfera federal, que contém

informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, de balanço contábil e de qualidade sobre a prestação de serviços de água, de esgotos, de manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais (BRASIL, 2020).

Para Viana, Castro e Rocha (2020), avaliar os indicadores de funcionamento dos serviços de saneamento básico prestados, somado com a aplicação de técnicas de geoprocessamento na criação de mapas temáticos, é uma ferramenta importante para a tomada de decisões, pois busca facilitar a identificação de deficiências, a fim de traçar estratégias que minimizem os problemas enfrentados.

Para a presente análise, definiu-se, levando em consideração a sua importância na quantificação da população atendida por rede, perdas e consumo de água, os seguintes indicadores operacionais de abastecimento de água: índice de perdas na distribuição; índice de atendimento total de água; índice de consumo de água; e consumo médio per capita de água. Com essa base de informações, os indicadores foram espacializados por meio de software de geoprocessamento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o abastecimento de água para as macrorregiões de planejamento do Estado do Ceará entre os anos de 2010 e 2020, a partir da espacialização dos indicadores operacionais disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS.

1.2.2 Objetivos específicos

- Calcular os indicadores operacionais de abastecimento para as macrorregiões de planejamento do Ceará com base nos dados do SNIS;
- Elaborar mapas referentes ao abastecimento de água das macrorregiões de planejamento do estado do Ceará;
- Comparar os valores de indicadores operacionais de água obtidos em 2010 com os valores obtidos em 2020, nas macrorregiões de planejamento do Estado do Ceará;
- Classificar o índice de atendimento total de água e o índice de perdas na distribuição, quanto ao seu desempenho, nas seguintes categorias: excelente, bom, mediano e ruim, de acordo com parâmetros de referência previamente estabelecidos.

- Comparar as condições de abastecimento de água do estado do Ceará com a média geral do Brasil;

1.3 Justificativa

O acesso aos serviços básicos de saneamento é um dos principais aspectos para a melhoria da saúde pública (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018). Desse modo, sistemas de abastecimento devem garantir água potável, que atenda as demandas da sociedade do ponto de vista quantitativo e qualitativo.

Do ponto de vista quantitativo, o estado do Ceará apresenta um cenário de escassez hídrica, fator natural proveniente do clima semiárido da região. Um ranking elaborado pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS) no ano de 2019, aponta que o Ceará é o Estado mais seco do Nordeste. Segundo a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (2021), o Ceará registrou uma média de 516 milímetros de chuva entre os anos de 2012 e 2016, período que compreendeu a maior seca dos últimos tempos. Sendo assim, uma gestão dos recursos hídricos eficiente, bem como um bom funcionamento dos serviços de distribuição de água são primordiais para o desenvolvimento e segurança hídrica do Estado. O uso de indicadores operacionais de abastecimento de água pode evidenciar e medir a eficiência da logística de distribuição de água. Espacializar os dados obtidos por meio de ferramentas de geoprocessamento, como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), é uma forma clara de representar o avanço ou declínio do serviço.

O indicador é um parâmetro, de ordem quantitativa ou qualitativa, dotada de um significado específico, utilizado para organizar e obter informações de caráter relevante dos elementos que constituem o objeto analisado. É um recurso metodológico que indica experimentalmente sobre o progresso do aspecto observado (FERREIRA; CASSIOLATO; GONZALEZ, 2009).

O uso da ferramenta SIG engloba diversas informações em um mesmo ambiente, constituindo uma importante ferramenta de diagnóstico e auxílio ao processo decisório, propiciando informações com diferencial agregado no valor das análises (BATISTA E SILVA, 2006).

Nesse contexto, fica visível a importância do presente trabalho para o monitoramento e avaliação do desempenho do sistema de abastecimento de água, principalmente em regiões com características de insuficiência e escassez hídrica.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Abastecimento de água potável

Conforme a sociedade foi se tornando mais desenvolvida economicamente e mais complexa, os usos da água foram se tornando mais variados. Esta diversificação transforma a gestão das águas em uma atividade especializada e de grande valor técnico, visto que a otimização dos usos múltiplos é fundamental, de modo a usufruir da água de forma mais eficaz e moderada possível (TUNDISI E TAKAKO, 2020).

Uma das prioridades fundamentais da sociedade é o atendimento por sistema de abastecimento de água em quantidade e qualidade apropriada, pela relevância do serviço às suas necessidades associadas à saúde e ao desenvolvimento industrial (TSUTIYA, 2006).

A Lei nº 11.445 de 2007 define abastecimento de água potável como aquele formado pelos serviços e pela disponibilização e preservação de infraestruturas e instalações operacionais essenciais ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição (BRASIL, 2007).

O abastecimento de água deve ser realizado levando em conta a quantidade necessária aos diferentes usos da mesma, nas residências. Além da ingestão, a água é utilizada para outros fins, como a preparação de alimentos, limpeza de utensílios, higiene corporal, lavagem de roupas, descargas de dejetos e faxinas (MOTA, 2016).

2.1.1 Abastecimento de água potável no Brasil

Segundo Azevedo Netto (1984), o Brasil adquiriu seu primeiro marco em sistema de abastecimento de água em 1561, quando Estácio de Sá perfurou o primeiro poço na cidade do Rio de Janeiro. Depois disso, foi apenas no ano de 1673 que se iniciaram as obras de adução de água para a cidade. E somente em 1876, projetou-se o primeiro sistema de abastecimento de água encanada no Rio de Janeiro.

O Brasil é um país rico em recursos naturais, especialmente em águas superficiais e subterrâneas, que representa uma grande relevância ecológica, econômica, estratégica e social. O país dispõe de cerca de 14% das águas doces do Planeta Terra, porém, apresenta dificuldades significativas em diagnóstico, avaliação estratégica e gestão de seus recursos hídricos (ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 2010).

Dados hidrológicos indicam que no Brasil há uma disposição desigual dos recursos hídricos, onde se concentra a maior parte na região Norte (81%), onde reside aproximadamente 5% da população brasileira. Em contrapartida, as regiões costeiras dispõem de apenas 2,7% dos

recursos hídricos do país, e concentram cerca de 45,5% da população total (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2013)

Comparado a 2014, o ano de 2015 registrou um crescimento de 1,5% de domicílios atendidos pela rede geral de abastecimento de água, equivalendo a um aumento de 876 mil. Cerca de 58,1 milhões de domicílios são abrangidos pelo serviço. O que corresponde a 85,4% do total de unidades domiciliares do Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016).

Em 2017, dos 69,47 milhões de domicílios particulares permanentes, cerca de 59,85 milhões de economias residenciais ativas eram abastecidas, correspondendo a 86,1% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020).

2.1.2 Abastecimento de água potável no Ceará

De acordo com a Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE (2018), o Ceará inaugurou seu primeiro sistema de abastecimento de água no ano de 1866 na cidade de Fortaleza, utilizando as fontes do Sítio Benfica. Em 1971, houve a criação da CAGECE, e nesse período, apenas 54,8% da população de Fortaleza era abastecida com água encanada e tratada.

Na região, há duas estações diferentes: a quadra chuvosa e a estação seca. A quadra chuvosa concentra-se no início do ano (janeiro a junho), e subdivide-se em: pré-estação chuvosa (janeiro); estação chuvosa (fevereiro a maio); pós-estação chuvosa (junho) (CEARÁ, 2008).

De acordo com a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (2020), constam 13 bacias hidrográficas no Estado do Ceará: Acaraú, Alto Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Banabuiú, Coreaú, Curu, Litoral, Médio Jaguaribe, Metropolitana e Sub-Bacias Metropolitanas, Salgado, Serra da Ibiapaba e Sertões de Crateús.

Com área de 74.600 km², a bacia do Rio Jaguaribe é a de maior extensão do território estadual, o que corresponde a aproximadamente 50% do território do Estado do Ceará. O Açude Castanhão, com cerca de 18.812 km², tem área de influência no Médio/Baixo Jaguaribe e abrange 20 municípios de forma absoluta ou parcial (INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ, 2011). Além do Açude Castanhão, a Bacia do Rio Jaguaribe também comporta o segundo maior reservatório do estado, o Açude Orós, que tem uma bacia hidrográfica de 25.696 km² e volume útil de 1923,13 hm³. O açude atende demandas de irrigação, dessedentação animal e fornecimento de água para a região metropolitana de Fortaleza, proporcionando o abastecimento urbano, rural e industrial (SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS, 2015).

2.2 Geoprocessamento

Pode-se conceituar o geoprocessamento como uma tecnologia, ou um grupamento de tecnologias, que possibilita o manuseio, a análise, a demonstração de modelagens e a visualização de dados georreferenciados (FITZ, 2008).

Segundo Rocha (2000), pode-se definir geoprocessamento como uma tecnologia multidisciplinar, que por meio da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, compreende várias disciplinas, ferramentas, softwares, processos, elementos, informações, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise, apresentação de dados relacionados a mapas digitais georreferenciados.

Para a manipulação de dados, o geoprocessamento aplica um conjunto de métodos associados a informação espacial, como: Topografia, Cartografia, Sensoriamento Remoto (SR), Sistema de Informação Geográfica (SIG), e Sistema de Posicionamento Global (GPS) (IBRAHIN, 2014).

Trata-se, desse modo, de um método associado ou não a utilização de SIG. A antiga sobreposição de mapas contornados em folhas transparentes ou papel vegetal e as verificações resultantes podem ser vistas como técnicas menos sofisticadas de geoprocessamento. A aplicação de tecnologia computacional somente facilitou os processos, entregando rapidez, agilidade e precisão (FITZ, 2008).

2.2.1 Sistema de Informações Geográficas

Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma das geotecnologias do geoprocessamento. Para Longley et al (2013), SIGs são sistemas computacionais formados para reunir e manipular informação geográfica. São ferramentas que aprimoram a eficiência e efetividade do tratamento de dados de características e ocorrências geográficas. Podem ser aplicados no armazenamento de grandes quantidades de informação geográfica em bancos de dados, executar operações analíticas em menor tempo e automatizar o meio de elaboração de mapas úteis.

O termo SIG é empregado em sistemas que desempenham o tratamento computacional de dados geográficos e resgatam informações por meio de sua localização espacial, e não exclusivamente com base em suas propriedades alfanuméricas (DAVIS E CÂMARA, 2001). Um dos benefícios do SIG é a capacidade de manipular dados gráficos e não-gráficos de forma integrada, sustentando uma forma consistente de estudo e consulta abrangendo dados geográficos (FILHO E IOCHPE, 1996).

