



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

ANTONIA ELVIRA GOMES DE ARAÚJO CARVALHO

AVALIAÇÃO DE ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS ACERCA DO
ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE
INDEPENDÊNCIA – CE

CRATEÚS-CE

2022

ANTONIA ELVIRA GOMES DE ARAÚJO CARVALHO

AVALIAÇÃO DE ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS ACERCA DO
ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE
INDEPENDÊNCIA – CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária do Campus de Crateús da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária. Área de concentração: Saneamento Ambiental.

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

CRATEÚS-CE

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)

- C321a Carvalho, Antonia Elvira Gomes de Araújo.
Avaliação de aspectos quantitativos e qualitativos acerca do abastecimento de água na zona urbana do município de Independência – CE / Antonia Elvira Gomes de Araújo Carvalho. – 2022.
71 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: Profa. Dra. Larissa Granjeiro Lucena.
1. Água Bruta. 2. Indicadores Operacionais. 3. Qualidade da Água.. I. Título.

CDD 628

ANTONIA ELVIRA GOMES DE ARAÚJO CARVALHO

AVALIAÇÃO DE ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS ACERCA DO
ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE
INDEPENDÊNCIA – CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental
e Sanitária do Campus de Crateús da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Ambiental e Sanitária. Área de
concentração: Saneamento Ambiental.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Larissa Granjeiro Lucena (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dr.^a Thayres de Sousa Andrade (Examinadora interna)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Me. Gilson de Oliveira Claudino (Examinador externo)
Universidade Regional de Blumenau (FURB)

A Deus, pela força dada para enfrentar os obstáculos com determinação e iluminação nas decisões difíceis. Aos meus pais, Núbia e Erivan, em especial a meu pai, que não se encontra mais aqui, mas que, com certeza, de onde estiver, está muito feliz por essa conquista. Agradeço o amor, carinho e ensinamentos de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus com todas as minhas forças, pois, sem Ele, nada seria possível. Foi Ele quem sempre me guardou e me guiou por toda essa caminhada.

Aos meus pais, Núbia e Erivan, por me educarem e me incentivarem a correr atrás dos meus sonhos, e me ensinarem, durante a minha vida inteira, a ter força, foco e fé. Isso tudo foi e sempre será por eles.

À minha avó, Neném, que nunca mediu esforços para me ajudar durante todo o período de graduação, por me incentivar a estudar e por sempre me apoiar.

Ao meu irmão Lourhan e ao meu padraсто Dionísio, por sempre estarem ao meu lado, independentemente da situação.

Ao Marquezan, que esteve comigo nos melhores e piores momentos, me ajudando, segurando minha mão e fazendo com que eu acreditasse que seria possível chegaram até aqui.

A todos citados acima, meu mais sincero agradecimento. Vocês são minha alegria e minha fortaleza. Eu amo demais cada um de vocês.

À Larissa, minha orientadora, pela oportunidade de realizar este trabalho e por proporcionar imenso conhecimento. Agradeço pelo apoio, incentivo, paciência e atenção. Uma grande profissional, de sabedoria e percepção, a qual admiro demais.

Aos meus amigos Rafaela, Vanutti, Luís Deivid, João Pedro, Alan, Jefferson, Rafael e Ana Luiza, que sempre me apoiaram, me incentivaram e que levarei sempre comigo. Obrigada por cada momento vivido durante todos esses anos.

À SEMARH de Independência (CE), por me proporcionar experiência como estagiária e representar uma importante base para minha carreira profissional. À minha orientadora profissional, Heliana, por toda conduta ao repassar seus conhecimentos e fazer-me sentir acolhida.

Aos professores participantes da banca examinadora pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

E, por fim, agradeço a todos os professores da graduação do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da UDC – Campus Crateús, pela contribuição na minha formação.

A todos vocês meus profundos e sinceros agradecimentos!

“N3o aponte falhas, aponte solu73es.”

(Henry Ford)

RESUMO

Muitos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) no Brasil têm problemas a serem superados, relacionados, por exemplo, a adversidades relativas ao aumento crescente da demanda por água, baixa disponibilidade hídrica e falta de serviços de infraestrutura de apoio. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar o sistema de abastecimento de água da zona urbana do município de Independência (CE), sobretudo quanto aos aspectos qualitativos e quantitativos, no período entre 2010 e 2021. O estudo considerou dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). A elaboração do estudo foi dividida em quatro etapas. A primeira delas consistiu em uma fase preliminar de visitas in loco e coleta de informações. Na segunda etapa foram coletados e analisados indicadores operacionais da plataforma do SNIS. Durante a terceira etapa buscou-se verificar se os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água bruta dos açudes Cupim e Jaburu II estão de acordo com a Resolução do CONAMA nº 357/2005. Já a quarta etapa teve como objetivo classificar a qualidade da água bruta dos dois reservatórios, considerando o índice de Qualidade da Água. Em Independência, o índice de atendimento total de água subiu 0,65% no período analisado. Acerca do índice de atendimento urbano de água, a taxa passou de 73,6% em 2010, para 75,02% em 2020. Já o consumo de água em Independência caiu 5,24%. Em relação ao consumo médio per capita de água, a queda foi de 32,89 L/hab.dia. Já o índice de perdas na distribuição caiu 5,72% entre 2012 e 2020. Sobre os parâmetros de qualidade da água, foi constatado que, apesar de os dois açudes terem valores fora do limite estabelecido pelo CONAMA em alguns períodos, na maioria dos anos avaliados as taxas estiveram em níveis adequados. A exceção fica por conta do fósforo total, já que, nos dois reservatórios, os valores estiveram fora dos limites determinados pelo CONAMA em todos os anos analisados. Em relação ao monitoramento da qualidade da água por meio do IQA, os dois açudes tiveram oscilações entre Regular, Boa e Ótima acerca das classificações estabelecidas pela CETESB. Apenas em 2016 houve um enquadramento Ruim, referente ao Jaburu II. Portanto, com base nos resultados adquiridos neste estudo, pode-se perceber que o período analisado dispõe de mais fatores positivos do que negativos, quanto aos aspectos quantitativos e qualitativos do abastecimento de água.

Palavras-chave: Água Bruta. Indicadores Operacionais. Qualidade da Água.

ABSTRACT

Many Water Supply Systems (SAA) in Brazil have problems to be overcome, related, for example, to adversities related to the growing demand for water, low water availability and lack of support infrastructure services. In this context, the present work aimed to analyze the water supply system in the urban area of the municipality of Independência (CE), especially regarding qualitative and quantitative aspects, in the period between 2010 and 2021. The study considered data from the National Water System Sanitation Information (SNIS) and Water Resources Management Company (COGERH). The elaboration of the study was divided into four stages. The first of these consisted of a preliminary phase of on-site visits and information gathering. In the second stage, operational indicators of the SNIS platform were collected and analyzed. During the third stage, an attempt was made to verify whether the physical, chemical and biological parameters of the raw water from the Cupim and Jaburu II dams are in accordance with CONAMA Resolution nº 357/2005. The fourth stage aimed to classify the raw water quality of the two reservoirs, considering the Water Quality Index. In Independência, the total water service rate rose 0.65% in the analyzed period. Regarding the urban water service rate, the rate increased from 73.6% in 2010 to 75.02% in 2020. Water consumption in Independência fell by 5.24%. Regarding the average per capita consumption of water, the drop was 32.89 L/inhabitant.day. The index of losses in distribution fell by 5.72% between 2012 and 2020. Regarding the water quality parameters, it was found that, despite the two dams having values outside the limit established by CONAMA in some periods, in most years assessed, the rates were at adequate levels. The exception is the total phosphorus, since, in both reservoirs, the values were outside the limits determined by CONAMA in all the years analyzed. Regarding the monitoring of water quality through IQA, the two dams had oscillations between Regular, Good and Excellent regarding the classifications established by CETESB. Only 2016 was a Bad classification, referring to Jaburu II. Therefore, based on the results acquired in this study, it can be noticed that the analyzed period has more positive than negative factors, regarding the quantitative and qualitative aspects of the water supply.

Keywords: Raw Water. Operational Indicators. Water Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Uso da água e a geração de riqueza	21
Figura 2 – Sistema de Abastecimento de Água.....	22
Figura 3 – Mapa de localização da área urbana de Independência (CE).....	38
Figura 4 – Mapa de localização do açude Jaburu II em Independência (CE)	38
Figura 5 – Mapa de localização do açude Cupim em Independência (CE).....	39
Figura 6 – Esquema das etapas da realização da pesquisa	40
Figura 7 – Gráfico do número da população total atendida com abastecimento de água	46
Figura 8 – Evolução do índice de atendimento total de água e índice de abastecimento urbano de água no período entre 2010 e 2020 do município de Independência (CE).....	46
Figura 9 – Monitoramento do Volume do Reservatório Barra Velha	48
Figura 10 – Evolução do índice de consumo de água e índice de consumo médio per capita de água no período de 2010 até 2020 do município de Independência (CE).....	49
Figura 11 – Evolução do índice de perdas na distribuição entre os anos de 2010 e 2020 no município de Independência (CE) comparado com estado do Ceará.....	51
Figura 12 – Resultados da turbidez em todo período analisado	52
Figura 13 – Resultados da DBO no período analisado.....	54
Figura 14 – Criação de animais nas margens do açude Cupim	55
Figura 15 – Áreas no entorno do açude Jaburu II contendo a presença de animais e alguns tipos de resíduos.....	55
Figura 16 – Resultados do OD no período analisado.....	56
Figura 17 – Resultados do fósforo total no período analisado.....	57
Figura 18 – Resultados dos coliformes termotolerantes em escala normal no período analisado.....	59
Figura 19 – Resultados dos coliformes termotolerantes em escala logarítmica no período analisado.....	59
Figura 20 – Resultados do pH no período analisado.....	60
Figura 21 – Resultados dos SDT no período analisado.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Perdas físicas em um SAA de águas nas suas etapas e sua origem.....	25
Quadro 2 – Indicadores do Sistema de Tratamento de Água	28
Quadro 3 – Exemplos de estudos publicados realizados com base em dados do SNIS	28
Quadro 4 – Indicadores das operações de saneamento no Ceará com base nos dados do SNIS	29
Quadro 5 – Classes de usos das águas com base na Resolução CONAMA n° 357/2005	31
Quadro 6 – Indicadores operacionais de água adotados na pesquisa.....	42
Quadro 7 – Pesos correspondentes aos parâmetros utilizados no IQA.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões dos parâmetros de qualidade da água de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005	43
Tabela 2 – Classificação do IQA de acordo com a CETESB.....	44
Tabela 3 – Consumo per capita por faixa de população.....	50
Tabela 4 – Classificação do Índice de Qualidade da Água do açude Cupim com base na CETESB.....	62
Tabela 5 – Classificação do Índice de Qualidade da Água do açude Jaburu II com base na CETESB.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ARIS	Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
COGERH	Companhia de Gestão de Recursos Hídricos
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
IAS	Instituto Água e Saneamento
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica
IQA	Índice de Qualidade da Água
ITB	Instituto Trata Brasil
MS	Ministério da Saúde
OD	Oxigênio Dissolvido
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial Hidrogeniônico
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNS	Secretaria Nacional de Saneamento
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Apresentação do tema e contextualização do problema	16
1.2	Objetivos.....	17
<i>1.2.1</i>	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>17</i>
<i>1.2.2</i>	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>18</i>
1.3	Justificativa	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Sistema de abastecimento de água	20
<i>2.1.1</i>	<i>Importância do sistema de abastecimento de água</i>	<i>20</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água.....</i>	<i>21</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Consumo de água</i>	<i>23</i>
<i>2.1.4</i>	<i>Perdas no sistema de abastecimento de água.....</i>	<i>24</i>
2.2	Cenário atual do saneamento básico no Brasil	26
2.3	Indicadores de abastecimento de água	27
2.4	Qualidade da água.....	30
<i>2.4.1</i>	<i>Análise da qualidade de água</i>	<i>30</i>
<i>2.4.2</i>	<i>Parâmetros de qualidade das águas.....</i>	<i>32</i>
<i>2.4.2.1</i>	<i>Temperatura.....</i>	<i>32</i>
<i>2.4.2.2</i>	<i>Potencial Hidrogeniônico.....</i>	<i>32</i>
<i>2.4.2.3</i>	<i>Oxigênio Dissolvido</i>	<i>33</i>
<i>2.4.2.4</i>	<i>Sólidos Totais.....</i>	<i>34</i>
<i>2.4.2.5</i>	<i>Demanda Bioquímica de Oxigênio.....</i>	<i>34</i>
<i>2.4.2.6</i>	<i>Coliformes Termotolerantes</i>	<i>35</i>
<i>2.4.2.7</i>	<i>Nitrogênio Total.....</i>	<i>35</i>
<i>2.4.2.8</i>	<i>Fósforo Total</i>	<i>36</i>
<i>2.4.2.9</i>	<i>Turbidez.....</i>	<i>36</i>
3	METODOLOGIA.....	37
3.1	Classificação e definições da pesquisa	37
3.2	Área de estudo.....	37
<i>3.2.1</i>	<i>Caracterização do Município de Independência (CE).....</i>	<i>37</i>
<i>3.2.2</i>	<i>Sistema de abastecimento público de água do município de Independência.....</i>	<i>39</i>
3.3	Coleta e análise dos dados.....	40

3.3.1	<i>Indicadores operacionais de desempenho do SNIS</i>	41
3.3.2	<i>Parâmetros e padrões de qualidade de águas superficiais</i>	42
3.3.3	<i>Índice de Qualidade da Água (IQA)</i>	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	Análise dos indicadores de desempenho operacional	45
4.1.1	<i>Indicador IN023 – Índice de Abastecimento Urbano de Água e Indicador IN055 – Índice de Abastecimento Total de Água</i>	45
4.1.2	<i>Indicador IN052 – Índice de Consumo de Água e Indicador IN022 – Índice de Consumo Médio Per Capita de Água</i>	48
4.1.3	<i>Indicador IN049 – Índice de Perdas na Distribuição</i>	50
4.2	Análise da conformidade legal dos parâmetros físicos, químicos e biológicos segundo a resolução CONAMA 357/2005	52
4.2.1	<i>Turbidez</i>	52
4.2.2	<i>Demanda Bioquímica de Oxigênio</i>	53
4.2.3	<i>Oxigênio Dissolvido</i>	56
4.2.4	<i>Fósforo Total</i>	57
4.2.5	<i>Coliformes Termotolerantes</i>	58
4.2.6	<i>Potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	60
4.2.7	<i>Sólidos Dissolvidos Totais</i>	61
4.3	Classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA)	62
5	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do tema e contextualização do problema

Segundo informações do Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021 (BRASIL, 2021b), a qualidade de vida de uma população está intrinsecamente relacionada aos bons índices de serviços de saneamento básico oferecidos na região em que ela habita. Entretanto, muitas pessoas ainda não têm acesso a sistema de infraestrutura que disponibilizam, por exemplo, distribuição de água e coleta de esgoto adequados, o que contribuiu para maior incidência de doenças, aumento de mortalidade e impacto negativo no sistema de saúde.