SIG refere-se a um sistema computacional que aplica uma quantidade ilimitada de

informações de caráter geográfico [...] que consegue solucionar problemas de quantificação de forma eficiente e rápida (FITZ, 2008).

2.2.2 Mapas temáticos

Mapas temáticos retratam questões ou temas acerca de outros mapas já existentes, identificados como mapas-base. A representação de eventos espacialmente distribuídos na superfície emprega o uso de diversas simbologias. Classifica-se como mapa temático, qualquer mapa que expresse informações distintas da simples representação do terreno (FITZ, 2008).

Os mapas temáticos são elaborados com base em dados relacionados às particularidades que pertençam à abordagem de algum tema. A busca deles pode considerar tanto o aspecto direto – interação do pesquisador com a própria vivência – como indireto – fazendo uso da análise de uma documentação impressa em papel ou informatizada. É possível inserir dados numéricos, mapas, gráficos e imagens (MARTINELLI, 2003).

Um mapa temático, assim como os demais tipos de mapas, precisa dispor de certos elementos de fundamental importância para a simples compreensão do usuário, como: o título do mapa, as convenções utilizadas, os dados, as referências, a indicação da direção norte, a escala, o sistema de projeção empregado, e o(s) sistema(s) de coordenada(s) utilizado (FITZ, 2008).

2.3 Indicadores de serviço de abastecimento de água

Atualmente, os indicadores são instrumentos fundamentais para a administração e diagnóstico de órgãos, instituições ou empresas. Estes, facilitam o progresso na realização dos serviços e resultam em maior eficiência nas atividades disponibilizadas para a população (PENA, 2015).

De acordo com o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (2010), no panorama de políticas públicas, os indicadores são ferramentas que possibilitam indicar e verificar aspectos referentes a um determinado conceito, fenômeno, problema ou efeito de uma intervenção existente. Fundamentalmente, um indicador tem a finalidade de traduzir, de modo dimensionável, algum aspecto de uma dada realidade (contexto social) ou construída (ação de governo), de modo que a observação e análise se torne operacional.

A seleção de um conjunto adequado de indicadores que permita uma visão integrada do funcionamento dos serviços de saneamento, que apresente as fragilidades e potencialidades destes, beneficia a avaliação dos fatores que conduzem as ações para a realização destes serviços, como: pressões decorrentes do contexto populacional, o impacto na saúde pública e

as respostas dos agentes setoriais (SCHNEIDER et al., 2010).

A Lei nº 11.445, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico, prevê que entidades reguladoras emitam normas que compreendam diferentes aspectos, dentre eles: (i) padrões e indicadores de qualidade da prestação dos serviços; (ii) requisitos operacionais e de manutenção dos sistemas; (iii) as metas progressivas de expansão e de qualidade dos serviços e os respectivos prazos; [...] (vii) avaliação da eficiência e eficácia dos serviços prestados; [...] (x) padrões de atendimento ao público e mecanismos de participação e informação [...] (BRASIL, 2007).

A Lei nº 14.026, que atualiza o marco legal do saneamento básico, prevê o estabelecimento de metas e indicadores de desempenho e meios de verificação de resultados, a serem obrigatoriamente considerados na realização dos serviços prestados de forma direta ou por concessão (BRASIL, 2020).

A qualidade dos sistemas de abastecimento de água pode ser definida por índices que retratam problemas e demandas de melhorias por meio de números. Esses índices podem expressar valores divergentes e demonstrar faixas ótimas dependendo do indicador operacional de desempenho no qual se remete (FRITZ, 2019).

O SNIS consolida dados de indicadores institucionais, administrativos, operacionais (Tabela 1), gerenciais, econômico-financeiras, contábeis e de qualidade da prestação de serviços de saneamento básico (BRASIL, 2020).

Tabela 1 – Indicadores operacionais de água

(Continua)

CÓDIGO	INDICADOR OPERACIONAL	UNIDADE
IN055	Índice de atendimento total de água	percentual
IN023	Índice de atendimento urbano de água	percentual
IN001	Densidade de economias de água por ligação	Econ./lig.
IN043	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água	percentual
IN011	Índice de macromedição	percentual
IN009	Índice de hidromedidação	percentual
IN010	Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado	percentual

Tabela 1 – Indicadores operacionais de água

(Conclusão)

IN044	Índice de micromedição relativo ao consumo	percentual
IN057	Índice de fluoretação de água	percentual
IN052	Índice de consumo de água	percentual
IN025	Volume de água disponibilizado por economia	m ³ /mês/econ
IN053	Consumo médio de água por economia	m ³ /mês/econ
IN014	Consumo micromedido por economia	m ³ /mês/econ
IN017	Consumo de água faturado por economia	m ³ /mês/econ
IN022	Consumo médio per capita de água	l/hab.dia
IN058	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água	kWh/m ³
IN020	Extensão da rede de água por ligação	m/lig.
IN028	Índice de faturamento de água	percentual
IN013	Índice de perdas faturamento	percentual
IN049	Índice de perdas na distribuição	percentual
IN050	Índice bruto de perdas lineares	m ³ /dia/km
IN051	Índice de perdas por ligação	l/dia/lig.

Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nas informações do SNIS (BRASIL, 2020).

Considerando os indicadores operacionais de água listados acima, escolheu-se quatro indicadores para o presente projeto: Índice de atendimento total de água (IN055), Índice de consumo de água (IN052), Consumo médio per capita de água (IN022), e Índice de perdas na distribuição (IN049). Esses indicadores se destacam pela importância no planejamento e na gestão dos serviços de abastecimento de água.

2.3.1 Índice de atendimento total de água (IN055)

O acesso aos serviços de abastecimento de água é uma das bases mais essenciais do saneamento. A Lei nº 11.445 (2007) tem como um dos seus princípios fundamentais a universalização do acesso e a efetiva prestação de serviços de saneamento básico. Aspecto reforçado pela Lei nº 14.026, que atualiza o marco legal do saneamento básico.

O índice de atendimento total (IN055) inclui somente serviços que utilizam redes

públicas de água. O cálculo não abrange soluções individuais ou alternativas, como poços, nascentes, cisternas, chafarizes, dentre outras (BRASIL, 2020). Apesar dessa lacuna, esse índice expõe a situação dos municípios, regiões e estados brasileiros quanto à assistência pública ao atendimento de água. A equação 1 mostra como é realizado o cálculo desse índice.

$$\frac{AG001}{GE12a} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

AG001: População total atendida com abastecimento de água

GE12a: População total residente do(s) município(s) com abastecimento de água, segundo o IBGE.

Como mostra a equação, o índice de atendimento total de água expressa a relação entre população residente e população atendida com abastecimento de água em um município, demonstrando assim, a relevância do indicador.

2.3.2 Índice de consumo de água (IN052)

O consumo de água, por habitante, difere em função de diversos aspectos: rotinas, classe social e nível de educação sanitária da comunidade, além do perfil de cidade e das suas características climáticas (MOTA, 2016).

A previsão do consumo de água é de fundamental importância para o planejamento e gestão de sistema de abastecimento de água. O funcionamento dos sistemas e seus avanços e melhorias são diretamente relacionados à demanda de água (TSUTIYA, 2005). Portanto, nota-se que há uma grande aplicabilidade do índice para o gerenciamento de serviços. A equação 2, mostra a forma de cálculo do índice de consumo de água.

$$\frac{AG010}{AG006+AG018-AG024} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

AG006: Volume de água produzido

AG010: Volume de água consumido

AG018: Volume de água tratada importado

AG024: Volume de serviço

2.3.3 Consumo médio per capita de água (IN022)

O monitoramento do consumo médio de água é uma ferramenta indispensável de controle operacional e de programação e gerenciamento dos serviços. Ele colabora com o

dimensionamento de sistemas de abastecimento em municípios com aumento populacional para reverter o crescimento de consumo em áreas com disponibilidade hídrica limitada (BRASIL, 2020).

A equação 3 mostra a forma de cálculo do índice de consumo médio per capita de água. Brasil (2020) cita que o volume de água consumido é o que estrutura a base de cálculo do índice do consumo médio per capita diário do SNIS- Serviços de Água e Esgoto. Do total, é subtraída a parte transferida para outros distribuidores (exportada). O valor obtido é dividido pela média aritmética da população atendida nos últimos dois anos de coleta.

$$\frac{AG010-AG019}{AG001*} \times \frac{1.000.000}{365} \quad (3)$$

Onde:

AG001: População total atendida com abastecimento de água

AG001*: Utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo.

AG010: Volume de água consumido

AG019: Volume de água tratada exportado

2.3.4 Índice de perdas na distribuição (IN049)

Com a crise hídrica em evidência em diversas regiões do país, é notório que o desperdício de água por meio de perdas na distribuição sejam um fator preocupante para as companhias de saneamento. Segundo BRASIL (2020), a diminuição de perdas de água em sistemas de abastecimento público não é apenas um problema econômico-financeiro. Ao lidar com um recurso natural escasso e finito, o fator de sustentabilidade ambiental está de forma direta associada à otimização do seu uso.

Tsutiya (2005) afirma que perdas são causadas, na maior parte, por deficiências na operação e manutenção de tubulações, assim como a ineficaz gestão comercial das companhias de saneamento. No entanto, é impossível contar com “perda zero” nas distribuições água.

As perdas na distribuição podem ser divididas em dois tipos: perda aparente, e perda real. De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2015), perda aparente é a perda decorrente de falhas de medição de volumes, fraudes, subestimações e erros no cadastro comercial da companhia de saneamento; e perda real é aquela resultante de vazamentos nas tubulações e estruturas.

No entanto, como mostra a equação 4, a forma de cálculo deste índice não adota uma

separação dos dois tipos de perdas, visto a inviabilidade dessa divisão.

$$\frac{AG006+AG018-AG010-AG024}{AG006+AG018-AG024} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

AG006: Volume de água produzido

AG010: Volume de água consumido

AG018: Volume de água tratada importado

AG024: Volume de serviço

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação do estudo

Pesquisa é um processo reflexivo, metódico, controlado e crítico, que resulta na descoberta de novas informações ou dados, relações ou leis, em qualquer âmbito do conhecimento (ANDER-EGG apud LAKATOS; MARCONI, 2003). Ainda segundo Leite (2008), pesquisa é aquela que se utiliza de método científico ou tem a finalidade de esclarecer ou buscar, por meio de métodos e técnicas específicas, respostas para as adversidades da sociedade, e especialmente, das ciências.

Quanto à natureza, esta pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa aplicada, que de acordo com Andrade (2010), destina-se a aplicações práticas, com a finalidade de atender às imposições do período contemporâneo. Sendo assim, tem o objetivo de contribuir para fins práticos, pela busca de soluções para problemas reais.

A pesquisa é fundamentada pelo método quali-quantitativo. Gatti (2010) destaca que é necessário ter em mente que as definições de quantidade e qualidade não são completamente dissociadas, dado que quantidade é uma interpretação, uma compreensão, um significado que é relacionado à grandeza com que um acontecimento se manifesta, por outro lado, é fundamental a interpretação qualitativa, porque sem associação a algum referencial, não possui sentido em si.

Os mapas temáticos terão como fonte de informações os dados disponibilizados pelo SNIS, que publica anualmente, por meio de diagnósticos e planilhas, o cenário do saneamento nos estados e municípios do Brasil.

Os dados do SNIS, se classificam como dados secundários, que segundo Antônio (2011), são aqueles já coletados, tabulados, estruturados e avaliados e que estão disponíveis para pesquisa. A origem da base dos dados secundários pode ser interna ou externa à organização.

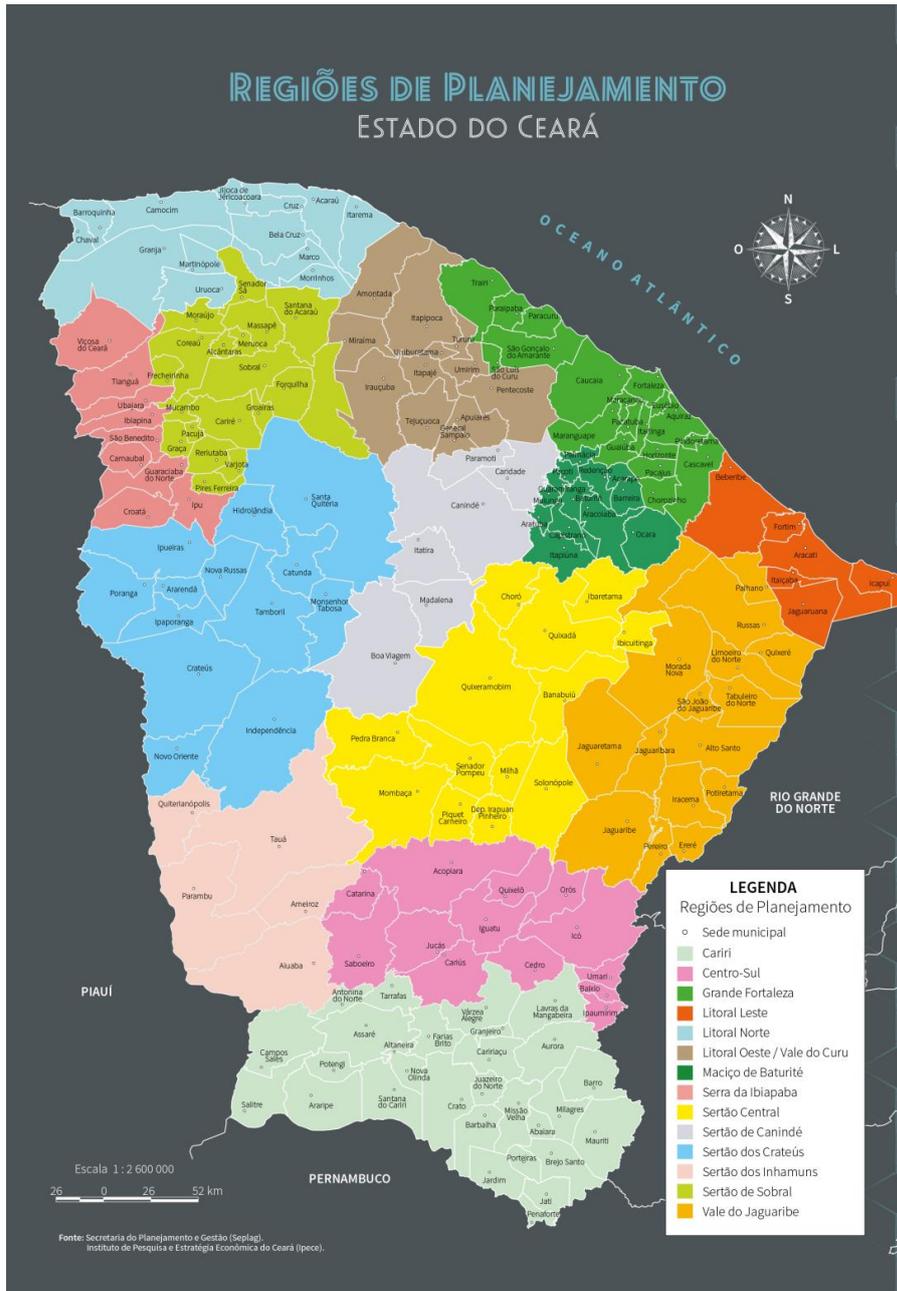
3.2 Área de estudo

O estado do Ceará situa-se na região nordeste do Brasil. Tem uma área territorial de 148.894.447 km², e uma população estimada (2021) em cerca de 9.240.580 habitantes (IBGE, 2021). Apresenta densidade demográfica de 56,76 hab/km² e índice de desenvolvimento humano de 0,682 (IBGE, 2010). Faz divisa territorial com os estados do Piauí, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.

Dos 184 municípios que compõe o estado, cerca de 53% das sedes municipais (98) apresentam o clima Tropical Quente Semiárido, sendo assim, o clima predominante da região. Esse tipo climático é associado a altos índices de evapotranspiração, resultando em escassez e irregularidade pluviométrica, condicionantes do fenômeno das secas (IPECE, 2014).

Para uma visualização mais favorável, os mapas temáticos com a representação dos dados coletados, serão apresentados por meio das macrorregiões do estado do Ceará, que são: Cariri, Centro Sul, Grande Fortaleza, Litoral Leste, Litoral Norte, Litoral Oeste, Maciço de Baturité, Serra da Ibiapaba, Sertão Central, Sertão de Canindé, Sertão de Crateús, Sertão dos Inhamuns, Sertão de Sobral e Vale do Jaguaribe, como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Mapa das macrorregiões do Estado do Ceará



Fonte: Anuário do Ceará (2020)

3.3 Coleta e tratamento de dados

Para a presente pesquisa, considerando a relevância quanto se trata de abastecimento de água, foram definidos os seguintes indicadores: índice de atendimento total de água; índice de consumo de água; consumo médio per capita de água; e índice de perdas na distribuição. Os dados coletados referentes aos indicadores definidos são apresentados pelo SNIS para cada cidade do estado do Ceará por meio de planilhas.

Considerando que a análise do estado do Ceará foi feita geograficamente por meio de

macrorregiões, os dados coletados das cidades foram dispostos em uma planilha, utilizando o programa Excel 365 Educação, para que fossem organizados e calculados por região.

Após a estruturação dos dados, as informações foram inseridas no software QGIS (versão 3.18), para a espacialização através da elaboração de mapas temáticos. Esse processo é feito a partir da associação de planilhas com dados alfanuméricos e arquivos vetoriais.

3.4 Parâmetros de referência para classificação dos indicadores

A Agência Reguladora de serviços públicos delegados do estado do Ceará – ARCE, por meio da Resolução nº 251, de 12 de junho 2019, instituiu o sistema de avaliação de desempenho dos serviços públicos regulados de abastecimento de água e esgotamento sanitário nas áreas rurais e localidades de pequeno porte (CEARÁ, 2019). Para classificar os indicadores operacionais de Índice de atendimento total de água (IN055) e Índice de perdas na distribuição (IN049), serão utilizados os parâmetros de referência definidos pela resolução nº 251 da ARCE, classificados em excelente, bom, mediano e ruim, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de referência dos indicadores IN055 e IN049

Classificação	Parâmetros de referência	
	IN055	IN049
Excelente	$\geq 95\%$	$< 20\%$
Bom	$\geq 80\% \text{ e } < 95\%$	$\geq 20\% \text{ e } < 30\%$
Mediano	$\geq 60\% \text{ e } < 80\%$	$\geq 30\% \text{ e } < 40\%$
Ruim	$< 60\%$	$\geq 40\%$

Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nas informações da ARCE (2019)

Para os indicadores de índice de consumo de água (IN052) e de consumo médio per capita de água (IN022), a ARCE e o SNIS não definem parâmetros de referência, e por esse motivo o presente projeto não trabalhou com a classificação destes indicadores. Apesar disso, para fins de categorização, pode-se definir o consumo de água em alta e baixa. Marcos von Sperling (2007) definiu em seu trabalho “Águas residuais: Características, tratamento e disposição”, faixas de valores de consumo de água, baseado em 45 municípios do Estado de Minas Gerais, como mostra a tabela 03.

Tabela 3 – Faixas de consumo de água com base em 45 municípios do Estado de Minas Gerais, Brasil.

Faixas de consumo per capita de água (L/hab.d)		
	Baixas chuvas	Altas chuvas
Baixo	120 – 165	130 - 190
Alto	140 - 180	150 - 200

Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado no livro “Águas residuais: Características, tratamento e disposição” de Marcos Von Sperling (2007).

Visualmente e espacialmente, os mapas temáticos do índice de consumo de água (Indicador IN052) e do Consumo médio per capita de água (Indicador IN022) foram apresentados em 4 classes, divididas em intervalos iguais entre o menor e o maior valor em relação aos dois anos trabalhados (2010 e 2020). Assim, foi possível visualizar a diminuição ou o aumento dos valores dos indicadores nos anos estudados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Participações das macrorregiões no diagnóstico do SNIS

A quantidade de participações de cidades por macrorregiões é um dado importante para a pesquisa, pois isso indica que os resultados podem apresentar imprecisões conforme diminuição do número de participações no diagnóstico do SNIS. A Tabela 4 mostra o número de participações das macrorregiões no SNIS nos anos de 2010 e 2020 para os 4 indicadores estudados. O percentual mostrado na tabela se refere ao número de cidades participantes no SNIS por macrorregião em relação à quantidade total.