Nesse contexto, é válido destacar que, entre os importantes serviços de saneamento, tem-se o abastecimento de água. De acordo com a definição estabelecida pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (MS) (MS, 2005), abastecimento público de água diz respeito ao conjunto de serviços, obras e instalações voltados a produzir e distribuir água a uma determinada comunidade, levando em conta aspectos qualitativos e quantitativos que atendam aos anseios da população, sobretudo, quanto aos consumos domésticos e industrial, além de serviços públicos, entre outros.

Apesar dessa definição, diversos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) apresentam problemas e desafios a serem superados. Essas adversidades pode se originar, por exemplo, de: problemas relativos ao aumento crescente da demanda por água; baixa disponibilidade hídrica; alterações ambientais na bacia; mudanças climáticas globais; falta de serviços de infraestrutura de apoio; ausência de manutenção adequada na rede de abastecimento; gerenciamento operacional deficiente; vazamentos na rede; problemas relativos à qualidade de água dos mananciais de abastecimento; ou ainda, falta de planejamento no atendimento da alta demanda da sociedade (BRASIL, 2021b).

Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (BRASIL, 2021^a) revelam que, em 2020, 84,1% da população do Brasil contava com acesso ao abastecimento de água ofertado pela rede pública. A região que concentrava o maior índice de pessoas atendidas por esse serviço era a Sudeste, com 91,3%. Na outra ponta estava a região Norte, responsável pela menor taxa, com 58,9% de cobertura (BRASIL, 2021a).

Ainda segundo o SNIS (BRASIL, 2021a), houve uma leve melhora no setor de saneamento no que diz respeito aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, entre 2019 e 2020. O índice de abastecimento total com rede abastecimento de água passou de 83,7% para 84,1%. Já o índice de atendimento total com rede de esgoto saiu de 54,1% e foi

para 55%.

Apesar da melhora do nível médio no Brasil, nota-se que o saneamento, em determinadas partes do País, não foi disponibilizado a todas as comunidades, e a ausência dos serviços tem provocado muitas adversidades para a população. Por exemplo, a falta de abastecimento adequado de água pode levar a impactos à saúde humana e falta de suprimento das necessidades básicas humanas.

Outro ponto negativo relacionado à falta de qualidade nos serviços de saneamento é o elevado índice de perdas na distribuição de água. Essa taxa, que chega a 40,1%, gera certa preocupação, isso porque tal porcentagem representa crescimento contínuo após um período de estabilidade, entre 2012 e 2015, quando chegou a ficar abaixo de 37% de acordo com SNIS (BRASIL, 2021a).

Esse cenário mostra que os sistemas de distribuição de água apresentam falhas, que podem estar relacionadas às perdas na rede que, por sua vez, podem ser provocadas por erros na execução das tubulações, que permitem vazamentos por má vedação. Além disso, podem ser geradas pela falta de manutenção nas redes, o que favorece a ocorrência de fissuras ou quebras de tubulações. Logo, essas perdas podem trazer consequências tanto financeiras quanto ambientais, uma vez que a água tratada é desperdiçada. Morais e Almeida (2006) afirmam que as empresas de saneamento apresentam altos índices de perdas e consequentemente de receita, ao jogarem fora água tratada por falta de uma gestão adequada.

Diante disso, o presente trabalho visa avaliar o serviço de abastecimento de água em um município nordestino – Independência (CE), tendo como base os indicadores e dados do SNIS, e da Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH), referentes a período entre 2010 e 2021. Com isso, busca-se criar, entre outros pontos, subsídios técnicos que auxiliem o poder público municipal e estadual nas tomadas de decisões.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar o sistema de abastecimento de água da zona urbana do município de Independência - CE, com base em dados secundários, em relação a aspectos qualitativos e quantitativos, no período entre 2010 e 2021.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Avaliar os indicadores operacionais do município disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento;
- Examinar a conformidade legal de determinados parâmetros físicos, químicos e biológicos da água bruta dos açudes Cupim e Jaburu II, segundo a resolução CONAMA nº 357/2005;
- Classificar a qualidade da água bruta dos açudes Cupim e Jaburu II, de acordo com o Índice de Qualidade da Água (IQA).

1.3 **Justificativa**

Para que a população tenha acesso a serviços de saneamento básico de qualidade, sobretudo no processo de distribuição de água potável, é necessário o perfeito funcionamento dos SAAs. Esse tipo de serviço é considerado de extrema relevância para as comunidades. Porém, é indispensável que sejam executados de maneira eficaz, visando sempre a qualidade da água disponibilizada.

Nesse contexto, o funcionamento adequado do sistema de distribuição de água, em termos de qualidade e quantidade, assim como na pressão correta, representa segurança hídrica para sociedade. Isso vale tanto para questões de infraestrutura quanto para a disponibilidade racional desse recurso.

No que diz respeito à quantidade, Rebouças (1997) afirma que mais de 90% do território brasileiro conta com uma pluviometria média anual de chuva entre mil e mais de 3 mil mm. Já a região Nordeste apresenta precipitação entre 300 e 800 mm/ano. Esse baixo índice pluviométrico registrado na região influencia, de forma direta, a disponibilidade e o volume acumulado nos mananciais, causando, assim, a falta de água para abastecimento regular em alguns municípios nordestinos.

Dados do Instituto Água e Saneamento (IAS), divulgados em 2021, revelam que em 2020, 33,65% da população total de Independência - CE tinha acesso aos serviços de abastecimento de água. No estado do Ceará, a médio era de 58,62%. Já a taxa do Brasil chegava a 83,71%. De acordo com os dados do SNIS (BRASIL, 2021a), em Independência, o prestador de serviço – a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) – mede um consumo de 100% das economias de água, que corresponde a todos os estabelecimentos que possuem os hidrômetros. Já em relação ao índice de perdas na distribuição, 29,34% da água captada é

perdida na rede antes de chegar aos consumidores.

Desde meados de 2014, o município cearense de Independência sofre com uma grave crise hídrica. Daquele ano até então, o açude Barra Velha, apontado como principal reservatório de abastecimento da cidade, secou totalmente. Para que os indivíduos que vivem no município não sofressem com as adversidades desse quadro, em 2015 foi construída uma adutora no manancial Jaburu II. O intuito do projeto era aumentar a capacidade de abastecimento hídrico de Independência. No entanto, a falta de chuva na região também levou esse açude a operar em níveis baixos, dificultando, sobretudo, a etapa de adução.

Com isso, diante da necessidade de dar ênfase a um tema tão relevante como a disponibilização de água no município cearense, o presente trabalho se justifica pela importância da análise da situação do processo de abastecimento de água em níveis qualitativos e quantitativos essenciais à população.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema de abastecimento de água

2.1.1 Importância do sistema de abastecimento de água

A portaria de consolidação nº 888/2021 do Ministério da Saúde (GM/MS, 2021) define um sistema de abastecimento de água como uma instalação formada por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, que vão desde a zona de captação às ligações prediais. Essa instalação se destina à produção e ao funcionamento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição.

A instalação de um sistema completo de abastecimento de água exige estudos aprofundados e mão-de-obra especializada. Os trabalhos têm origem na definição da população a ser abastecida, passando pela taxa de crescimento da cidade e suas necessidades industriais. Com base nesses dados, o SAA é construído para atender à comunidade, com qualidade e quantidade suficiente de água tratada (COPASA, 2019).

Para que a água possa ser consumida, sem oferecer riscos à saúde da população, ela precisa ser tratada, limpa e descontaminada. O tratamento da água é compreendido como um conjunto de procedimentos físicos e químicos aplicados na água. Assim, espera-se que ela fique em condições adequadas para o consumo, ou seja, potável. O processo de tratamento da água a torna sem contaminação, evitando, assim, a propagação de doenças (SANESUL, 2022).

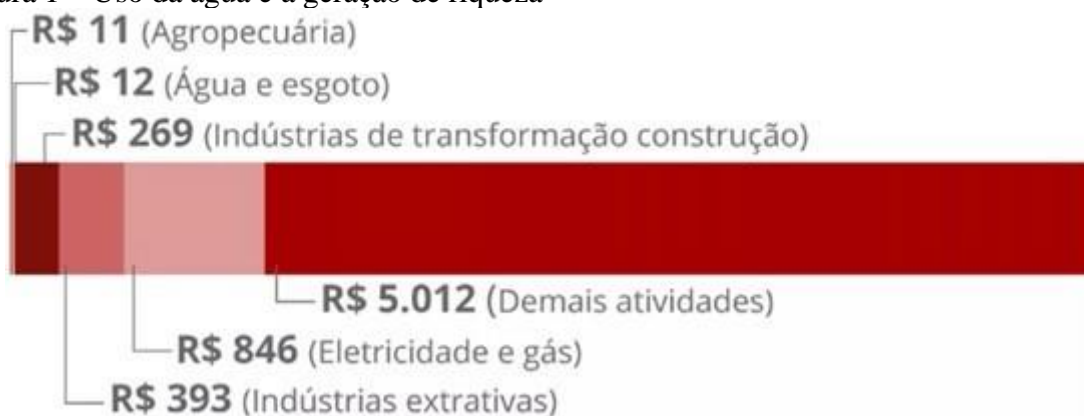
De acordo com o MS (BRASIL, 2006), quando a água não é tratada pode se tornar um ambiente propício para inúmeros microrganismos que contribuem para a proliferação de algumas doenças e infecções. Quando se ingere água que não passou pelo devido processo de tratamento, há uma pré-disposição para se criar componentes nocivos ao organismo humano. Além disso, também é possível destacar outro mecanismo capaz de gerar riscos à saúde: a quantidade de água distribuída à população. Ainda conforme o MS (BRASIL, 2006), quando a quantidade não é suficiente para atender às necessidades de uma sociedade, as pessoas passam a adquirir hábitos inapropriados para utilização, acarretando algum tipo de doença em relação à higiene.

A questão econômica associada a um SAA também é relevante. Isso porque a implantação do abastecimento público de água implica aumento da expectativa de vida de uma população, além de reduzir a quantidade de horas perdidas com o tratamento de muitas doenças. Com isso, há um salto na quantidade de horas trabalhadas dos membros da comunidade

beneficiada, provocando aumento de produção (ANDRADE, 2014).

Um levantamento feito entre 2013 e 2015, divulgados pela Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostra que existe uma relação direta entre o consumo de água e a geração de riqueza para o Brasil. O balanço revela que, para cada R\$ 1,00 adicionado ao Produto Interno Bruto (PIB) são consumidos seis litros de água. A pesquisa foi realizada com o objetivo de identificar quanto de água cada setor econômico demanda, além de relacionar o uso de recursos hídricos com a produção de riquezas para o país (IBGE, 2018). A Figura 1 apresenta quanto cada setor gera para o PIB, de acordo com o consumo de água (em m³).

Figura 1 – Uso da água e a geração de riqueza



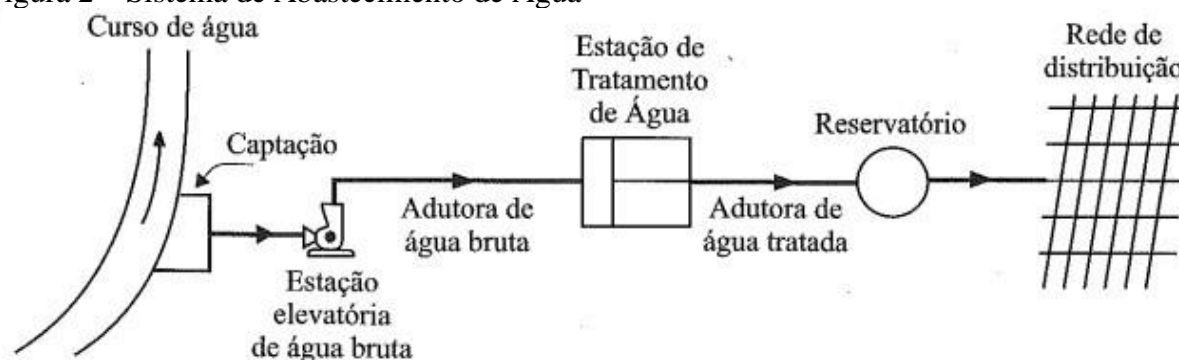
Fonte: Silveira (2018).

2.1.2 Partes constituintes de um sistema de abastecimento de água

A primeira etapa do SAA é constituída pela captação de água bruta, ou seja, aquela extraída diretamente do meio ambiente. Posteriormente há uma etapa de tratamento para tornar essa água potável. Ao final, destaca-se a etapa de distribuição aos consumidores. Essa distribuição precisa ser em quantidade suficiente para atender às necessidades de consumo da população. O SAA pode ser dimensionado para pequenos ou grandes municípios, de acordo com as necessidades e características de cada local.

De acordo com Tsutiya (2004), o SAA tem como principal intuito levar ao usuário uma água de qualidade e com quantidade adequada, além de pressão suficiente. A Figura 2 detalha quais são as partes que constituem um sistema de abastecimento de água.

Figura 2 – Sistema de Abastecimento de Água



Fonte: Tsutiya (2004).

A Figura 2 mostra que, o sistema de abastecimento inicia na captação e vai até as tubulações que levam a água ao consumidor. É possível verificar, ainda, que a água passa pelas adutoras, estações elevatórias, Estação de Tratamento de Água (ETA) e reservatórios.

Um SAA é constituído por seta partes, descritos a seguir com base em Tsutiya (2004):

- a) **Manancial:** trata-se do corpo de água superficial ou subterrâneo do qual é retirada a água para o abastecimento. Ele deve disponibilizar vazão suficiente a ponto de atender a demanda de água no período de projeto. A qualidade dessa água precisa ser adequada sob o ponto de vista sanitário.
- b) **Captação:** é formada por um conjunto de estruturas e dispositivos, montados ou construídos junto ao manancial. A captação atua na retirada de água destinada ao sistema de abastecimento.
- c) **Estação elevatória:** é formada por um complexo de obras e equipamentos com o intuito de recalcar a água para a próxima unidade. Normalmente, em sistemas de abastecimento de água existem várias estações elevatórias, tanto para o recalque de água bruta, como para recalque de água tratada.
- d) **Adutora:** é a canalização que conduz água entre as unidades que antecedem a rede de distribuição.
- e) **Estação de Tratamento de Água:** trata-se de um conjunto de unidades com a finalidade de tratar a água, com o objetivo de adequar as suas características aos padrões de potabilidade.
- f) **Reservatório:** é tido como o elemento do sistema de distribuição de água que tem como objetivo regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição, além de condicionar as pressões na rede de distribuição.

- g) **Rede de distribuição:** é identificado como a parte do sistema de abastecimento de água composta de tubulações e órgãos acessórios, e tem como finalidade disponibilizar água potável aos consumidores, de forma contínua, em quantidade e pressão adequadas.