Tabela 4 – Número de participações das macrorregiões do Estado do Ceará no SNIS nos anos de 2010 e 2020.

Macrorregiões	2010		2020	
	Participantes	Não participantes	Participantes	Não participantes
Cariri	83%	5 cidades	86%	4 cidades
Centro Sul	69%	4 cidades	69%	4 cidades
Grande Fortaleza	95%	1 cidade	95%	1 cidade
Litoral Leste	83%	1 cidade	83%	1 cidade
Litoral Norte	85%	2 cidades	85%	2 cidades
Litoral Oeste	83%	2 cidades	83%	2 cidades
Maciço de Baturité	100%	-	100%	-
Serra de Ibiapaba	89%	1 cidade	89%	1 cidade
Sertão Central	46,1%	7 cidades	53,8%	6 cidades
Sertão de Canindé	50%	3 cidades	50%	3 cidades
Sertão de Sobral	100%	-	100%	-
Sertão de Crateús	69%	4 cidades	77%	3 cidades
Sertão dos Inhamuns	80%	1 cidade	80%	1 cidade
Vale do Jaguaribe	73%	4 cidades	73%	4 cidades

Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nos dados coletados do SNIS.

Pode-se observar que apenas 2 macrorregiões tiveram 100% de participação no diagnóstico do SNIS: Maciço de Baturité e Sertão de Sobral. Também se nota que, apenas 3 macrorregiões aumentaram percentualmente o número de cidades participantes: Cariri, Sertão Central e Sertão de Crateús. Ambas as macrorregiões que aumentaram a porcentagem de participação, registraram 1 cidade de diferença no ano de 2020 comparado ao ano de 2010. As demais, se mantiveram constantes no número de cidades participantes.

É importante ressaltar que algumas das cidades não participantes são cidades importantes em vários aspectos para as macrorregiões em que estão inseridas, ou seja, poderiam desempenhar um número relevante para a média das macrorregiões. Neste caso cita-se as seguintes cidades: Crato, da macrorregião do Cariri; Iguatu e Icó, da macrorregião Centro Sul; Camocim, da macrorregião do Litoral Norte; Quixeramobim e Pedra Branca da macrorregião Sertão Central; Canindé, da macrorregião do Sertão de Canindé; e Morada Nova e Limoeiro do Norte, da macrorregião do Vale do Jaguaribe.

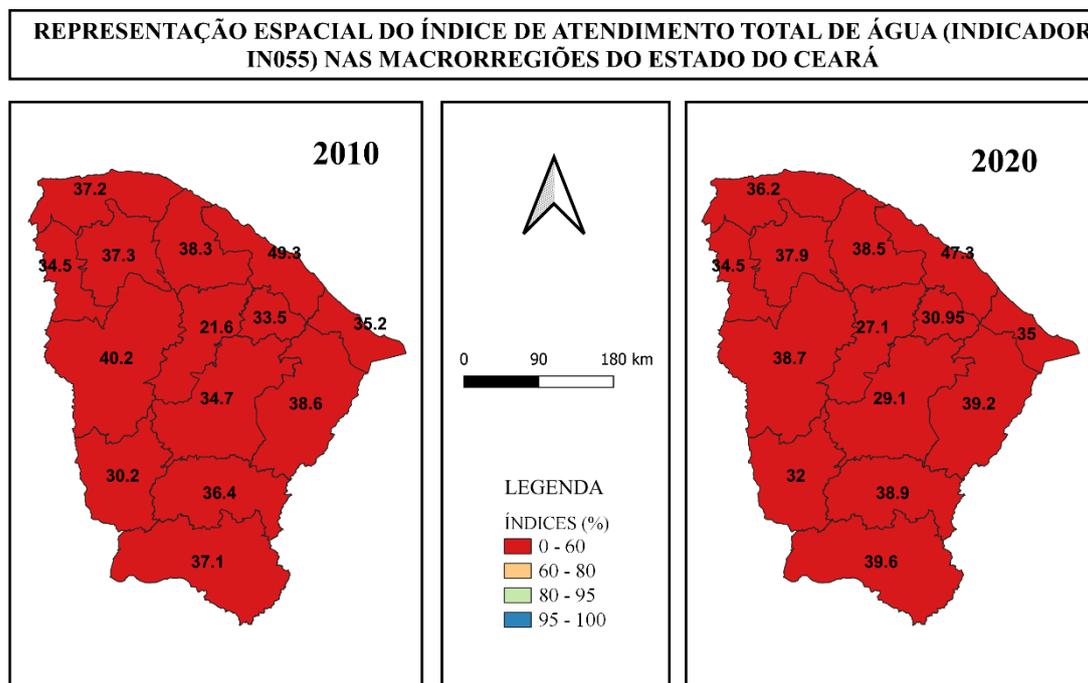
4.2 Índice de atendimento total de água (IN055)

A Figura 2 mostra o mapa do índice de atendimento total de água nas macrorregiões do estado do Ceará nos anos de 2010 e 2020. Considerando os parâmetros de referência da ARCE, todas as macrorregiões do estado do Ceará se classificam como ruim para o índice de atendimento total de água, ou seja, apresentam índices abaixo de 60% nos anos de 2010 e 2020.

Dentre as 14 regiões estudadas, apenas 7 regiões aumentaram o índice de atendimento total de água em relação ao ano de 2010, sendo estas: Cariri, Centro Sul, Litoral Oeste, Sertão de Canindé, Sertão dos Inhamuns, Sertão de Sobral e Vale do Jaguaribe. Isto significa que, as demais 7 regiões diminuíram seus índices no ano de 2020: Grande Fortaleza, Litoral Leste, Litoral Norte, Maciço de Baturité, Serra da Ibiapaba, Sertão Central e Sertão de Crateús.

Vale ressaltar que o aumento apresentado pelas macrorregiões no ano de 2020 foi pouco significativo do ponto de vista numérico, visto que o maior acréscimo foi da região do Sertão de Canindé, com uma adição de 5,5% em relação ao ano de 2010.

Figura 2 – Mapa do índice de atendimento total de água nas macrorregiões do estado do Ceará

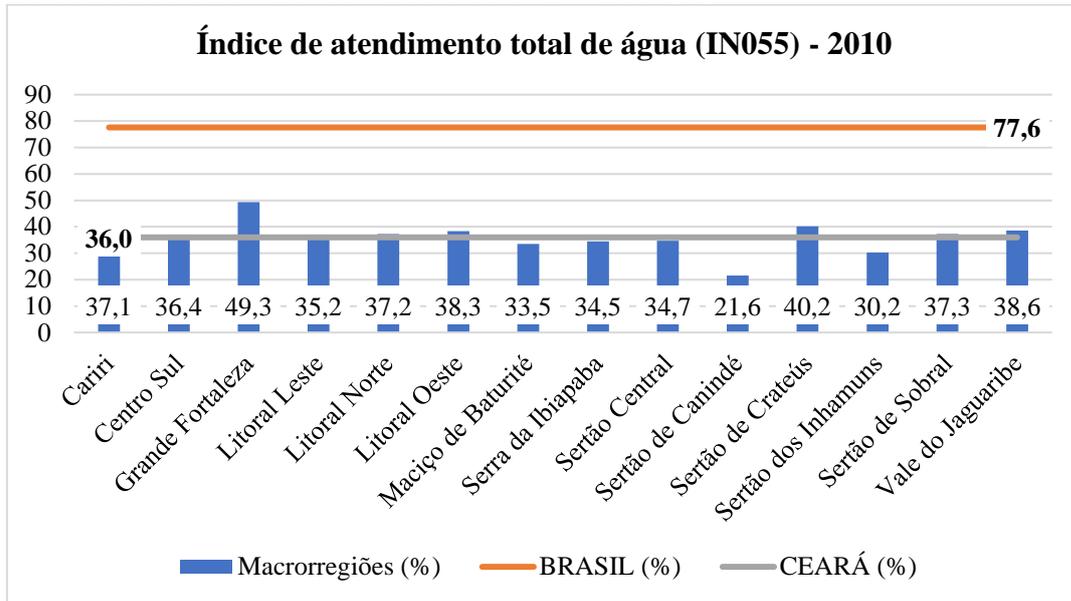


Fonte: Base cartográfica: IBGE (2020); Dados: SNIS (Diagnósticos de 2010 e 2020).

Em seu artigo de análise de saneamento básico do Brasil, Araújo e Bertussi (2018) concluem que o Brasil, apesar de apresentar uma evolução na implantação de serviços de saneamento a partir dos anos 70, está distante de universalizar este serviço, pois evidencia um grande déficit no atendimento da população. Os resultados obtidos para esse indicador podem solidificar a citação evidenciada pelas autoras.

A média nacional do índice de atendimento total de água no ano de 2010 foi de 77,6%. A Figura 3 mostra que as macrorregiões do estado do Ceará apresentam valores abaixo da média nacional, que apesar de se classificar como "mediano" pela classificação da ARCE, tem um valor significativamente superior se comparado aos índices das macrorregiões estudadas e a média geral do estado, que apresentou um valor de 36%.

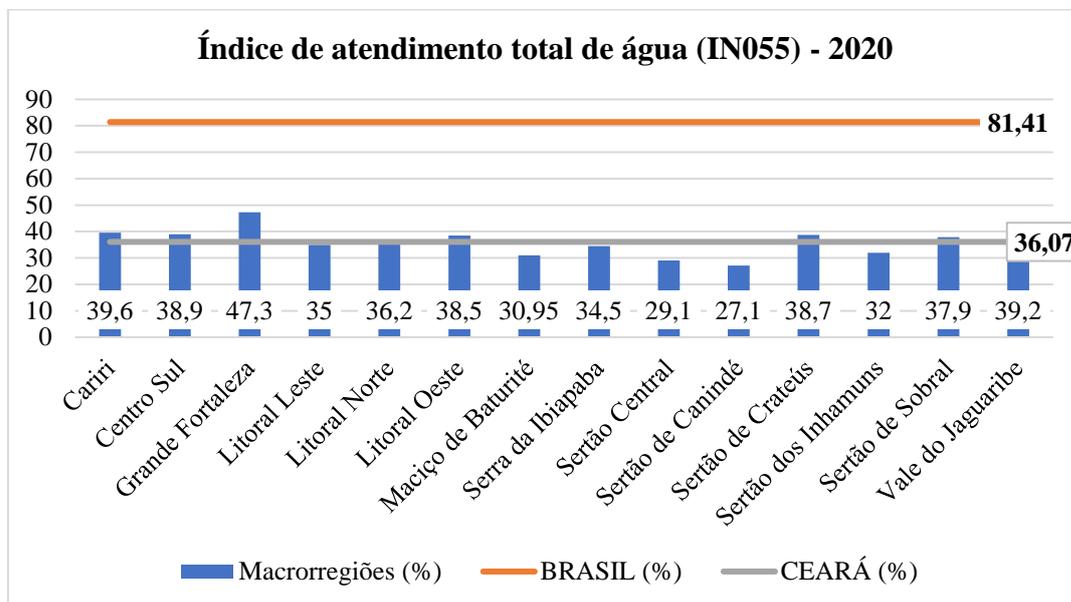
Figura 3 – Comparação do Índice de atendimento total de água (IN055) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010



Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nos dados coletados do SNIS.