O funcionamento do sistema, assim como suas ampliações e aperfeiçoamentos, devem considerar a demanda por partes do consumidor final. Tsutiya (2004) afirma que a previsão do consumo é de suma importância dentro do processo de planejamento e gerenciamento de sistemas de abastecimento de água. O conhecimento sobre as características do consumidor e das demandas de determinada localidade possibilita a execução de ações de gestão particularizada, o que torna o sistema mais eficiente.

2.1.3 Consumo de água

A expansão urbana nas cidades de médio ou grande porte, juntamente com os impactos ambientais, econômicos e sociais, são pontos de estudo de várias pesquisas que tratam da preocupação com a questão da sustentabilidade. Esse receio também leva em conta o consumo de água pela população. Diante disso, Heller e Pádua (2010) afirmam que o consumo de água tem índices elevados, sobretudo pelo aumento populacional e industrial de maneira desordenada, assim como pela elevação do volume de perdas nos sistemas de abastecimento.

De acordo com Tsutiya (2004), os consumidores podem ser divididos em quatro grandes categorias: sendo elas: doméstico, comercial, industrial e público. O autor dá ênfase à necessidade de estabelecer políticas tarifárias e de cobranças distintas para as diferentes categorias. Isso porque há grande diferença entre as categorias no que se refere ao consumo. Tsutiya (2004) pontua, ainda, que o consumo de água pode variar, levando em conta diversos fatores que podem ser agrupados de acordo com as seguintes classes: renda familiar, características físicas, características do abastecimento do abastecimento, da habitação, além de características culturais da comunidade.

Entre as variáveis que influenciam a demanda doméstica de água, uma das mais relevantes é o preço, uma vez que se trata do único fator sob total comando do responsável pelo sistema de abastecimento de água. Geralmente, preços mais elevados acarretam consumos menores. O mesmo acontece no sentido inverso (TSUTIYA, 2004).

Estudos elaborados por Pertel (2009) e Vimeiro (2005) demonstram que, no Brasil, o local com maior registro de consumo de água em uma residência é o banheiro. Todavia, Gonçalves (2009) revela que o volume de água utilizado pela máquina de lavar vem ficando maior do que o consumido nos banheiros.

Ainda sobre o consumo, vale destacar que somente uma pequena parcela da população se preocupa com a racionalização do uso da água (BARRETO et al., 2008). A cerca disso, Aoyama, Souza e Ferrero (2007) destacam que pequenas mudanças de hábitos diários podem significar o começo do uso sustentável desse recurso tão essencial para a vida na Terra.

O consumo de água é dividido em dois tipos, sendo eles: consumo autorizado e consumo não-autorizado. De acordo com Lambert e Hirner (2000), os consumos autorizados são aqueles, medidos ou não, referentes aos consumidores cadastrados, ao consumo dentro da própria companhia ou a outros consumos autorizados, incluindo a água exportada. Já o consumo não-autorizado se refere à perda aparente e à perda real. Ainda conforme os autores citados anteriormente e Tsutiya (2004), tal condição abrange, entre outros fatores, o volume de água consumido, compreendido como fraude, falhas de cadastro, e perdas devido a hidrômetros velhos e descalibrados.

Um SAA que possui boa operação e gerenciamento conta com baixas taxas de perdas. Isso ocorre devido ao controle desse volume de água, que inclui medidores de qualidade, tubulações em perfeito estado e sem vazamentos, com materiais resistentes, além de manutenção periódica na rede. Diante disso, para que haja controle dessas perdas e gerenciamento eficaz do sistema de abastecimento, é preciso ter conhecimento sobre os tipos de perdas, onde podem ocorrer e suas causas (TSUTIYA, 2004).

2.1.4 Perdas no sistema de abastecimento de água

Conforme o Instituto Trata Brasil (ITB, 2018), para cada 100 litros de água coletados e tratados, em média 67 litros são consumidos, enquanto 33 litros são perdidos por meio de roubos e ligações clandestinas, vazamentos, ausência de medição ou medição erradas no consumo de água. Esses problemas resultam em um prejuízo estimado em R\$ 8 bilhões (ITB, 2018).

Em um SAA, perda é toda água disponibilizada não utilizada. Segundo Tsutiya (2004), é possível que existam perdas em todas as fases do sistema de abastecimento de água, desde o processo de captação no manancial até a chegada da água tratada ao consumidor final. O Quadro 1 apresenta os tipos de perdas físicas e as origens que ocorrem em SAA considerado as etapas do sistema.

Quadro 1 – Perdas físicas em um SAA de águas nas suas etapas e sua origem

Etapa do SAA	Origem das perdas físicas
Adução de água bruta	Vazamentos nas tubulações
Tratamento de água	Lavagem de filtros e descarga do lodo
Reservação	Extravasamentos e limpeza dos reservatórios
Adução de água tratada	Descargas
Rede de distribuição	Vazamentos na rede e vazamento em ramais

Fonte: Adaptado de Werdine (2002).

As perdas são reconhecidas como físicas, que, segundo Lambert e Hirner (2000), acontecem por conta de fissuras, roturas e extravasamentos dependentes da frequência, da qualidade de água perdida e da duração média de cada fuga.

As perdas aparentes, por sua vez, de acordo com Lambert e Hirner (2000) e Tsutiya (2004), são oriundas de erros de medição da água produzida e da água consumida. Esse grupo também tem origem em fraudes, ligações clandestinas e falhas de cadastro. Diante disso, as perdas podem ser divididas em dois grupos. Um deles diz respeito às perdas físicas (reais), enquanto o outro se trata das perdas não físicas (aparentes).

Miranda (2002) defende que as perdas de água em um sistema de abastecimento equivalem aos volumes conhecidos como não contabilizados. A diferença entre perdas físicas e não físicas é de suma relevância quanto à definição e classificação das ações de combate às perdas, assim como para a construção dos indicadores de desempenho.

Em relação à importância dessa distinção, Miranda e Koide (2003) consideram que mesmo havendo duas classes principais de perdas, as tecnologias e estruturas encontradas na maior parte dos municípios não possibilitam que sejam medidas de forma separada, o que restringe a geração de índices e o controle das perdas.

Mesmo com as diferenças entre os grupos, tanto as perdas reais quanto as aparentes provocam danos significativos ao funcionamento dos sistemas de abastecimento de água. Logo, é de suma relevância que haja a identificação desses problemas e sejam elaborados planos de controle para repará-los.

Segundo o ITB (2018), as dificuldades que as companhias de saneamento enfrentam surgem por conta dos baixos investimentos registrados nos últimos anos, tanto no monitoramento quanto em serviços de manutenção dos sistemas de abastecimento de água. Quando esses contratemplos se relacionam com problemas de gestão, há inadequação de preços e elevados índices de perdas e faturamento de água (ITB, 2018).

Informações da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) revelam que o controle e o combate das perdas de água são considerados serviços de suma importância,

sobretudo no que diz respeito às circunstâncias em que ocorre escassez hídrica, conflitos por conta de seu uso ou altos volumes de água não faturado (TSUTIYA, 2008).

2.2 Cenário atual do saneamento básico no Brasil

No ano de 2007, houve a aprovação da Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007), compreendida como o marco inicial do saneamento básico. No entanto, em 2020, foi aprovada a Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020), que atualizaria o marco legal do saneamento básico. A norma traz consigo o que se pode considerar como serviços de saneamento básico, definidos em seu artigo 3º como:

“I - Saneamento básico: conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reúso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana; e

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes” (BRASIL, 2020).

A Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020) também aborda a relação regulatória entre a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o setor de saneamento. Nesse caso, a agência passará a ser responsável pela edição de normas de referências. Tais regras deverão ser levadas em conta pelas agências reguladoras de saneamento infranacionais.

Em outros pontos, a ANA será responsável por emitir normas acerca de padrões de qualidade e eficiência na operação, prestação e manutenção dos sistemas de saneamento básico; da regulação das tarifas dos serviços públicos de saneamento básico; e da diminuição escalonada e controle da perda de água.

De acordo com a ANA, o Brasil conta com 60 agências infranacionais que atuam no setor de saneamento. Desse total, 25 são estaduais, uma distrital, 28 municipais e 6

intermunicipais. Com a abrangência dessas entidades, cerca de 65% dos municípios do país estão vinculados e elas (BRASIL, 2022a).

Ainda segundo a ANA (BRASIL, 2022a), as normas, assim como as fiscalizações, se referem, sobretudo, ao desempenho dos serviços prestados, ao reajuste e revisão de tarifas, a procedimentos de controle social e atendimento ao poder público. Ademais, tratam de temas vinculados ao cumprimento de acordos contratuais entre poderes concedentes e prestadores de serviços.

Há alguns anos, em 1971, houve a instituição do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA). Por conta de seus mecanismos institucionais e financeiros, entre os anos de 1970 e o início dos anos de 1980, houve uma expansão da oferta de serviços de saneamento básico no Brasil (ARRETCHE, 1999).

Diante desse avanço, em 1996 o Governo Federal criou e passou a administrar o SNIS por meio da Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do Ministério de Desenvolvimento Regional. O SNIS (BRASIL, 2022e) é considerado o mais relevante sistema de informação do setor de saneamento no Brasil. Ele tem como base um banco de dados que dispõe de informações de caráter institucional, administrativo, operacional, gerencial, econômico-financeiro, contábil e de qualidade acerca da prestação de serviços de água, de esgoto e de manejo de resíduos sólidos urbanos.

2.3 Indicadores de abastecimento de água

De acordo com Lambert e Hirner (2000), os indicadores são considerados ferramentas essenciais para os empreendimentos que atuam em atividades de abastecimento público, já que permitem a análise da qualidade e da eficiência dos serviços prestados, possibilitando a estipulação de metas mais evidentes, mais qualidade da gestão, comparação entre companhias e fiscalização dessas empresas. Indicadores tornam-se indispensáveis nos mais variados setores e para os mais diversos objetivos. Eles podem ser úteis, inclusive, como instrumentos que auxiliam no planejamento estratégico de um empreendimento, ou ainda como mecanismo para tomadas de decisões.

O SNIS conta com 84 indicadores dentro de sua base de dados, que refletem aspectos econômico-financeiros, administrativos, de qualidade e operacionais do sistema, entre os quais pode-se citar os indicadores relacionados ao atendimento à população, às perdas e ao consumo per capita. A divulgação desses indicadores é considerada eficiente, já que apresenta, de maneira mais esclarecida, o desempenho de determinada companhia no abastecimento de

água. Esse processo torna a interpretação dos dados mais acessível por parte dos usuários e pelos próprios prestadores do serviço (BRASIL, 2022b). O Quadro 2 apresenta exemplos de indicadores operacionais de sistemas públicos de abastecimento.

Quadro 2 – Indicadores do Sistema de Tratamento de Água

INDICADORES DO SAA				
Financeiros	Operacionais	Perdas de Água	Consumo	Atendimento
Tarifa média de água	Economias/Ligação	Perdas distribuição	Consumo per capita	Atendimento urbano
Tarifa água/ esgoto	Extensão Rede	Perdas lineares	Consumo economia	Atendimento total
Despesa por m ³	Hidromedtação	Perdas Ligação		
Suficiência caixa	Macromedção			
Perdas Faturamento	Consumo energia			

Fonte: Adaptado de (BRASIL, 2021c).

Por conta da quantidade e da qualidade das informações apresentadas pelo SNIS, foram elaborados inúmeros trabalhos científicos que utilizaram dados disponibilizados pelo sistema, os quais destacam-se os seguintes exemplos expressos no Quadro 3.

Quadro 3 – Exemplos de estudos publicados realizados com base em dados do SNIS

(Continua)

REFERÊNCIA	TÍTULO DO TRABALHO	Nº. DE INDICADORES DO SNIS	CONCLUSÃO PRINCIPAL
Silva, F. J. A. (2005)	Perdas de água em sistemas públicos de abastecimento no Ceará	8	Um controle das perdas mais eficientes pode contribuir para uma melhor disponibilidade de água. Se houver redução das perdas em 30%, torna-se possível a adição de cerca de 39% no volume de água disponibilizado.
Nunes et al. (2018)	Desempenho da provisão dos serviços de saneamento básico no Ceará	7	Mesmo com a predominância do nível intermediário de desempenho na provisão de serviços de saneamento no período analisado, os resultados mostram a melhoria nesse índice depois que a Lei Nacional de Saneamento Básico entrou em vigor, pois cerca de 39% dos municípios avaliados foram do nível baixo para o intermediário.

Quadro 3 – Exemplos de estudos publicados realizados com base em dados do SNIS
(Continuação)

Bezerra et al. (2019)	Avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água do Agreste brasileiro	4	A maior parte dos sistemas de abastecimento de água da região agreste conta com indicadores mais relevantes do que a média do Nordeste brasileiro e até nacional. Diante disso, é necessário dar continuidade aos investimentos em infraestrutura, assim como na gestão eficiente dos sistemas instalados nessa área.
Freire, L. L., & da Costa Santos, Y. T. A. (2019)	A gestão da prestação de informações ao Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico: Estudo de caso na região metropolitana do Cariri - CE	15	Depois do período avaliado, é possível que tenha havido alterações no quadro. Por isso, é preciso que haja realização e melhor explanação das informações obtidas a partir das unidades regionais.
Hamdan et al. (2019)	Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água de pequeno porte	9	O desenvolvimento da pesquisa permitiu verificar os indicadores que melhor exprimem os desempenhos financeiro e operacional dos sistemas de abastecimento de água de municípios de pequeno porte.

Fonte: Autoria Própria (2022).

Outro exemplo é o Painel Saneamento Brasil (ITB, 2018), que utilizou dados do SNIS referentes ao ano de 2020 para descrever a situação do estado do Ceará, conforme está destacado no Quadro 4.

Quadro 4 – Indicadores das operações de saneamento no Ceará com base nos dados do SNIS
(Continua)

PAINEL SANEAMENTO BRASIL					
Ceará (UF)					
Ano	Bloco	Indicador	Valor	Unidade	Fonte
2020	Operações de saneamento	Parcela da população sem acesso à água	39,9%	% da população	SNIS
2020	Operações de saneamento	Parcela da população sem coleta de esgoto	70,6%	% da população	SNIS

Quadro 4 – Indicadores das operações de saneamento no Ceará com base nos dados do SNIS
(Continuação)

2020	Operações de Saneamento	Consumo de água	268.963,00	mil m ³	SNIS
2020	Operações de Saneamento	Esgoto tratado	92.367,35	mil m ³	SNIS
2020	Operações de saneamento	Índice de esgoto tratado referido à água consumida	36,0%	%	SNIS
2020	Operações de Saneamento	Esgoto não tratado	176.595,65	mil m ³	SNIS
2020	Operações de Saneamento	Perdas na distribuição	44,9%	%	SNIS
2020	Operações de saneamento	Tarifa dos serviços de saneamento	3,78	R\$/m ³	SNIS

Fonte: Adaptado de ITB (2018).

2.4 Qualidade da água

2.4.1 Análise da qualidade de água

Para ser considerada própria para consumo humano, a água deve atender aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos exigidos nos padrões de portabilidade determinados, e não pode oferecer risco à saúde das pessoas. Os padrões de controle que tratam da qualidade da água constam na Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde (GM/MS, 2021). A avaliação sistemática do padrão de potabilidade da água apresenta a situação do processo de tratamento, assim como a situação ao longo da rede de distribuição.

A Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, trata da classificação dos corpos de água superficiais e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Outro ponto previsto nesta resolução é o estabelecimento de condições acerca da qualidade das águas superficiais e de valores máximos permitidos para parâmetros de qualidade orgânicos e inorgânicos. De acordo com essa norma, cinco classes referem-se às águas doces (salinidade igual ou menor que 0,5%); quatro dizem respeito às águas salinas (salinidade igual ou superior a 30%), e quatro às águas salobras (salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%) (BRASIL, 2005), conforme apresenta o Quadro 5.

Quadro 5 – Classes de usos das águas com base na Resolução CONAMA n° 357/2005

Classes	Usos
Água Doce	
Especial	Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliça, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 3	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; recreação de contato secundário; dessedentação de animais.
Classe 4	À navegação; harmonia paisagística.
Águas Salinas	
Especial	Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	Recreação de contato primário; proteção das comunidades aquáticas; aquicultura e à atividade de pesca.
Classe 2	Pesca amadora; recreação de contato secundário.
Classe 3	Navegação; harmonia paisagística.
Águas Salobras	
Especial	Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
Classe 1	Recreação de contato primário; proteção das comunidades aquáticas; aquicultura e à atividade de pesca; abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
Classe 2	Pesca amadora; recreação de contato secundário.
Classe 3	Navegação; harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado de BRASIL (2005).

Diante disso, nota-se a importância da execução de análises de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para verificar a qualidade da água dos mananciais utilizados no abastecimento e das águas destinadas ao consumo humano. Esse monitoramento auxilia na constatação da presença de microrganismos ou substâncias químicas que podem ser prejudiciais à saúde dos consumidores (MACEDO; REMPEL; MACIEL, 2018), bem como auxilia na definição das técnicas mais adequadas ao tratamento.

2.4.2 Parâmetros de qualidade das águas

A avaliação da qualidade da água, no que diz respeito às suas características químicas, físicas e biológicas, são avaliadas por meio de análise dos padrões de qualidade da água, levando em conta vários parâmetros. Alguns importantes parâmetros físico-químicos e biológicos estão descritos a seguir.

2.4.2.1 Temperatura

Von Sperling (1996) explica que a temperatura da água provoca um efeito direto em todos os processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem nesse ecossistema. A temperatura influencia a velocidade em que ocorrem as reações químicas, assim como nas atividades metabólicas exercidas pela absorção de oxigênio dos organismos, e na solubilidade de substâncias por meio da precipitação de compostos. O aumento da temperatura em um corpo hídrico eleva a taxa de transferência de gases à atmosfera, o que pode provocar mau cheiro.

Em relação aos mananciais poluídos por esgotos domésticos, nos quais há degradação da matéria orgânica, a elevação da temperatura da água acarretará formação de odores desagradáveis. As variações de temperatura compõem o regime climático normal e corpos d'água naturais contam com oscilações sazonais e diurnas, assim como estratificação vertical. Os efluentes não devem ser despejados com uma temperatura acima de 40°C de acordo com a Resolução CONAMA n° 430/2011 (BRASIL, 2011).

2.4.2.2 Potencial Hidrogeniônico

O Potencial Hidrogeniônico (pH) corresponde à concentração de íons de hidrogênio (H^+) em escala antilogaritmo, o que mostra se a água é classificada como neutra, ácida ou alcalina. A escala varia de 0 a 14, sendo a classificação neutra igual a 7,0. Águas com pH abaixo

de 7,0 são consideradas ácidas. Já as águas com pH superior a 7,0, correspondem às alcalinas ou básicas. Os elementos que provocam alterações do pH na água são os sólidos e gases dissolvidos, que se originam de despejos domésticos ou industriais (VON SPERLING, 1996). Ainda de acordo com o autor, valores de pH entre 6,0 e 9,0 são tidos como responsáveis, a longo prazo, pela sobrevivência de maior parte dos organismos aquáticos. A violação destes limites pode provocar, entre outros pontos, a inibição dos processos metabólicos e a redução de espécies de organismos, sobretudo se ocorrerem por longos períodos de tempo ou forte variações de pH em curto prazo.

Caso o pH seja inferior a 5,0 ou acima de 9,0 pode provocar o desaparecimento de espécies aquáticas. Valores fora dos limites estabelecidos modificam o sabor da água e contribuem para a corrosão do sistema de distribuição d'água. Esse efeito pode, ainda, causar solubilização do ferro, chumbo, zinco, cobre e cádmio, comprometendo o processo de descontaminação da água. O pH influencia a coagulação química, assim como a sedimentação nas estações de tratamento de água. Esse parâmetro também é relevante nos processos químicos e biológicos das estações de tratamento de água (VON SPERLING, 1996).

2.4.2.3 *Oxigênio Dissolvido*

Considerado de suma relevância para os organismos aeróbios, o Oxigênio Dissolvido (OD) é compreendido como um parâmetro capaz de ser medido em campo ou em laboratório. Baixas concentrações de OD correspondem a processos de oxidação de substâncias despejadas nos reservatórios. Dessa forma, as águas poluídas são as que apresentam baixa concentração de OD. Além disso, é possível considerar que o elevado consumo de oxigênio dissolvido pelas bactérias aeróbias esteja relacionado à presença de matéria orgânica, o que é visto como um indicativo do nível de poluição. Por outro lado, as águas tidas como limpas costumam possuir concentrações de OD mais altas (FUZINATTO, 2009).

Diante disso, vale mencionar que o OD é considerado o principal parâmetro utilizado para caracterizar efeitos da poluição por despejos orgânicos, sobretudo por relacionar os baixos teores de oxigênio devido à elevada presença de bactérias capazes de decompor a matéria orgânica e consumir o oxigênio. Sendo assim, quanto mais oxigênio houver, menor será o índice de poluição (CETESB, 2014).

2.4.2.4 *Sólidos Totais*

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2014), os sólidos nas águas podem ser entendidos como qualquer matéria que permanece como resíduos, depois da evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura estabelecida anteriormente ao longo de um período fixado (CETESB, 2014). De maneira geral, as operações de secagem, calcinação e filtração determinam as várias frações de sólidos encontrados na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis).

Os sólidos influenciam a vida aquática. Logo, ao sedimentarem no leito dos rios eles podem prejudicar os organismos que servem de alimento para peixes, como por exemplo, plâncton e fitoplâncton. Além disso, retêm bactérias e resíduos orgânicos no fundo causando a chamada decomposição anaeróbia (CETESB, 2014).

Os sólidos totais são capazes de apresentar muitas variações sazonais. Branco (1999) pontua que os contaminantes da água, exceto os gases dissolvidos, favorecem a carga de sólidos, que podem ser definidos por suas características físicas e químicas. Vale ressaltar que sólidos totais podem ser desenvolvidos em um reservatório, tanto por decomposição da matéria orgânica, quanto pela proliferação de algas.

2.4.2.5 *Demanda Bioquímica de Oxigênio*

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) da água é compreendida como a quantidade de oxigênio essencial para estabilização da matéria orgânica por meio de processos bioquímicos que agem na decomposição causada por bactérias aeróbias, para uma forma inorgânica estável. Logo, é tida como uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica (VON SPERLING, 1996).

Geralmente, a DBO é compreendida como a quantidade de oxigênio consumida ao longo de um determinado período de tempo, em uma temperatura de incubação específica. Um período de tempo estabelecido em 5 dias em uma temperatura de 20°C é, normalmente, usado e apontado como DBO_{5,20} (CETESB, 2014).

A DBO corresponde ao volume de oxigênio consumido ao longo de um determinado período, em meio a uma específica temperatura de incubação. Dessa forma, a DBO fica elevada em um corpo de água quando há despejos de origem majoritariamente orgânica. A existência de u, elevado teor de matéria orgânica pode provocar um completo esgotamento do oxigênio na água, acarretando desaparecimento de peixes, assim como de outras formas de vida

aquática (CETESB, 2014).

Quando o valor da DBO está elevado, pode-se considerar que há um incremento da microflora presente. Essa elevação pode comprometer o equilíbrio da vida na água, além de produzir odores e sabores indesejáveis e bloquear os filtros de areia usados nas estações de tratamento de água (CETESB, 2014).

2.4.2.6 *Coliformes Termotolerantes*

Informações disponibilizadas pela CETESB (2014) pontuam que os coliformes são tidos como todos os bacilos Gram-negativos, aeróbicos facultativos, não fermentadores de esporos, oxidase-negativos. O grupo coliforme é formado por uma quantidade de bactérias que abrange os gêneros, *Escherichia*, *Erwenia*, *Serratia*, *Klebsiella* e *Enterobactéria*. As bactérias coliformes têm a capacidade de fermentar carboidratos. O uso das bactérias termotolerantes na indicação de poluição sanitária é mais relevante do que a utilização das bactérias totais, uma vez que as bactérias termotolerantes se restringem ao trato intestinal de animais de sangue quente.

As bactérias que compõem o grupo coliforme servem como indicadores de contaminação fecal. A existência de coliformes termotolerantes na água é capaz de provocar doenças, já que essa água pode estar contaminada por fezes. As enfermidades podem ser, por exemplo, desintéria bacilar, febre tifoide, febre paratifoide e cólera. Normalmente, essas doenças são contraídas por pessoas que consomem água sem o tratamento adequado (CETESB, 2014).

2.4.2.7 *Nitrogênio Total*

O Nitrogênio total diz respeito à quantidade total de nitrogênio amoniacal e orgânico. Esse volume pode ser encontrado na forma de gás amônia ou íon amônio, a depender do pH encontrado na amostra. O nitrogênio orgânico é composto pelo nitrogênio em sua forma dissolvida ou particulada. O íon amônio, por sua vez, trata-se da forma reduzida do nitrogênio, encontrado em condições de anaerobiose (CETESB, 2014).

O derramamento de nitrogênio em águas de rios e lagos, por exemplo, origina-se nos efluentes industriais e domésticos. Eles estão, em boa parte, associados de forma direta a fertilizantes químicos e excrementos de animais. O nitrogênio é tido como um elemento primordial para a evolução de algas. Quando são despejados de forma excessiva nos corpos

hídricos, podem tornar-se causadores de eutrofização, ou seja, do crescimento desses microrganismos de forma exagerada (VON SPERLING, 1996).

2.4.2.8 *Fósforo Total*

Von Sperling (1996) defende que o fósforo na água costuma ser notado nas formas de polifosfato, ortofosfato e fósforo orgânico. Os polifosfatos consistem em moléculas consideradas mais complexas, com dois ou mais átomos de fósforo. Já os ortofosfatos são disponíveis, de forma direta, para o metabolismo biológico sem precisar de conversões a outras formas tidas como mais simples. O fósforo orgânico, por outro lado, geralmente tem menos importância. O fósforo na água é formado pelos sólidos em suspensão, assim como pelos sólidos dissolvidos. Podem ter origem natural ou antropogênica. Nesse último caso, pode-se considerar os despejos domésticos e industriais, detergentes, fertilizantes, excrementos animais entre outros.

O fósforo aparece nas águas em decorrência, sobretudo, de descargas dos esgotos sanitários. Nesses casos, os detergentes de uso doméstico, quando utilizados em maiores quantidades, são apontados como a principal fonte do fósforo. As águas drenadas, tanto em áreas urbanas quanto agrícolas, também favorecem a elevação das concentrações de fósforo nas águas naturais (CETESB, 2014).

2.4.2.9 *Turbidez*

A turbidez é utilizada para apontar o nível de enfraquecimento que um feixe de luz sofre após transportar a água. Esse enfraquecimento é provocado pela absorção e espalhamento da luz ocasionados pelos sólidos suspensos Von Sperling (1996).

A turbidez das águas é causada, entre outros fatores, pela erosão das margens de rios em períodos chuvosos. Outra motivação para esse efeito é o despejo de efluentes domésticos. Um alto nível de turbidez num corpo hídrico pode reduzir a taxa de fotossíntese da vegetação submersa, bem como das algas. Essa relação de causa e efeito pode afetar as comunidades biológicas de forma direta, além de comprometer os usos industrial, doméstico e de lazer dos corpos d'água (CETESB, 2014).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação e definições da pesquisa

Com relação aos objetivos, a presente pesquisa classifica-se como descritiva, já que, conforme destaca Gil (2008), trata-se de uma pesquisa com a finalidade de descrever características que contam com determinadas populações ou fenômenos. Já acerca da abordagem da pesquisa, caracteriza-se como quantitativa, já quem para Prodanov e Freitas (2013), pode-se traduzi-la em números as opiniões e informações para classificá-los e analisá-las. No que diz respeito aos dados, trabalham-se com dados secundários, provenientes da série histórica do SNIS e dados da COGERH.

3.2 Área de estudo

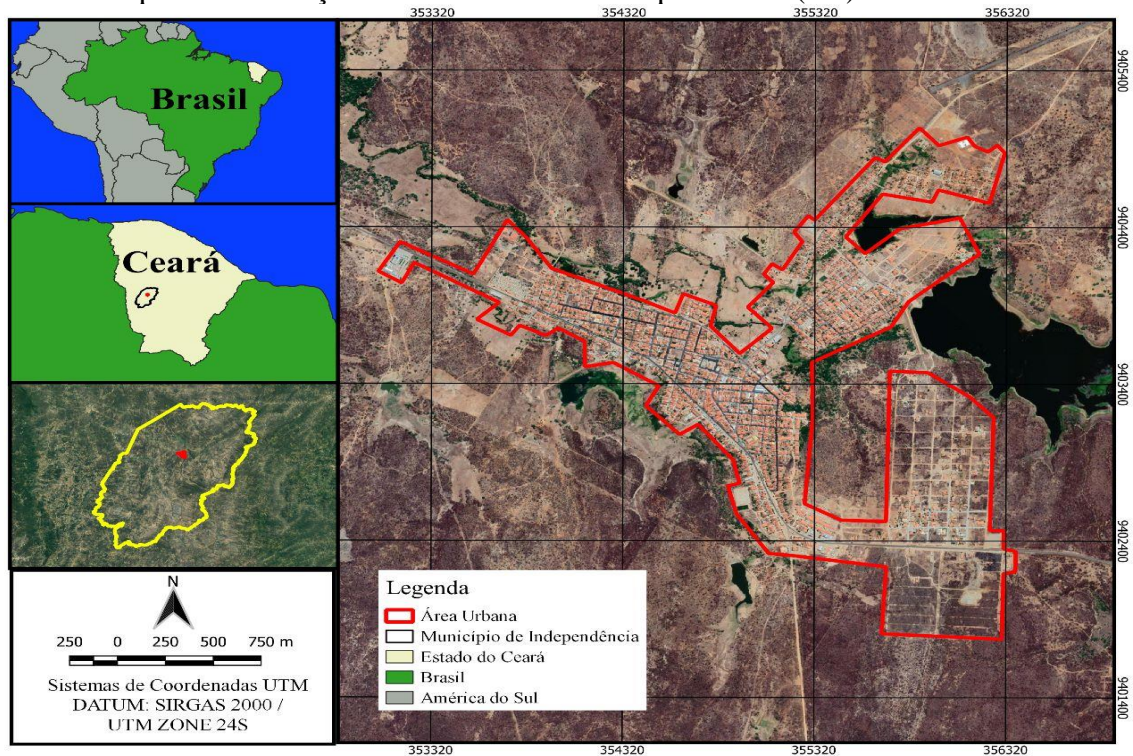
3.2.1 Caracterização do Município de Independência (CE)

Informações do IBGE (2021) revelam que o município cearense de Independência, localizado no centro do estado, possui uma extensão territorial de aproximadamente 3.222,381 km². A área abriga uma população estimada de 26.196 habitantes em 2021. O município está situado a 306 km da capital Fortaleza. Ademais, faz limites com os municípios de Boa Viagem, Pedra Branca, Monsenhor Tabosa, Crateús, Novo Oriente, Tamboril, Tauá e Quiterianópolis, todos no Ceará.