No ano de 2020, a média nacional apresentou um valor de 81,41%, que segundo a ARCE, se classifica como "bom". No cenário comparativo às macrorregiões do Ceará, esse valor também está acima dos valores dessas regiões, como mostra a Figura 4. Além disso, o aumento percentual da média do Ceará no ano de 2020 foi ínfimo se comparado ano de 2010, passando de 36% para 36,07%.

Figura 4 – Comparação do Índice de atendimento total de água (IN055) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2020



Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nos dados coletados do SNIS.

Considerando a equação (1) para a determinação do indicador IN055, onde se utiliza a população total atendida com abastecimento de água dividida pela população total residente no município, pode-se observar as seguintes situações:

Situação I: Há o aumento da população total atendida com abastecimento de água, da população total e do percentual do indicador. Ou seja, o atendimento consegue acompanhar o crescimento populacional de forma que se supere levemente o índice anterior.

É o caso das macrorregiões Cariri, Centro Sul, Litoral Oeste, Sertão de Canindé, Sertão dos Inhamuns, Sertão de Sobral e Vale do Jaguaribe.

Situação II: Há a diminuição da população total atendida com abastecimento de água, o aumento da população total, e conseqüentemente, a diminuição do percentual do indicador.

É o que ocorre com as Macrorregiões Grande Fortaleza e Litoral Leste.

Situação III: Há o aumento da população total atendida com abastecimento de água, o aumento da população total, e a diminuição do percentual do indicador. Isso mostra que por mais que em números absolutos se verifique o aumento do atendimento de abastecimento de água, o serviço de atendimento não acompanhou de forma adequada o crescimento populacional da região.

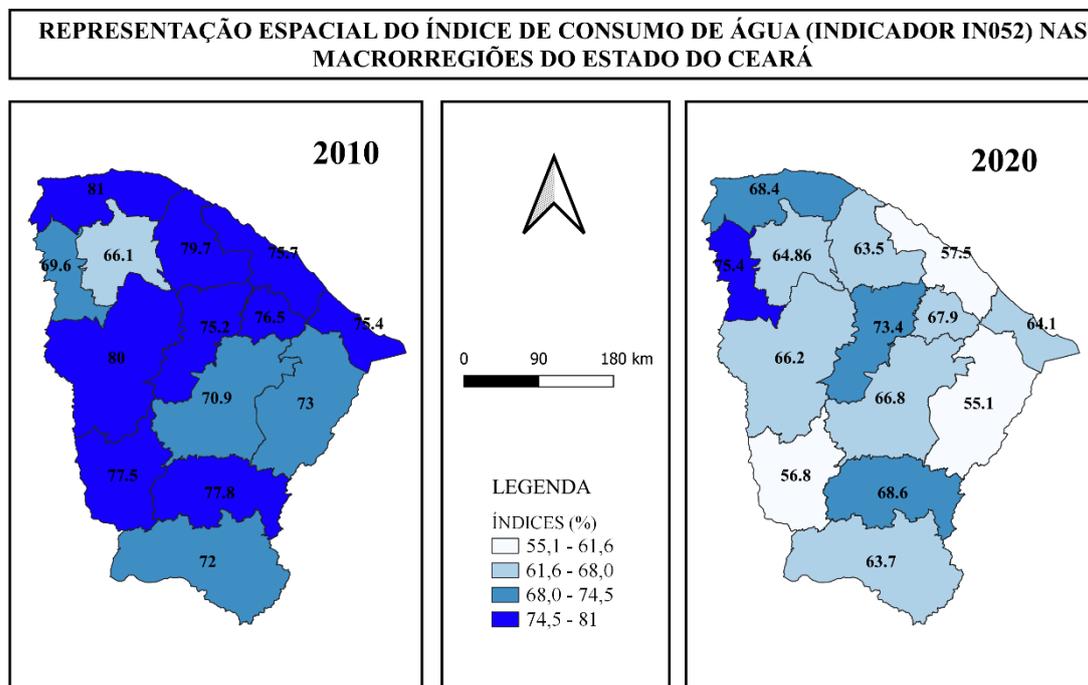
É o que se dá nas macrorregiões Litoral Norte, Maciço de Baturité, Serra da Ibiapaba, Sertão Central e Sertão de Crateús.

4.3 Índice de consumo de água (IN052)

A Figura 5 mostra o mapa do índice de consumo de água nas macrorregiões do estado do Ceará nos anos de 2010 e 2020. Considerando a classificação em intervalos iguais adotada para a melhor visualização do mapa, nota-se que das 14 regiões estudadas, apenas a região da Serra da Ibiapaba aumentou o índice de consumo de água.

As macrorregiões do Sertão dos Inhamuns, Grande Fortaleza, Vale do Jaguaribe e Litoral Oeste apresentaram maior diminuição desse índice no ano de 2020, com uma diferença percentual de 20,7%, 18,2%, 17,9% e 16,2%, respectivamente.

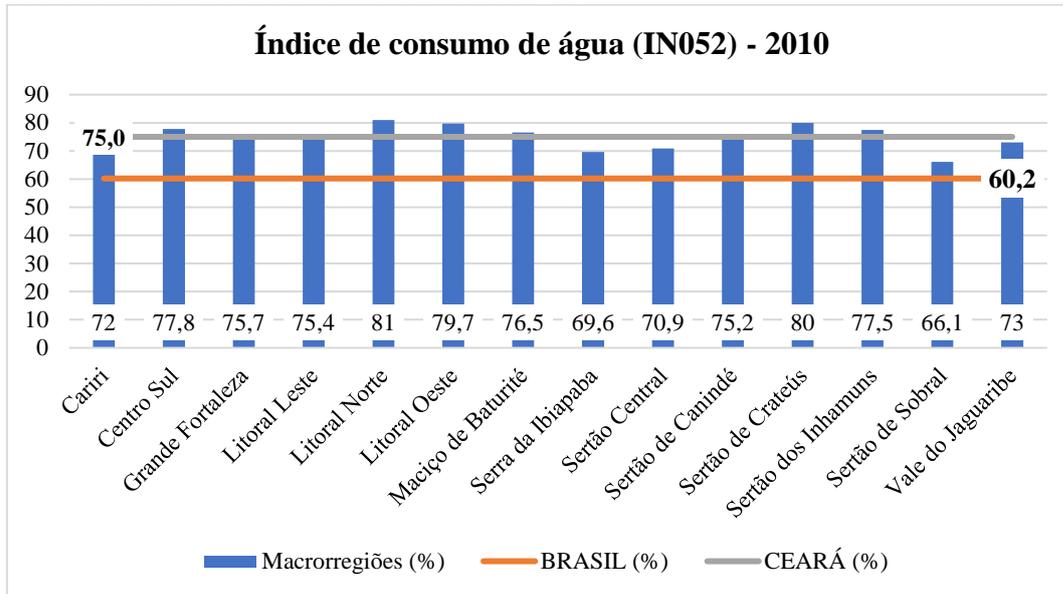
Figura 5 – Mapa do índice de consumo de água nas macrorregiões do estado do Ceará



Fonte: Base cartográfica: IBGE (2020); Dados: SNIS (Diagnósticos de 2010 e 2020).

A Figura 6 mostra o comparativo do índice de consumo de água (IN055) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010. A média do Brasil para esse indicador foi de 60,2%, e neste cenário todas as macrorregiões do Estado do Ceará apresentaram um valor acima da média nacional.

Figura 6 - Comparação do Índice de consumo de água (IN055) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010

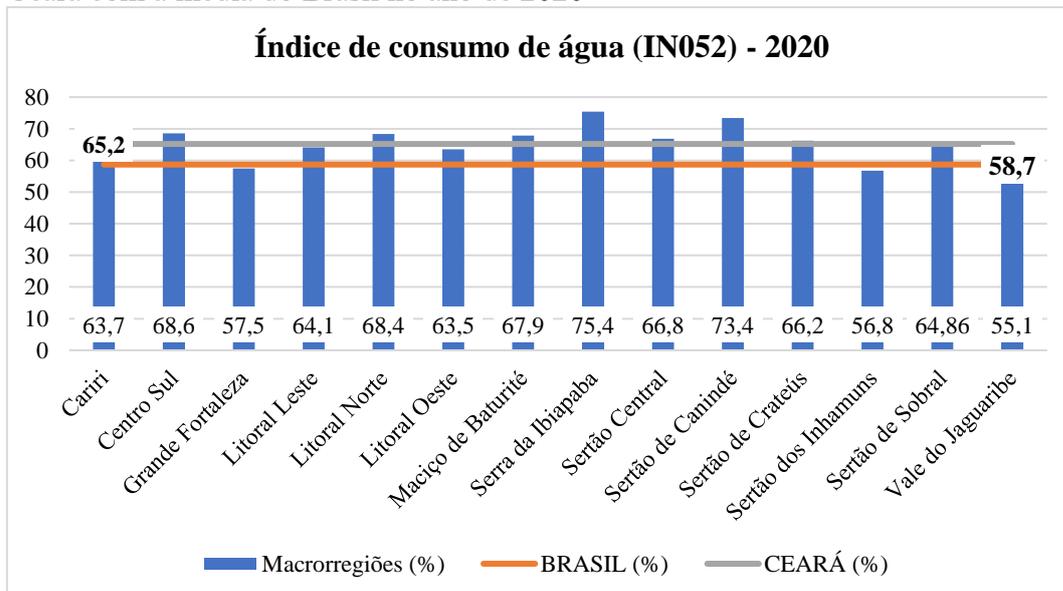


Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nos dados coletados do SNIS.