Dados do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica (IPECE) mostram que o clima do município se caracteriza como tropical quente semiárido, e conta com uma pluviosidade média de 608,4 mm e temperatura média que varia entre 26°C e 28°C no período chuvoso (fevereiro e abril). A vegetação predominante da área é a caatinga e possui relevo definido como Depressões Sertanejas e Maciços Residuais. Os solos apresentam-se como Bruno não cálcico, planossolo solódico, solos litólicos e podzólico vermelho-amarelo. O saneamento de Independência tem uma taxa de cobertura de água urbana de 99,78%, contendo cerca de 4.433 ligações ativas (IPECE, 2018).

A Figura 3 apresenta a localização do estado do Ceará em relação ao país, e do município do Independência em relação ao estado do Ceará, além da área urbana do município.

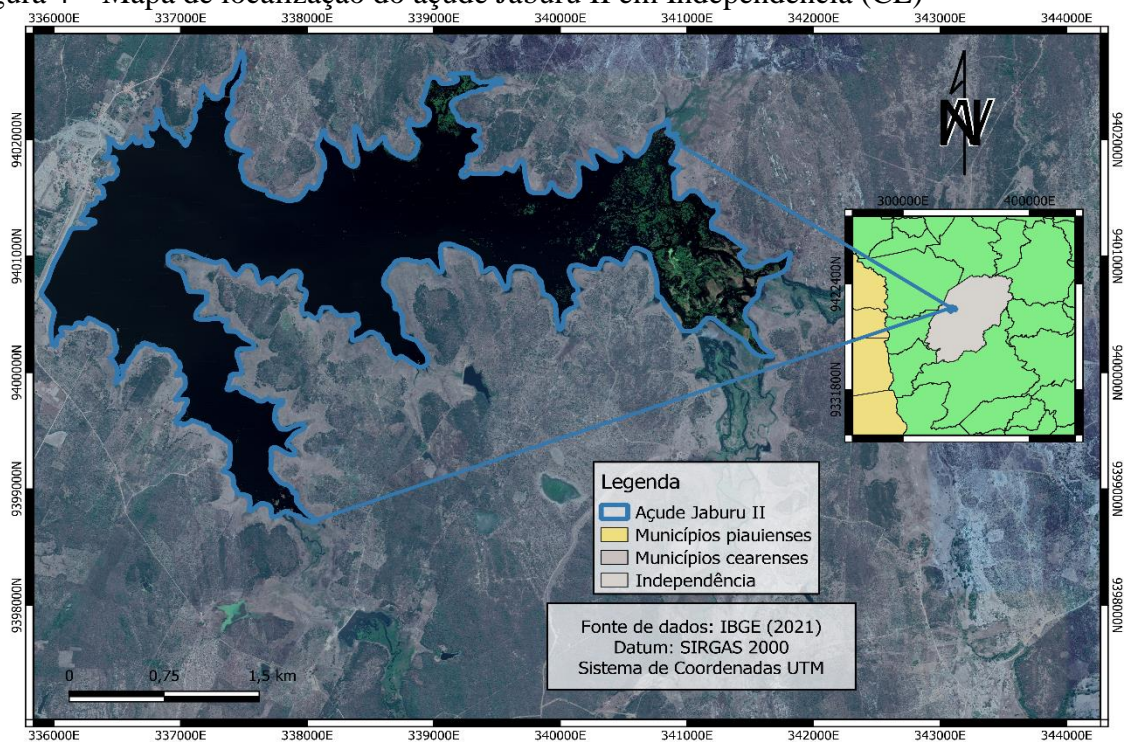
Figura 3 – Mapa de localização da área urbana de Independência (CE)



Fonte: Autoria Própria (2022).

A Figura 4 apresenta a localização do açude Jaburu II em relação ao município de Independência (CE), aos municípios cearense e aos municípios piauienses.

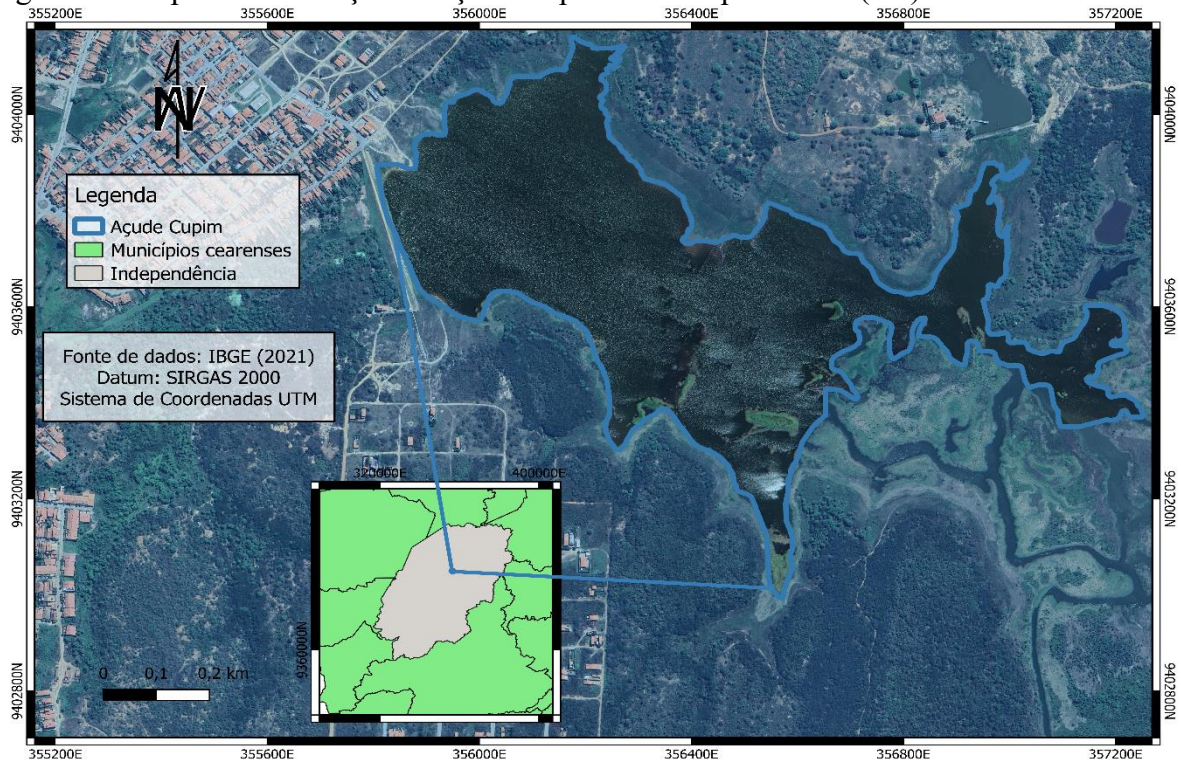
Figura 4 – Mapa de localização do açude Jaburu II em Independência (CE)



Fonte: Autoria Própria (2022).

A Figura 5 apresenta a localização do açude Cupim em relação ao município de Independência (CE) e aos municípios cearenses.

Figura 5 – Mapa de localização do açude Cupim em Independência (CE)



Fonte: Autoria própria (2022).

O município compõe a Bacia Hidrográfica dos Sertões de Crateús, a qual dispõe de uma área de 10.821 km². De acordo com o Comitê de Bacia Hidrográfica dos Sertões de Crateús, essa bacia é formada por nove municípios. São eles: Crateús, Independência, Ararendá, Novo Oriente, Ipaporanga, Quiterianópolis, Poranga, Tamboril e Ipueiras. Além disso, possui uma capacidade de acumulação de água superficiais de 446.685.647 m³, dispondo de 10 açudes monitorados (COGERH, 2020).

3.2.2 Sistema de abastecimento público de água do município de Independência

O processo de captação de água bruta para o abastecimento do município de Independência é feito a partir dos mananciais Açude Jaburu II e Açude Cupim, ambos localizados no município, pertencentes à bacia Sertões de Crateús e sob monitoramento da COGERH. A água é bombeada dos açudes por meio de uma adutora instalada até a Estação de Tratamento de Água (ETA) Barra Velha para a realização do tratamento.

De acordo com dados do Portal Hidrológico do Ceará (CEARÁ, 2022), após longos

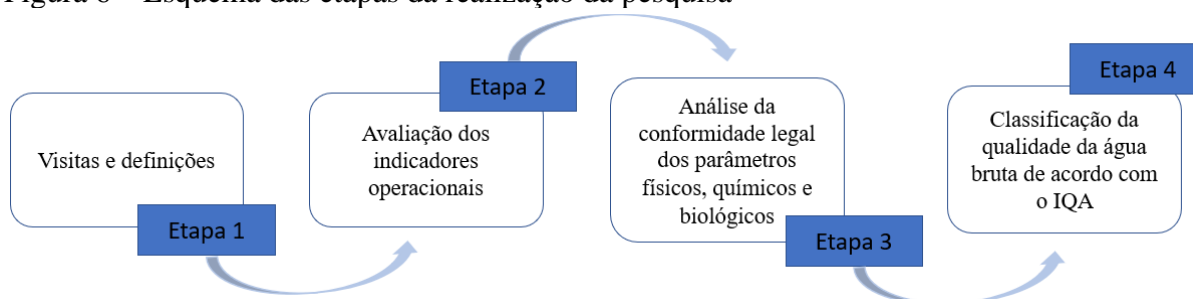
períodos de estiagem, que incluem 13 anos sem ficar com sua capacidade máxima, o principal reservatório de abastecimento de água do município, o açude Jaburu II, conta atualmente, com um volume de 6.030.000 m³, que correspondem a 5,94% do seu volume total. Já o açude Cupim apresenta um volume de aproximadamente 240.000 m³, correspondentes a 5,25% do seu volume total.

O SAA de Independência está sob a responsabilidade da CAGECE. De acordo com informações repassadas pela central de atendimento, o compromisso foi firmado por meio de uma concessão em 1972. Porém, em 2006, houve uma renovação com o acerto de uma nova concessão. A sede da CAGECE em Independência conta com 15 funcionários em seu quadro técnico, sendo três responsáveis pelo atendimento no escritório, quatro no campo da água, outros quatro no campo do esgoto e mais quadro na ETA.

3.3 Coleta e análise dos dados

A fase de coleta e análise dos dados foi dividida em 4 etapas, representadas na Figura 6.

Figura 6 – Esquema das etapas da realização da pesquisa



Fonte: Autoria Própria (2022).

A Etapa 1 consistiu em uma fase preliminar de visitas, coleta de informações, a fim de subsidiar as definições preliminares sobre o objeto da presente pesquisa. Foram realizadas visitas ao local de captação de água. Além disso, foram feitas pesquisas de campo, na sede da CAGECE e na ETA do município, para obtenção de informações importantes acerca dos sistemas de tratamento adotados e população atendida.

Na Etapa 2, foram coletados dados existentes na plataforma do SNIS. Nesse caso, houve uma análise dos índices de atendimento total, índices de atendimento urbano de água, índices de perdas na distribuição, índices de consumo de água, assim como os índices de

consumo médio per capita de água.

Durante a Etapa 3 foi feita uma análise para verificar se os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água bruta dos açudes Cupim e Jaburu II estão de acordo com o que prevê a Resolução do CONAMA nº 357/2005. Nessa fase, foram utilizados disponibilizados pela COGERH.

A Etapa 4 teve como objetivo classificar a qualidade da água bruta dos dois reservatórios, levando em conta o Índice de Qualidade da água (IQA). Nesse caso, também houve a utilização de dados fornecidos pela COGERH. Além disso, os parâmetros analisados consideraram a classificação estabelecida pela CETESB.

Para viabilização das etapas 3 e 4, foi feita uma análise dos dados disponibilizados pela COGERH, como por exemplo, os referentes à qualidade da água, de forma que pudessem ser verificados aspectos físicos, químicos e bacteriológicos, com o intuito de verificar a qualidade dessas águas, além de possibilitar o cálculo do IQA.

Dessa forma, a partir dos dados adquiridos através de planilhas existentes na plataforma do SNIS, assim como os dados disponibilizados pela COGERH foram confeccionados gráficos e tabelas com o auxílio do software Excel. Com os resultados obtidos, desenvolve-se uma análise dos indicadores e parâmetros no decorrer do tempo.

3.3.1 Indicadores operacionais de desempenho do SNIS

Os indicadores operacionais são compreendidos como ferramentas que auxiliam no controle social, nas tomadas de decisão e no acompanhamento da qualidade dos serviços de saneamento. O estado utilizou cinco indicadores operacionais da base de dados do SNIS, com o intuito de avaliar a qualidade do serviço de abastecimento de água no município de Independência.

Com base em dados disponibilizados pelo SNIS, tais indicadores são capazes de melhor sintetizar as informações sobre a qualidade do funcionamento dos sistemas de abastecimento de água. Optou-se, então, por incluir indicadores que representassem a existência ou não de rede, as perdas de água na distribuição, assim como o consumo de água pela população. Tais indicadores são apresentados no Quadro 6 e são calculados em unidades percentual e por L/hab.dia.