No ano de 2020, a média do Brasil foi de 58,7% para o índice de consumo de água, ou seja, levemente abaixo do valor encontrado no ano de 2010. Neste cenário, apenas as macrorregiões de Grande Fortaleza, Sertão dos Inhamuns e Vale do Jaguaribe se encontram abaixo da média nacional, e as demais se mantêm acima da média, como mostra a Figura 7.

Para este índice, verifica-se que a média geral do estado apresentou uma diminuição, passando de 60,2% para 58,7%.

Figura 7 - Comparação do Índice de consumo de água (IN055) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2020



Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nos dados coletados do SNIS.

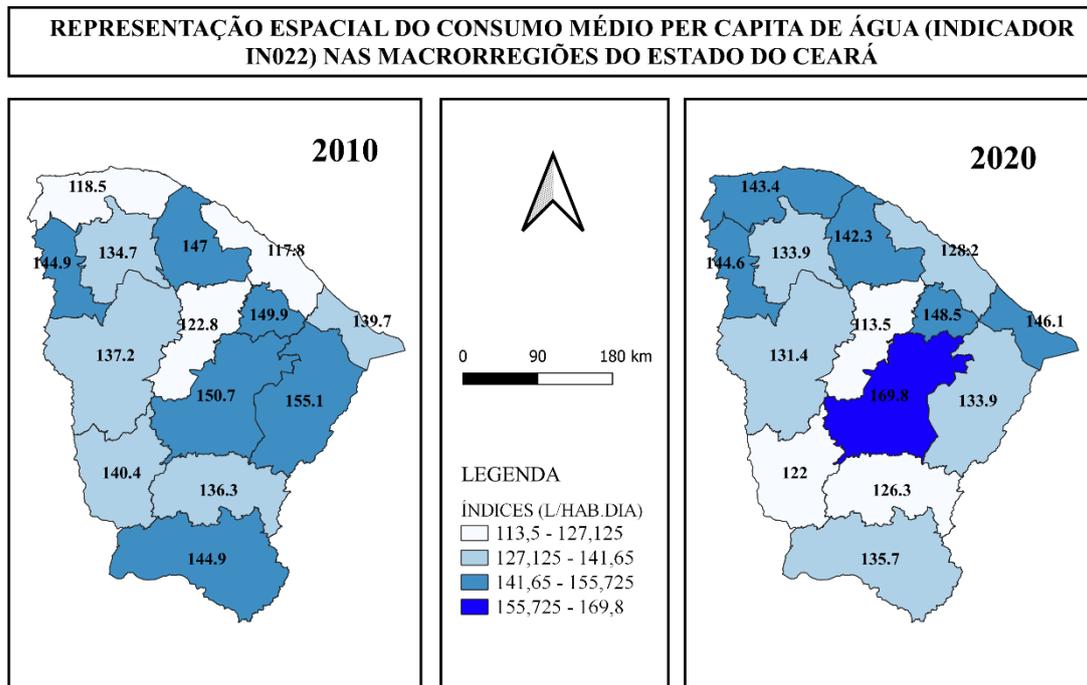
4.4 Consumo médio per capita de água (IN022)

A Figura 8 mostra o mapa do consumo médio per capita de água nas macrorregiões do estado do Ceará nos anos de 2010 e 2020. Considerando a classificação em intervalos iguais adotada para a melhor visualização do mapa, verifica-se que as macrorregiões Cariri, Centro Sul, Litoral Oeste, Maciço de Baturité, Serra da Ibiapaba, Sertão de Canindé, Sertão de Crateús, Sertão dos Inhamuns, Sertão de Sobral e Vale do Jaguaribe diminuíram o consumo médio per capita no ano de 2020. Em contrapartida, as macrorregiões Grande Fortaleza, Litoral Leste, Litoral Norte e Sertão Central apresentaram aumentos em relação ao ano de 2010 para esse indicador.

As diferenças mais expressivas entre os anos de 2010 e 2020 são do Litoral Norte, com um aumento de 24,9 no valor percentual, e do Vale do Jaguaribe com uma diminuição de 21,2 no ano de 2020.

Segundo a classificação de Marcos Von Sperling, considerando que o nível de precipitação no estado do Ceará é baixo, no ano de 2010 o consumo médio per capita de água se classifica como “baixo” em todo o estado. Já no ano de 2020, a macrorregião Sertão Central registrou um aumento desse indicador, classificando-se assim com um consumo per capita de água “alto”, ou seja, está compreendido entre 165 e 180L/hab.dia.

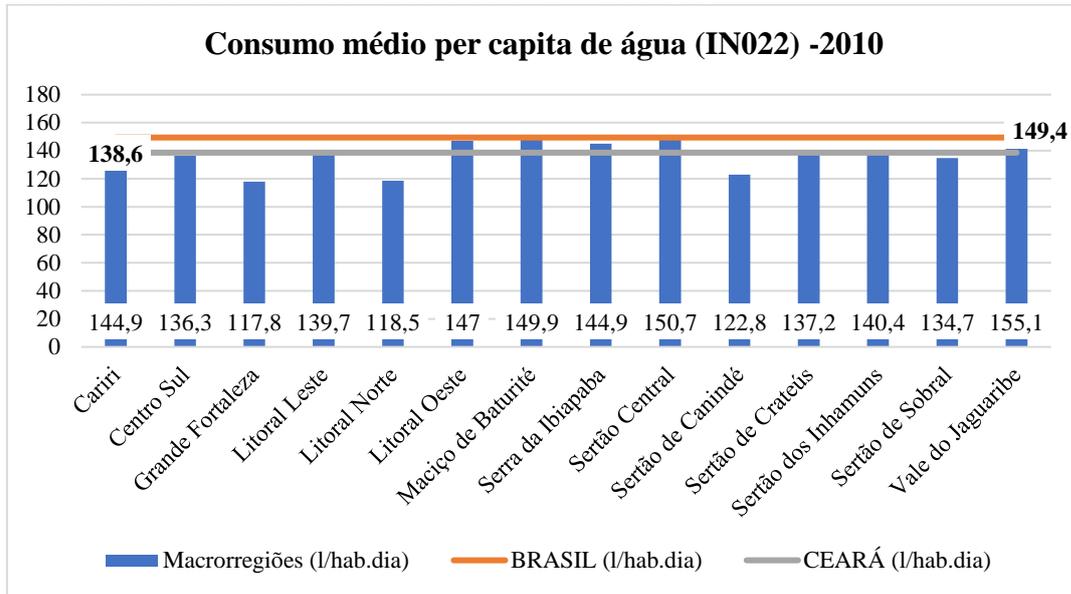
Figura 8 – Mapa do consumo médio per capita de água nas macrorregiões do estado do Ceará



Fonte: Base cartográfica: IBGE (2020); Dados: SNIS (Diagnósticos de 2010 e 2020).

A Figura 9 mostra o comparativo do consumo médio per capita de água (IN022) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010. A média do Brasil nesse ano para esse indicador foi de 149,4 L/hab.dia. Esse valor é levemente maior que a maioria das macrorregiões estudadas, ficando abaixo apenas das macrorregiões de Maciço de Baturité, Sertão Central e Vale do Jaguaribe.

Figura 9 – Comparação do Consumo médio per capita de água (IN022) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010

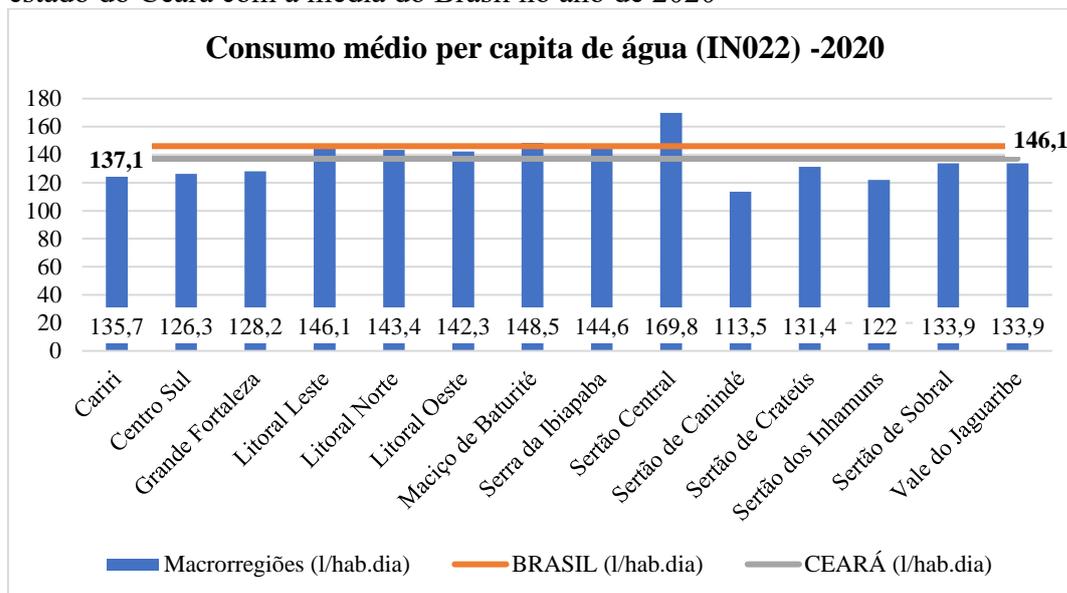


Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nos dados coletados do SNIS.

Já no ano de 2020, a média do Brasil foi um pouco menor, sendo igual a 146,1 L/hab.dia. Nesse ano, a média nacional permaneceu abaixo do valor apresentado pelas macrorregiões de Maciço de Baturité e Sertão Central, como mostra a Figura 10.

Observa-se que dos indicadores estudados, este apresentou a menor diferença entre a média do Brasil e a média do Ceará nos dois anos estudados. E assim como o Brasil, o estado do Ceará expressou uma diminuição desse indicador, passando de 138,6 L/hab.dia para 137,1 L/hab.dia.