Quadro 6 – Indicadores operacionais de água adotados na pesquisa

INDICADOR	CÓDIGO SNIS	FORMA DE CÁLCULO
Índice de Atendimento Urbano de Água	IN023	$\frac{\text{população urbana atendida}}{\text{população urbana residente}} \times 100$
Índice de Perdas na Distribuição	IN049	$\frac{\text{vol. produzido} + \text{vol. importado} - (\text{consumo} + \text{serviço})}{\text{vol. produzido} + \text{vol. importado} - \text{serviço}} \times 100$
Índice de Atendimento Total de água	IN055	$\frac{\text{população total atendida}}{\text{população total residente}} \times 100$
Índice de Consumo de Água	IN052	$\frac{\text{vol. consumido}}{\text{vol. produzido} + \text{vol. importado} - \text{serviço}} \times 100$
Índice de Consumo Médio per capita de Água	IN022	$\frac{\text{vol. consumido} - \text{vol. exportado}}{\text{população total atendida}} \times \frac{1.000.000}{365}$

Fonte: Autoria Própria (2022).

3.3.2 Parâmetros e padrões de qualidade de águas superficiais

Para casa classe referente ao uso das águas doces, salinas e salobras, a resolução CONAMA n° 357/2005 determina limites de todos os parâmetros de qualidade. Os açudes Jaburu II e Cupim são considerados como sendo de Classe 2 (pois de acordo com a esta resolução, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2). Para a avaliação da qualidade da água dos açudes foram utilizados os seguintes parâmetros físico-químicos: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e sólidos dissolvidos totais. Já os parâmetros biológicos utilizados foram os coliformes termotolerantes.

A Tabela 1 destaca os limites para águas doces de Classe 2, relacionados aos parâmetros utilizados nesse trabalho.

Tabela 1 – Padrões dos parâmetros de qualidade da água de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005

<i>Parâmetros/Unidade</i>	<i>Limite CONAMA 357/05</i>
Turbidez (NTU)	100
DBO (mg/L)	5
Oxigênio dissolvido (mg/L)	> 5
Fósforo total (mg/L)	0,030
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	1000
pH (sem unidade)	6 – 9
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	500

Fonte: Adaptado de BRASIL (2005).

3.3.3 *Índice de Qualidade da Água (IQA)*

A partir dos resultados das análises disponibilizados pela COGERH, foram elaborados gráficos e tabelas referentes ao IQA. Tanto os gráficos quanto as tabelas foram desenvolvidos com o intuito de avaliar a qualidade da água dos açudes Cupim e Jaburu II.

Após adaptação feita pela CETESB, o IQA passou a ser calculado pelo produto ponderado das qualidades de água referente aos seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, fosfato total, temperatura, nitrogênio total, turbidez, sólidos totais. A Equação 1 apresenta o cálculo do IQA:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde:

IQA = Um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro [0, 100], obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”;

w_i : peso correspondente ao i -ésimo parâmetro [0, 1]. Atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade (Equação 2), de forma que:

$$\sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (2)$$

Sendo n , o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

No Quadro 7 é possível observar os parâmetros utilizados no cálculo acima, suas respectivas unidades, assim como seus pesos.

Quadro 7 – Pesos correspondente aos parâmetros utilizados no IQA

Parâmetros	Pesos Relativos (w)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Fecais	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Fosfato Total	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

Fonte: Adaptado do BRASIL (2005).

Vale destacar que o cálculo do IQA só se torna possível se houver valores disponíveis de todos os 9 parâmetros indicados. A partir do cálculo efetuado, é possível determinar a qualidade das águas brutas, indicada pelo IQA, que pode variar em uma escala de 0 (zero) a 100 (cem), sendo que, quanto maior o seu valor, melhor é a qualidade da água. O trabalho irá identificar a qualidade da água a partir da classificação estabelecida pela CETESB (2017). A Tabela 2 apresenta a classificação da CETESB.

Tabela 2 – Classificação do IQA de acordo com a CETESB

<i>Categoria</i>	<i>Ponderação</i>
ÓTIMA	$79 < \text{IQA} \leq 100$
BOA	$51 < \text{IQA} \leq 79$
REGULAR	$36 < \text{IQA} \leq 51$
RUIM	$19 < \text{IQA} \leq 36$
PESSÍMA	$\text{IQA} \leq 19$

Fonte: Adaptado de CETESB (2017).

Para atingir os resultados esperados, o presente trabalho levou em conta dados disponibilizados pela COGERH. O órgão, no entanto, não forneceu informações de todos os anos analisados. Logo, só foi possível fazer uma avaliação do IQA dos seguintes dias referentes ao açude Cupim: 15/02/2017, 29/11/2018, 28/11/2019, 17/09/2020 e 12/05/2021. Já em relação ao açude Jaburu II, só foi viável avaliar as seguintes datas: 04/11/2015, 22/11/2016, 08/02/2017, 19/04/2018, 16/06/2020 e 18/11/2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos indicadores de desempenho operacional

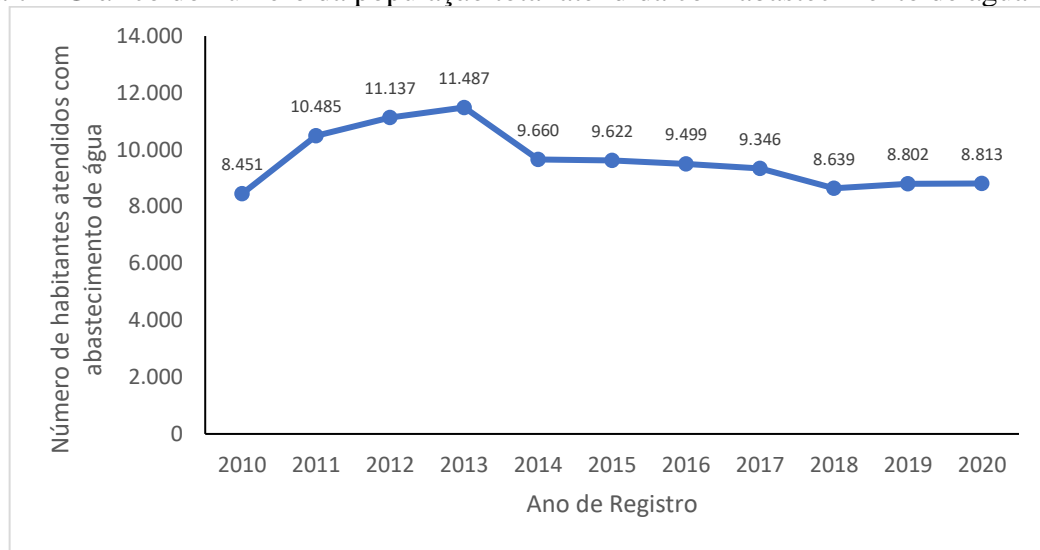
A análise de indicadores permitiu realizar uma caracterização quanto ao sistema de abastecimento, a partir das informações presentes no SNIS referente aos anos de 2010 a 2020. Vale ressaltar que os dados presentes no SNIS são coletados a partir da resposta voluntária dos prestadores de serviços de saneamento aos questionários disponibilizados, podendo, assim, conter inconsistência no repasse das informações.

4.1.1 Indicador IN023 – Índice de Abastecimento Urbano de Água e Indicador IN055 – Índice de Abastecimento Total de Água

Segundo os dados do SNIS (BRASIL, 2022e), a CAGECE atendia, em 2020, uma população de 8.813 habitantes em Independência. Isso significa que, naquele ano, o sistema de abastecimento oferecido pela companhia contemplava apenas cerca de 33,65% da população total do município, e 75,02% quando o recorte abrangia somente a população urbana do município com abastecimento de água potável.

A Figura 7 mostra que o número de habitantes com abastecimento de água em Independência subiu de 8.451, em 2010, para 8.813, em 2020. Dentro desse período, o ano com o melhor desempenho foi 2013, quando 11.487 pessoas contavam com esse serviço no município. Após 2013, houve apenas decréscimo até 2018, quando o total chegou a 8.639.

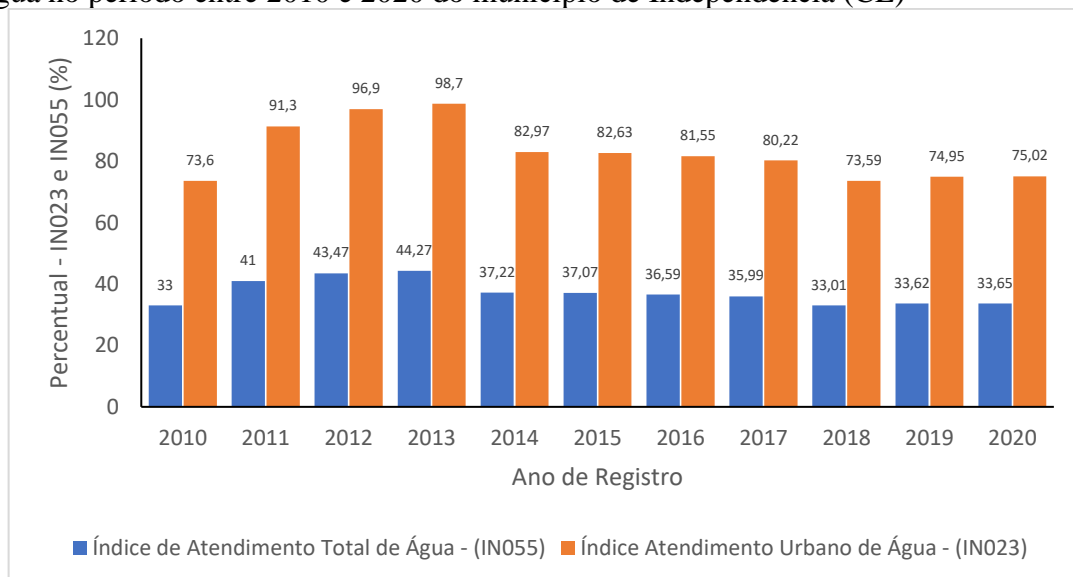
Figura 7 – Gráfico do número da população total atendida com abastecimento de água



Fonte: Autoria Própria (2022).

A Figura 8 mostra a análise do atendimento total de água do município e do atendimento urbano, com referência ao abastecimento de água durante os anos de 2010 e 2020, com base nos dados do SNIS. O indicador IN023 retrata a relação entre a população urbana atendida com abastecimento de água e a população urbana residente do município com abastecimento de água. Já o indicador IN055 retrata a relação entre a população total atendida com abastecimento de água e a população total residente do município com abastecimento de água.

Figura 8 – Evolução do índice de atendimento total de água e índice de abastecimento urbano de água no período entre 2010 e 2020 do município de Independência (CE)



Fonte: Autoria Própria (2022).

Quanto ao índice de atendimento total de água, o indicador IN055 reflete o índice de cobertura do sistema para a população total do município. Vale ressaltar que, para o SNIS, os índices referem-se apenas ao abastecimento por meio de rede geral de distribuição de abastecimento de água. Ou seja, o sistema não leva em conta informações relacionadas ao atendimento realizado por meio de soluções alternativas individuais ou coletivas (BRASIL, 2022e).

No município de Independência, o índice de atendimento total de água registrou um aumento de 0,65% entre 2010 e 2020, de acordo com dados do SNIS. No primeiro ano, a taxa ficou em 33% enquanto no último o registro foi de 33,65%. Durante o período, as maiores taxas foram notadas em 2012 (43,47%) e 2013 (44,27%). O menor índice verificado foi o do primeiro ano analisado.

Já quanto ao índice de atendimento urbano de água, a taxa passou de 73,6% em 2010, para 75,02% em 2020. Ao longo dessa década, as maiores taxas de atendimento foram registradas em 2012 e 2013, com 96,9% e 98,7%, respectivamente. A menor porcentagem registrada dentro desse período foi em 2018, quando o índice atingiu 73,59%.

A Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento (ARIS) classifica o índice de atendimento urbano de água da seguinte forma: ideal quando apresenta um valor igual ou superior a 90%, satisfatório quando está compreendido no intervalo de maior ou igual a 80%. Já para ser considerado insatisfatório, é necessário apresentar um valor menor que 80% (ARIS, 2022).

Nesse caso, pelas considerações da ARIS (2022), o índice de atendimento urbano de água de Independência foi considerado insatisfatório nos anos de 2010 (73,6%), 2018 (73,59%), 2019 (74,95%) e 2020 (75,02%). Por outro lado, em 2011, 2012 e 2013, os índices estavam em condições ideais, enquanto em 2014, 2015, 2016 e 2017 os índices foram satisfatórios, conforme consta na Figura 8.

Até setembro de 2015, o sistema de abastecimento de abastecimento de água do município de Independência contava somente com a água disponível no manancial Barra Velha. Daí em diante, o município passou a sofrer com problemas relacionados à falta de água, já que se iniciou um período de estiagem na região, o que comprometeu o abastecimento local. Nos anos seguintes, observou-se uma diminuição significativa do volume d'água. Apenas em 2018 houve uma leve alta no volume de água gerado. Porém, de 2019 até 2022, o manancial permaneceu sem água em sua totalidade, como demonstra a Figura 9.

Figura 9 – Monitoramento do Volume do Reservatório Barra Velha



Fonte: CEARÁ (2022).

Em virtude da situação retratada, o município construiu uma adutora com 27,6 quilômetros de tubos que disponibilizava água do açude Jaburu II para o abastecimento de água da sede urbana de Independência. As operações da adutora começaram em dezembro de 2015. Entretanto, no início de 2017, o volume de água presente no reservatório se tornou insuficiente, impossibilitando o bombeamento de água. Isso fez com que outras medidas emergenciais fossem adotadas, a fim de obter recursos hídricos suficientes para atender a demanda existente.

Diante da criticidade do quadro, foi necessário, além do uso de carros-pipa, a perfuração de poços artesianos na zona urbana e rural do município. Essas medidas contaram com iniciativa da Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA).

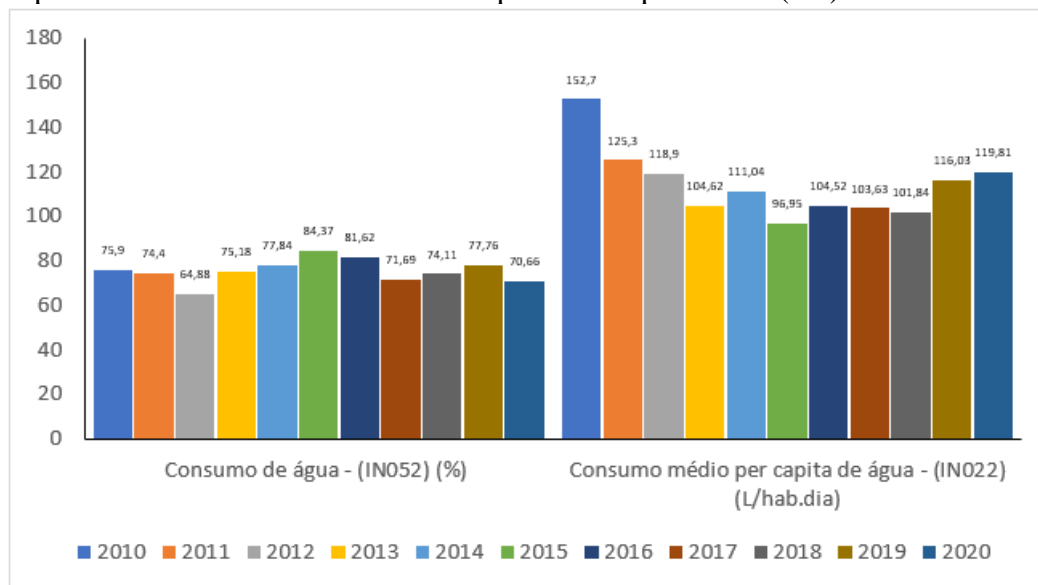
Exposta a situação, com base em informações fornecidas pela Secretaria dos Recursos Hídricos e pela CAGECE (CEARÁ, 2015), é necessário destacar a importância de se observar os eventos extremos de estiagens na região, de forma a conhecer o regime de seca no local. A partir daí, é interessante que se faça um planejamento do uso das águas estocadas nos açudes do município para atender as necessidades da população de Independência.