Figura 10 – Comparação do Consumo médio per capita de água (IN022) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2020



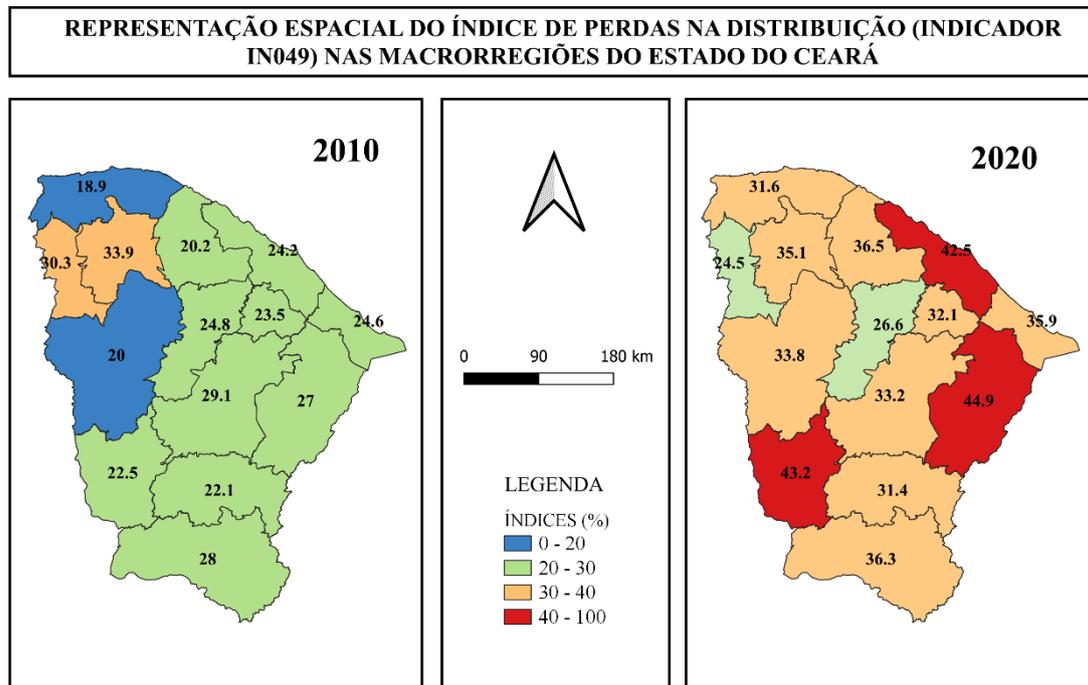
Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nos dados coletados do SNIS.

4.4 Índice de perdas na distribuição (IN049)

A Figura 11 mostra o mapa do índice de perdas na distribuição nas macrorregiões do Estado do Ceará nos anos de 2010 e 2020. No ano de 2010, de acordo com os parâmetros de referência da ARCE, as macrorregiões do Litoral Norte e do Sertão de Crateús se classificaram como “excelente”. Serra da Ibiapaba e Sertão de Sobral se classificaram como “mediano”. E, as demais macrorregiões se classificaram como “bom”. Ou seja, neste ano, nenhuma macrorregião do Estado do Ceará se classificou como “ruim” para esse indicador.

Diferente de 2010, no ano de 2020, nenhuma macrorregião se classificou como “excelente”. Apenas as macrorregiões da Serra da Ibiapaba e do Sertão de Canindé se classificaram como “bom”. Grande Fortaleza, Sertão dos Inhamuns e Vale do Jaguaribe se classificaram como “ruim”. Já as demais macrorregiões se classificaram como “mediano”, representando assim, a maioria do estado nesta classificação no ano de 2020 para este indicador.

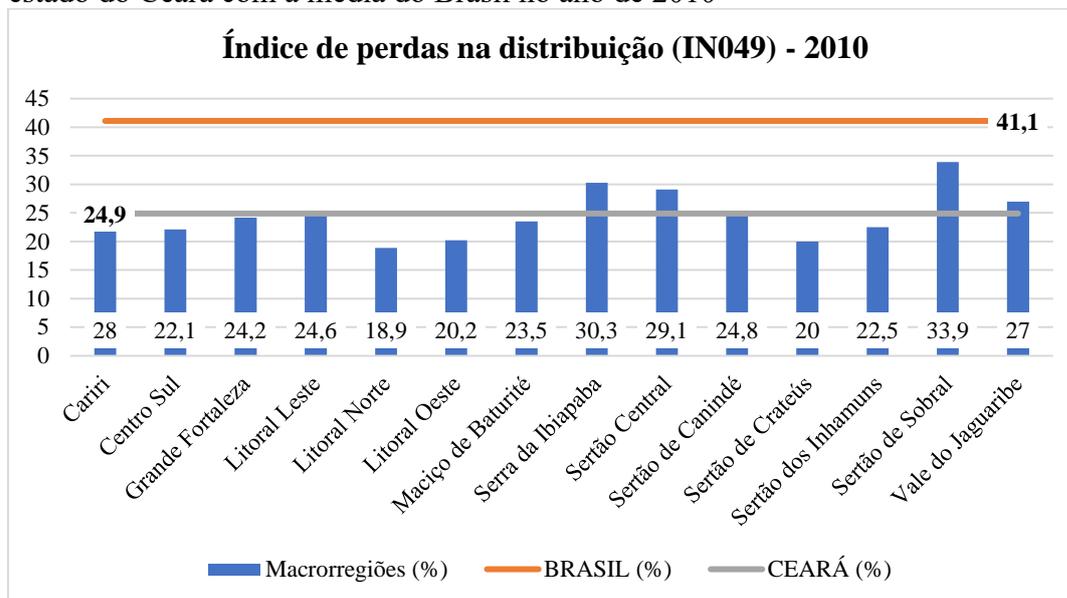
Figura 11 – Mapa do índice de perdas na distribuição nas macrorregiões do Estado do Ceará



Fonte: Base cartográfica: IBGE (2020); Dados: SNIS (Diagnósticos de 2010 e 2020).

A Figura 12 mostra a comparação do índice de perdas na distribuição (IN049) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010. Nesse ano, a média do Brasil foi 41,1%, um valor “ruim” segundo os parâmetros de classificação da ARCE. Outro ponto a destacar é que todas as suas macrorregiões cearenses estavam em 2010 abaixo da média nacional no que diz respeito às perdas na distribuição.

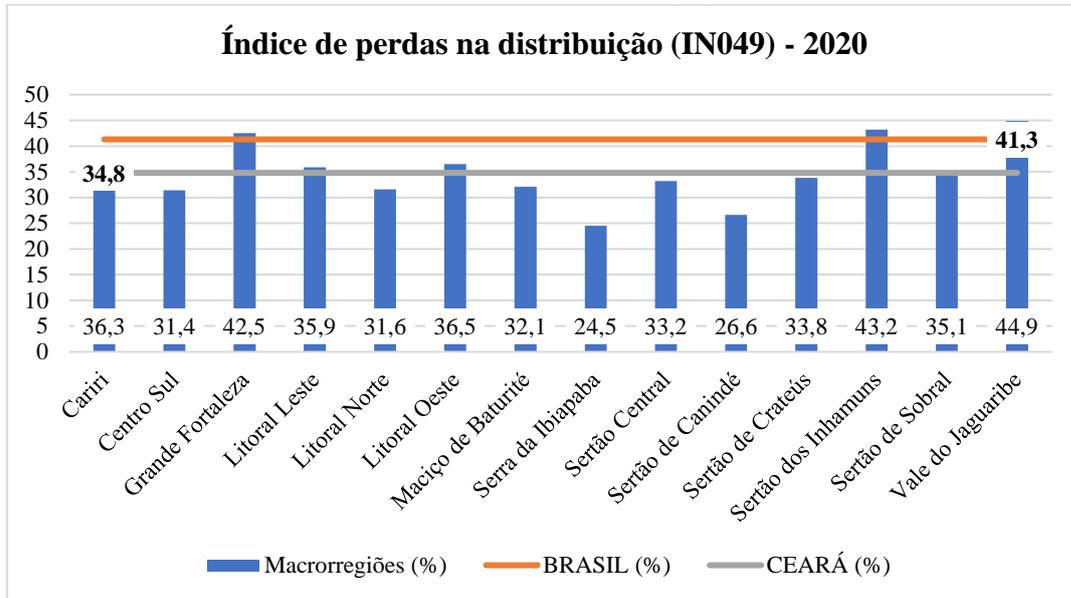
Figura 12 – Comparação do índice de perdas na distribuição (IN049) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2010



Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nos dados coletados do SNIS.

Seguindo no mesmo panorama, no ano de 2020, a média do Brasil apresentou o valor de 41,3%, se mantendo próximo ao valor e na mesma classificação do ano de 2010, ou seja, ruim. É importante destacar que a média geral do estado aumentou expressivamente, passando de 24,9% para 34,8%. Com o aumento do percentual de perdas na distribuição nas macrorregiões estudadas no ano de 2020, as macrorregiões de Grande Fortaleza, sertão dos Inhamuns e vale do Jaguaribe apresentaram valores acima da média nacional, como mostra a Figura 13, o que é um fator preocupante e demanda ações dos órgãos responsáveis pelo saneamento, a fim de investir no controle e redução das perdas de água.

Figura 13 – Comparação do índice de perdas na distribuição (IN049) das macrorregiões do estado do Ceará com a média do Brasil no ano de 2020



Fonte: Elaborado pela autora (2022) baseado nos dados coletados do SNIS.

5 CONCLUSÕES

A base de fundamentação mais importante para a pesquisa foi o cálculo dos indicadores operacionais de abastecimento das macrorregiões do estado do Ceará por meio dos dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento - SNIS. Apoiado nisso, a visualização dos dados e informações coletadas e calculadas se deram através da elaboração de mapas temáticos por meio de uma ferramenta SIG, que permitiram avaliar as mudanças no estado do Ceará em um intervalo de 10 anos para os indicadores: Índice de atendimento total de água (IN055), Índice de consumo de água (IN052), Índice de perdas na distribuição (IN049), e Consumo médio per capita de água (IN022).