4.1.2 Indicador IN052 – Índice de Consumo de Água e Indicador IN022 – Índice de Consumo Médio Per Capita de Água

A Figura 10 mostra a evolução do índice de consumo de água, assim como o levantamento da série histórica do consumo médio per capita de água para o município de Independência, entre 2010 e 2020. Os resultados foram adquiridos com base nos dados que constam no SNIS. O indicador IN052 disponibiliza uma amostragem percentual do volume

consumido, com relação ao volume produzido e distribuído. O indicador IN022, por sua vez, destaca a relação entre o volume de água consumido, excluído o volume de água exportado, dividido pela média aritmética, dos dois últimos anos de coleta, da população que conta com abastecimento de água.

Figura 10 – Evolução do índice de consumo de água e índice de consumo médio per capita de água no período de 2010 até 2020 do município de Independência (CE)



Fonte: Autoria Própria (2022).

Os últimos dados disponibilizados pelo SNIS revelam que, entre 2010 e 2020, o consumo de água de Independência caiu 5,24%, ao passar de 75,9% para 70,66 (BRASIL, 2022d). Isso mostra que não houve uma queda significativa, além de evidenciar que cerca de 70% da água produzida e distribuída está, de fato, sendo consumida pela população de Independência. Ao longo desse período, as maiores taxas foram registradas em 2015 e 2016, com 84,37% e 81,62%, respectivamente. Por outra lado, o menor índice foi notado em 2012, quando o registro foi de 64,88%.

Já em relação ao consumo médio per capita de água, entre 2010 e 2020, a redução foi de 32,89 L/hab.dia. No primeiro ano, a taxa era de 152,7 L/hab.dia, enquanto no último era de 119,81 L/hab.dia. Os anos de 2015 (96,95 L/hab.dia) e 2018 (101,84 L/hab.dia) tiveram os menores índices. Vale destacar que 2010 registrou a maior taxa. Observa-se que, de maneira geral, o consumo, ao longo dos anos, seguiu uma tendência de decréscimo até 2017. Esse quadro pode estar relacionado à redução no consumo de água por parte da população, uma vez que, de acordo com o SNIS, esse período registrou baixos volumes de chuva, criando um

cenário de escassez hídrica na região. Já a partir de 2018 e 2020, o consumo médio per capita aumentou suavemente.

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), cada pessoa necessita de, no mínimo, 110 litros de água por dia para atender as necessidades básicas (DA LUZ CULPI; ALVES, 2015). Pelos dados do SNIS, no período analisado, seis anos estão acima da taxa estabelecida pela ONU, enquanto cinco estão abaixo. Informações disponibilizadas em diagnósticos do SNIS mostram que os municípios com tendência de aumento da população e com limitações na disponibilidade hídrica nas captações precisam adotar medidas para reverter a inclinação crescente do consumo per capita. Entre as sugestões apontadas no estudo estão a sensibilização da população, incentivos para instalação de dispositivos sanitários de baixo consumo, e adequação de tarifas que penalizem consumos excessivos, entre outros.

A Tabela 3 considera o consumo per capita com base no volume populacional, de acordo com Von Sperling (1996). Na faixa da população que varia de 10.000 a 50.000, o consumo médio verificado vai de 110 a 180 litros por habitante, diariamente. O autor destaca, ainda, alguns fatores que influenciam no consumo de água. Entre eles estão o clima e o porte da comunidade. O autor aponta ainda que, climas mais quentes e secos induzem a um consumo maior, assim como cidades maiores normalmente apresentam quota per capita mais elevada. O município de Independência tem, de acordo com o IBGE, 26.1996 habitantes. Além disso, segundo dados do IPECE, as temperaturas variam entre 26°C e 28°C. Assim, entre 2010 e 2020, Independência seguiu o padrão estabelecido por Von Sperling (IPECE, 2018; VON SPERLING, 1996).

Tabela 3 – Consumo per capita por faixa de população

Faixa da População (habitantes)	Consumo per capita (L/hab.dia)
<5.000	90 a 140
5.000 a 10.000	100 a 160
10.000 a 50.000	110 a 180
50.000 a 250.000	120 a 220
>250.000	150 a 300

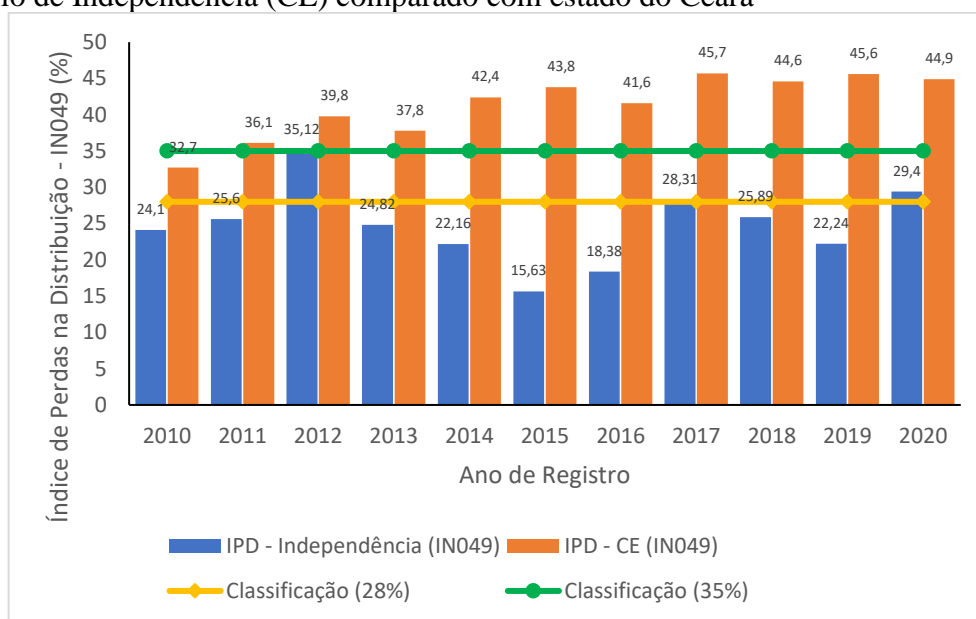
Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996).

4.1.3 Indicador IN049 – Índice de Perdas na Distribuição

A avaliação deste indicador permite obter-se uma ideia do controle de perdas nas redes de distribuição do município. A Figura 11 apresenta a evolução do indicador para o

período entre 2010 e 2020. Este indicador se refere ao volume de água perdida em relação ao volume produzido, o que resulta na dimensão do nível de perdas da água na distribuição. A ARIS (2022), classifica este indicador da seguinte forma: insatisfatório para valores acima de 35%. Já valores entre 28% e 35% são considerados satisfatório. Por outro lado, é considerado ideal o valor igual ou menor que 28%.

Figura 11 – Evolução do índice de perdas na distribuição entre os anos de 2010 e 2020 no município de Independência (CE) comparado com estado do Ceará



Fonte: Autoria Própria (2022).

A Figura 11 mostra que, de acordo com os dados referentes ao município, o índice de perdas na distribuição, entre 2012 e 2010, sofreu uma redução de 5,72%. Apesar disso, a taxa registrada no último ano analisado (29,4%) ficou pior do que verificada 10 anos antes, quando atingiu 24,1% em 2010. Porém, é válido ressaltar que, ao longo do período analisado, oito anos estiveram com taxas ideais (abaixo ou igual a 28%), de acordo com o que considera ARIS (2022). São eles: 2010 (24,1%), 2011 (25,6%), 2013 (24,82%), 2014 (22,16%), 2015 (15,63%) 2016 (18,38%), 2018 (25,89%) e 2019 (22,24%).

Ao se comparar as taxas do município com o índice estadual, percebe-se que, ano a ano, o índice de perdas na distribuição da cidade esteve sempre menor em todo o período analisado. Entre 2011 e 2020, o Ceará encontrou-se na faixa insatisfatória (acima de 35%). A penas em 2010 o índice de perdas na distribuição no estado foi considerado satisfatório com 32,7%.

Isso revela que, apesar da existência de rede de abastecimento de água em grande parte dos municípios, incluindo Independência, o funcionamento desses sistemas possui pontos

críticos relacionados à infraestrutura, como por exemplo, possíveis vazamentos, falta de manutenção, ligações clandestinas, rompimento de adutoras, extravasamentos, entre outros.

Vale destacar que essas perdas podem ocorrer por questões técnicas (vazamentos) ou comerciais (fraudes, hidrometração deficiente, entre outras). Assim, é importante que o volume de água perdido seja o menor possível, para que não haja comprometimento das questões econômicas e ambientais.

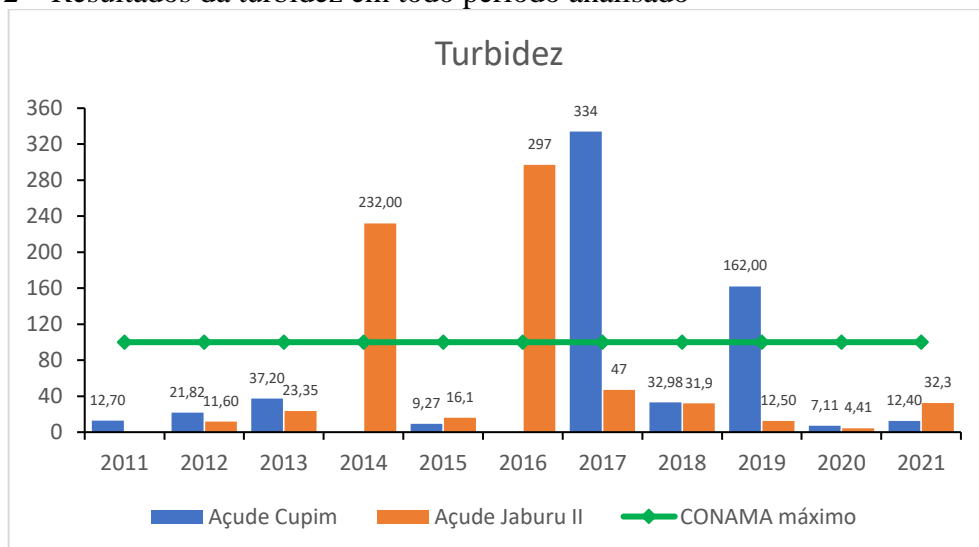
4.2 Análise da conformidade legal dos parâmetros físicos, químicos e biológicos segundo a resolução CONAMA 357/2005

Este ponto é composto por uma análise da conformidade legal dos parâmetros selecionados de qualidade da água referente aos açudes Cupim e Jaburu II. Os resultados, levaram em conta, conforme estabelecido pela Resolução do CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, o enquadramento de suas águas na Classe 2.

4.2.1 Turbidez

Acerca da turbidez, a Figura 12 apresenta os resultados da análise das águas dos açudes Cupim e Jaburu II, entre 2011 e 2021. De acordo com o CONAMA, o limite máximo estabelecido para a turbidez é 100 NTU, em açudes de classe 2.

Figura 12 – Resultados da turbidez em todo período analisado



Fonte: Autoria Própria (2002).

Ao se deparar com o período analisado, nota-se que, no açude Cupim, em dois anos esse limite foi excedido consideravelmente. São eles: 2017 (334 NTU) e 2019 (162 NTU). A menor unidade registrada foi em 2015, que teve 9,27 NTU.

Em relação ao açude Jaburu II, o limite determinado pelo CONAMA também foi ultrapassado em dois anos analisados. Em 2014, a unidade registrada foi 232 NTU. Já em 2016 foi de 292 NTU. Coincidentemente foram os mesmos anos em que a COGERH não disponibilizou dados referentes ao açude Cupim.

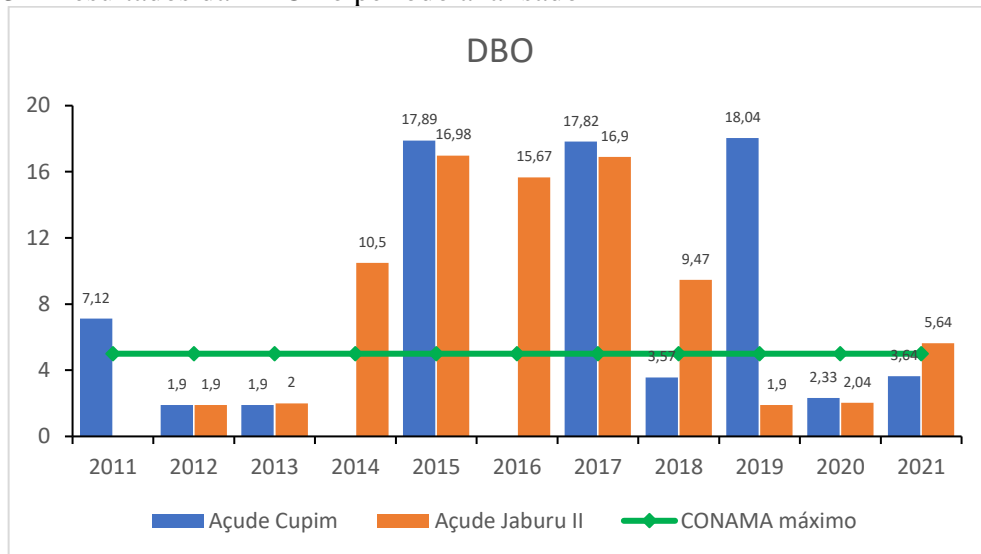
A turbidez corresponde ao parâmetro que mais está relacionado ao material em suspensão encontrado nos corpos d'água, como é o caso da argila ou silte, por exemplo, sendo compreendida como a capacidade da água em espalhar radiação sola (LIRA, 2014). Além disso, a turbidez excessiva pode estar ocorrendo por conta da presença de algas, assim como pela pouca presença de mata ciliar ao redor do manancial.