O comparativo entre os anos de 2010 e 2020 mostrou que para o índice de atendimento total de água, das 14 macrorregiões estudadas, 7 apresentaram um pequeno aumento desse índice, enquanto as demais obtiveram uma diminuição. Para o índice de consumo de água, verificou-se que apenas a macrorregião da Serra da Ibiapaba expressou um aumento desse índice. Em relação ao consumo médio per capita de água, 4 macrorregiões tiveram aumento desse indicador, ou seja, as outras 10 regiões do estado apresentaram uma diminuição desse índice. Quanto ao índice de perdas na distribuição, houve aumento deste indicador entre 2010 e 2020 para o estado do Ceará, aumentando de 24,9% para 34,8%, aproximando a média geral do estado com a média geral do Brasil, o que representa um fator negativo.

Segundo os parâmetros de classificação da ARCE, para o índice de atendimento total de água, todas as macrorregiões do estado do Ceará se classificaram como “ruim” nos anos de 2010 e 2020, e apenas 7 regiões obtiveram um aumento desse índice. Já para o índice de perdas na distribuição, no ano de 2010, das 14 macrorregiões estudadas, 2 se classificaram como “excelente”, 2 como “mediano”, e as demais se classificaram como “bom”. No ano de 2020, 2 macrorregiões se caracterizaram como “bom”, 9 como “mediano”, e 3 como “ruim”.

O comparativo entre as condições de abastecimento de água do estado do Ceará com a média geral do Brasil para os 4 indicadores operacionais de água mostrou que: para o índice de atendimento total de água, as macrorregiões do estado do Ceará apresentaram valores abaixo da média nacional, nos anos de 2010 e 2020; em relação ao índice de consumo de água, em 2010 todas as macrorregiões possuíam valores acima da média nacional; e no ano de 2020, apenas 3 macrorregiões estavam abaixo da média nacional. Acerca do consumo médio per capita de água, no ano de 2010 apenas 3 macrorregiões ficaram abaixo da média do Brasil; e no ano de 2020, apenas 2 macrorregiões se encontram abaixo da média. Quanto ao índice de perdas na distribuição, no ano de 2010 todas as macrorregiões apresentam valores abaixo da

média nacional. Mas no ano de 2020, esse cenário não se mantém para todo o estado do Ceará, visto que 3 macrorregiões apresentaram valor acima da média nacional.

Levando em consideração os resultados obtidos, é fundamental que se dê importância ao acesso ao abastecimento de água, bem como ao correto manejo de recursos, a fim de evitar desperdícios, para assim, elaborar maneiras de universalizar o serviço de forma mais ágil e consistente. Além disso, a pesquisa e a elaboração de trabalhos que avaliem outros tipos de indicadores, e/ou que prossigam na avaliação dos indicadores trabalhados neste estudo, é de extrema importância, para que assim, o embasamento teórico e científico do panorama do saneamento básico esteja sempre atualizado de forma complementar a outros estudos pertinentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS (ABC). **Águas do Brasil: análises estratégicas**. Bicudo, C.E.de M.; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B. São Paulo, Instituto de Botânica, 2010. Disponível em: doc-6820.pdf (abc.org.br). Acesso em: 20 abr. 2022.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2013**. Brasília (DF), 2013. Disponível em: https://www.ana.gov.br/acoesadministrativas/cdoc/catalogopublicacoes_2013.asp. Acesso em: 19 abr. 2022.

ANDRADE, M. M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**: Elaboração de trabalhos na graduação. 10. Ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ANTÔNIO, T. D. **Pesquisa de marketing**: Livro didático. 2. ed. Palhoça: UnisulVirtual, 2011.

Anuário do Ceará: Regiões de planejamento. Ceará, 2020.680 p. Disponível em: regioes-de-planejamento-mapa.png (2252×3248) (anuariodoceara.com.br).

ARAÚJO, F. C de; BERTUSSI, G. L. Saneamento básico no Brasil: estrutura tarifária e regulação. **Revista Planejamento e políticas públicas**. n. 51. Jul/dez. 2018.

Assembleia Legislativa do Estado do Ceará. **Cenário atual dos recursos hídricos do Ceará: Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará**; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). Fortaleza: INESP, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL – ABES. **Controle e redução de perdas nos sistemas públicos de abastecimento de água: Posicionamento e contribuições técnicas da abes**. 2015. Disponível em: http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf. Acesso em: 07 maio. 2022.

BATISTA, M. E. M; SILVA, T. C. **O modelo ISA/JP – Indicador de performance para diagnóstico do saneamento ambiental urbano**. João Pessoa, maio de 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000100008>. Acesso em 10 de jan de 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Brasília-DF, 2020.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Brasília-DF, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm. Acesso em: 04 maio. 2022.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos: Anexo C – Descrição SNIS 2019**. Brasília, 2019.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Informações para planejar o abastecimento de água: Diagnóstico SNIS-AE 2019**. Brasília, dezembro de 2020.

CARVALHO, S. A. O direito fundamental ao saneamento básico como garantia do mínimo existencial social e ambiental. **Revista Brasileira de Direito**, v. 8, n. 2. jul-dez de 2012. Acesso em 14 de dez de 2021.

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – **Atlas dos Recursos Hídricos do Ceará**. c2020. Disponível em: <http://atlas.cogerh.com.br/>. Acesso em: 25 abr. 2022.

DAVIS, C; CÂMARA, G. **Introdução à ciência da geoinformação: Arquitetura de sistemas de informação geográfica**. São José dos Campos: INPE, 2001.

FERREIRA, H.; CASSIOLATO, M.; GONZALEZ, R. **Uma experiência de desenvolvimento metodológico para avaliação de programas: O modelo lógico do programa segundo tempo**. Brasília, jan de 2009. Disponível em: Microsoft Word - TD_1369.doc (ipea.gov.br). Acesso em 10 de jan de 2022.

FILHO, J. L; IOCHPE, C. **Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados**. 1996

FITZ, P. R. **Cartografia básica. Nova edição**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRITZ, A. da C. **Avaliação da qualidade do serviço de abastecimento de água no estado do rio de janeiro com base em suas regiões hidrográficas**. Rio de Janeiro, dezembro de 2019. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10030720.pdf?msclkid=a3281634cfa411ecb35a1266a3e1264b>. Acesso em: 09 maio. 2022.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. 2021. Disponível em: <http://www.funceme.br/>. Acesso em: 26 dez. 2022.

GATTI, B. A. **A construção da pesquisa em educação no Brasil**. 3. ed. Brasília, Liber Livro Editora, 2010.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª edição, Belo Horizonte, Editora UFMG, 2010.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ – CAGECE. **Nossa história**. Ceará, 2018. Disponível em: < <https://www.cagece.com.br/quem-somos/historia/#:~:text=1866%20%E2%80%93%20Primeiro%20Sistema%20de%20Abastecimento,as%20fontes%20do%20S%C3%ADtio%20Benfica.> >. Acesso em: 11 de abr. De 2022.

IBRAHIN, F. I. D. **Introdução ao geoprocessamento ambiental**. 1. ed. Editora Érica, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>. Acesso em: 17 maio. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama>. Acesso em: 17 maio. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: Abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: [liv101734.pdf \(ibge.gov.br\)](#). Acesso em: 06 dez. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017: abastecimento de água e esgotamento sanitário**. IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Rio de Janeiro, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional por amostras de domicílios: síntese de indicadores 2015**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv98887.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Ceará em números 2013**. Fortaleza, 2014. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/ceara_em_numeros/2013/completa/Ceara_em_Numeros_2013.pdf. Acesso em: 19 maio. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **Os Recursos Hídricos do Ceará: Integração, Gestão e Potencialidades**. MEDEIROS, C. N, GOMES., D. D. M., ALBUQUERQUE, E. L. S., CRUZ, M. L. B. Fortaleza: IPECE, 2011. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Recursos_Hidricos_do_Ceara.pdf. Acesso em: 21 abr. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual de Saneamento Básico: Entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e Sua Importância socioeconômica**. Editora Instituto Trata Brasil: Belo Horizonte, 2012.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do Saneamento**. Editora Instituto Trata Brasil: Belo Horizonte, 2018.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. Ed. Editora Atlas, São Paulo, 2003.

LEITE, F. T. **Metodologia científica: métodos e técnicas de pesquisa**. 1. Ed. Aparecida: Ideias & Letras, 2008.

LONGLEY, P. A; GOODCHILD, M. F; MAGUIRE, D. J. RHIND, D. W. **Sistemas e ciências da informação geográfica**. 3. ed. Editora Bookman, 2013.

MARTINELLI, M. **Cartografia temática: Caderno de Mapas**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO - Secretaria De Planejamento E Investimentos Estratégicos. **Indicadores de Programas: Guia Metodológico**. Brasília-DF, março de 2010.

MOTA, Suetônio. **Introdução à engenharia ambiental**. 6. ed., atual. e rev. Rio de Janeiro: ABES, 2016. 524 p.

NETTO, A. Cronologia do abastecimento de água (até 1970). **Revista DAE**, São Paulo, v. 44, n. 137, p. 106-111, junho de 1984. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_137_n_1175.pdf. Acesso em: 30 mar. 2022.

PENA, F. Do P. **Estudo dos indicadores existentes no saneamento e suas possíveis inconsistências – Estudo de caso de Itabaiana/PB**. UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, 2000.

SANTOS, G. C. F.; RIBEIRO, M. A. M. Geoprocessamento aplicado à espacialização de serviço de abastecimento de água em municípios da Paraíba. **Revista Interscientia**, João Pessoa, v. 5, n. 1, p. 92-104, out. 2017.

SCHNEIDER, D. D.; DOS SANTOS, R.; MARTINEZ, R. C.; COUTINHO, S. M. V.; MALHEIROS, T. F.; TEMÓTEO, T. G. Indicadores para serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário voltados às populações vulneráveis. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n 17, setembro de 2010.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – **Atlas Eletrônico Dos Recursos Hídricos do Ceará**. Jan, 2015. Disponível em: Açudes - Características Técnicas (srh.ce.gov.br). Acesso em: 25 abr. 2022.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 3. Ed. São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TUNDISI, J. G; TAKAKO, M. **A água**. São Carlos: Scienza, 2020. 39 p.

VIANA, R. S.; CASTRO, B. P. L.; ROCHA, E. J. T. Utilização do SIG para a avaliação de indicadores de saneamento na região metropolitana de Fortaleza. São Paulo, **Revista DAE**, v. 68, n. 227, p. 88-102, Ed. Esp. nov. 2020

VON SPERLING, M. **Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal**. London: publishing company IWA Publishing, 2007.