Geralmente, as águas de açudes apresentam baixa turbidez. No entanto, essa turbidez pode variar por conta da ação dos ventos e das ondas que, nas águas rasas, podem movimentar os sedimentos que estão no fundo. Além de diminuir a infiltração da luz solar na coluna d'água, o que compromete a fotossíntese das algas e das plantas aquáticas submersas, a turbidez é capaz de recobrir ovos de peixes e invertebrados que vivem no fundo das águas (COUTO, 2004).

4.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Em relação à DBO, a Figura 13 apresenta os resultados da análise da DBO relacionados aos dois açudes. Vale destacar que o limite máximo previsto pelo CONAMA é 5 mgO₂/L.

Figura 13 – Resultados da DBO no período analisado



Fonte: Autoria Própria (2022).

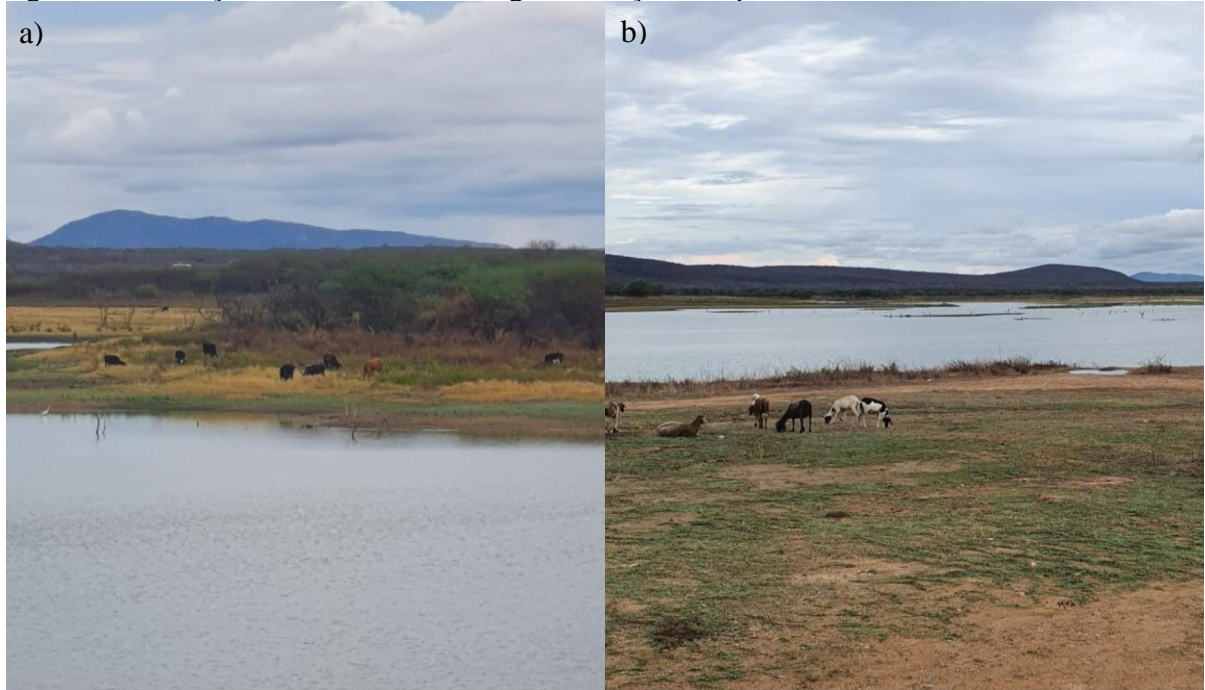
Quando à DBO acerca do açude Cupim, entre 2011 e 2021 houve uma queda de 3,48 mgO₂/L. Diante disso, percebe que, para o açude Cupim, nos anos de 2011, 2015, 2017 e 2019 houve ultrapassagem desse limite. As unidades verificadas foram 7,12 mgO₂/L; 17,89 mgO₂/L; 17,82 mgO₂/L; e 18,04 mgO₂/L, respectivamente. Não houve registro de dados em 2014 e 2016.

Já no açude Jaburu II, o limite foi excedido em seis dos anos analisados. Foram eles: 2014 (10,4 mgO₂/L); 2015 (16,98 mgO₂/L); 2016 (15,67 mgO₂/L); 2017 (16,9 mgO₂/L); e 2021 (5,64 mgO₂/L). A menor unidade notada no recorte foi 1,9 mgO₂/L, verificada em 2019. Vale ressaltar que a COGERH não disponibilizou dados referentes a 2011.

Von Sperling (2000) pontua que a DBO identifica a quantidade de oxigênio necessária para neutralizar, por meio de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea. Trata-se de uma indicação de forma indireta do carbono orgânico biodegradável. Geralmente, valores elevados de DBO em um corpo d'água são causados pelo despejo de cargas orgânicas (BRASIL, 2022c). Nesse caso, podem ser considerados restos vegetais, como galhos e folhas, assim como carcaças ou fezes de animais.

Durante visita in loco, foi constatado nos dois mananciais a presença de animais da ordem dos suínos, ovinos, bovinos e aves. Também foi identificada a prática da pesca e agricultura nos locais, assim como a presença de algas e resíduos sólidos, como retrata as Figuras 14 e 15.

Figura 14 – Criação de animais nas margens do açude Cupim



Fonte: Autoria Própria (2022).

Figura – 15 Áreas no entorno do açude Jaburu II contendo a presença de animais e alguns tipos de resíduos

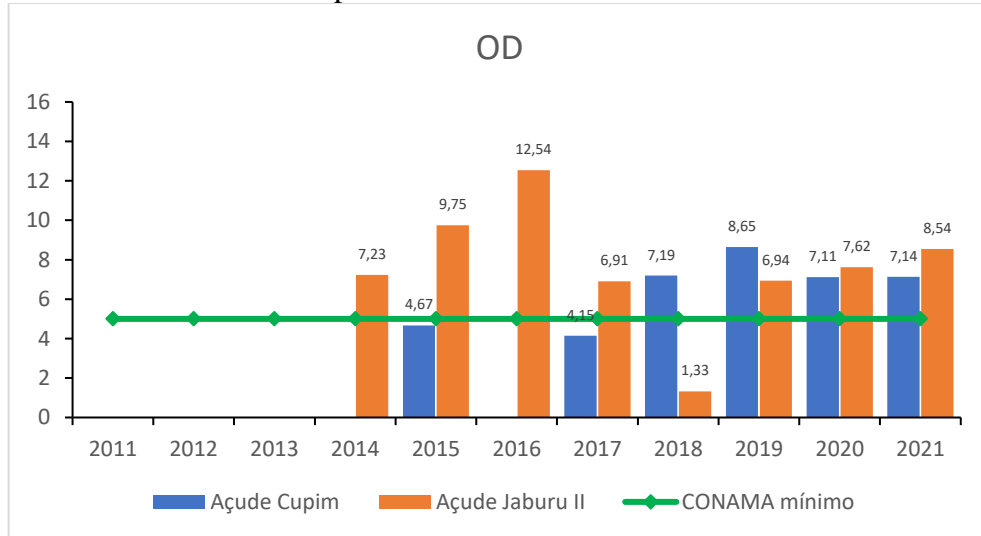


Fonte: Autoria Própria (2022).

4.2.3 Oxigênio Dissolvido

A Figura 16 ilustra a concentração de oxigênio dissolvido nas águas dos açudes Cupim e Jaburu II, entre 2014 e 2021. De acordo com o CONAMA, o limite mínimo estabelecido para OD é mgO₂/L.

Figura 16 – Resultados do OD no período analisado



Fonte: Autoria Própria (2022).

Com isso, percebe-se que, para o açude Cupim, os anos de 2015 e 2017 apresentaram taxas abaixo do considerado ideal. No primeiro ano, a unidade estava em 4,67 mg/L O₂, e em 2017, 4,15 mg/L O₂. Porém, a partir de 2018 até 2021, houve uma evolução. As unidades sempre estiveram acima de 5 mg/L O₂, com destaque para 2019, que apresentou 8,65 mg/L O₂. De 2011 a 2014, além de 2016, não houve dados disponibilizados pela COGERH.

Quando a análise é feita sobre o açude Jaburu II, nota-se que, entre 2014 e 2021, com exceção de 2018, quando o registro foi de 1,33 mg/L O₂, todas as unidades referentes a OD estavam acima de 5 mg/L O₂. O ano de 2016 ganhou destaque ao registrar 12,54 mg/L O₂. Não houve registro de dados entre 2011 e 2013.

Em relação aos teores de OD inferiores aos valores considerados ideais para águas de classe 2, a motivação pode estar relacionada aos anos de seca em que houve considerável redução do volume dos reservatórios, assim como aos volumes de matéria orgânica presentes nos açudes, além de outras substâncias que consomem o OD dos mananciais, como por exemplo, algas comumente presentes em ambientes eutrofizados, além da vegetação morta

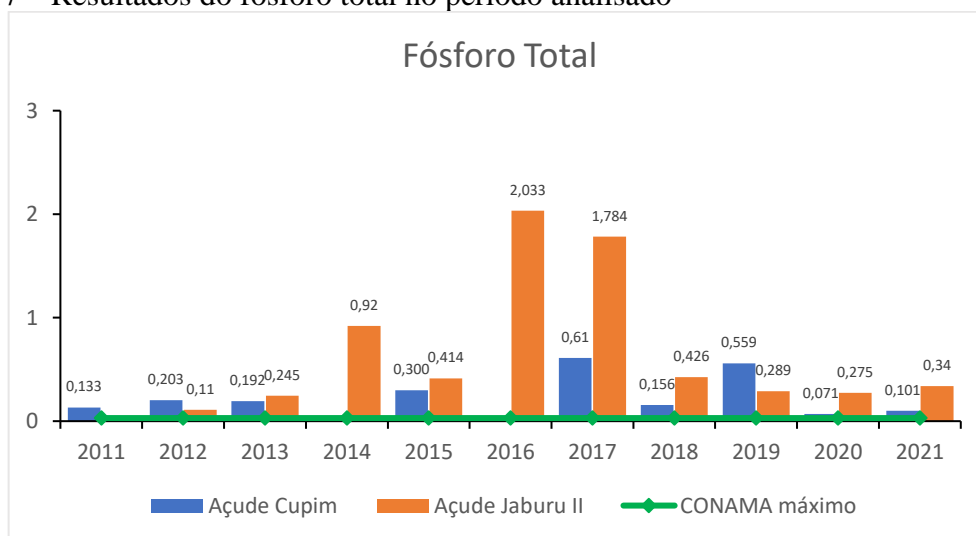
existente dentro dos reservatórios. Nas águas naturais, o oxigênio é primordial para seres vivos aeróbicos, como por exemplo, os peixes.

O OD pode estar relacionado aos valores da DBO, que, por sinal, foram considerados elevados na maior parte do período analisado. Isso demonstra que, quanto maior o volume de matéria biodegradável, menor será a quantidade de OD na água, uma vez que bactérias aeróbias precisam de oxigênio para degradar a matéria orgânica (MEDEIROS et al, 2016).

4.2.4 Fósforo Total

Ao tratar acerca do fósforo total, o CONAMA define um limite máximo para o parâmetro, estabelecido em 0,030 mg/L. Na Figura 17 é possível verificar os resultados relacionados aos dois mananciais, dentro do período analisado.

Figura 17 – Resultados do fósforo total no período analisado



Fonte: Autoria própria (2022).

Ao analisar o período entre 2011 e 2021, é possível verificar que, no açude Cupim, todos os anos estão apresentando dados fora do padrão determinado, com níveis mais elevados do que o indicado. A maior taxa apresentada foi em 2019, com 0,559 mg/L. O menor valor registrado, por sua vez, foi em 2020, com 0,071 mg/L.

No açude Jaburu II, o cenário se repete. Ou seja, de 2011 a 2021, todas as unidades estiveram acima de 0,030 mg/L. O maior nível foi notado em 2016, quando houve registro de 2,033 mg/L. A menor taxa, no entanto, foi verificada em 2012, com 0,11 mg/L.

A presença do fósforo nas águas pode se dar por meio da decomposição da matéria orgânica, ou até mesmo pelo despejo de esgotos domésticos, assim como pela aplicação de fertilizantes (VON SPERLING et al., 2007). Nos dois açudes foram identificadas áreas com plantação de capim, o que pode contar com a presença desses compostos químicos. Além do mais, vale ressaltar que, esse elemento é tido como um dos principais nutrientes para o processo biológico, nos quais elevadas concentrações podem provocar o fenômeno conhecido como eutrofização (LIMA et al., 2016).

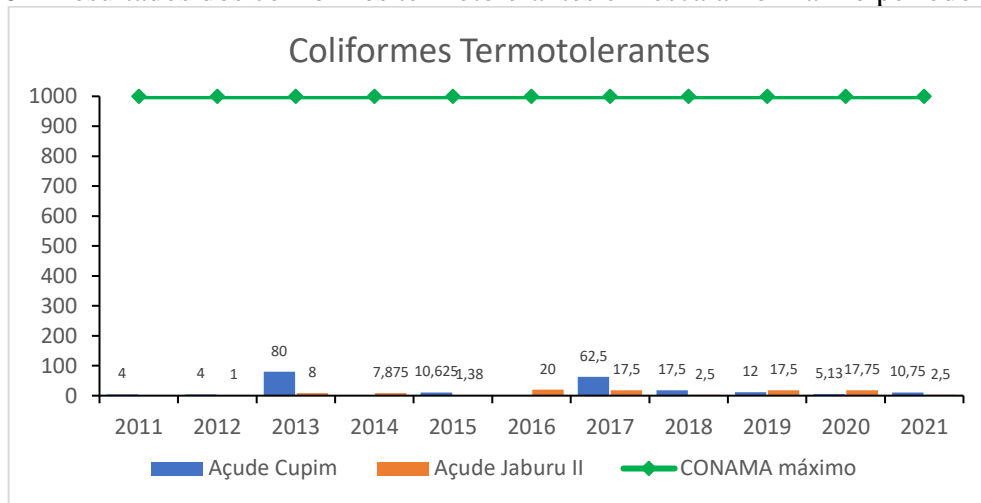
Diante do quadro dos dois açudes, algumas medidas devem ser tomadas para melhorar a qualidade da água dos dois reservatórios, levando em conta esse parâmetro. Nesse caso, devem ser adotadas ações preventivas de controle da eutrofização, por exemplo, como a diminuição do uso de fertilizantes agrícolas e o controle de drenagem urbana. Caso os mananciais já estivessem sofrendo com o processo de eutrofização, as medidas teriam que ser corretivas, como exemplo a precipitação química do fósforo, a retirada do sedimento do fundo do reservatório, assim como a remoção de algas macrófitas, entre outras.

4.2.5 Coliformes Termotolerantes

Os coliformes termotolerantes podem ser compreendidos como microrganismos capazes de fermentar a lactose, representado, sobretudo, pela *Escherichia coli*, e outras bactérias. A *Escherichia coli* tem origem fecal e pode ser encontrada em densidades altas fezes de humanos, de mamíferos e de aves (SOROCABA, 2010).

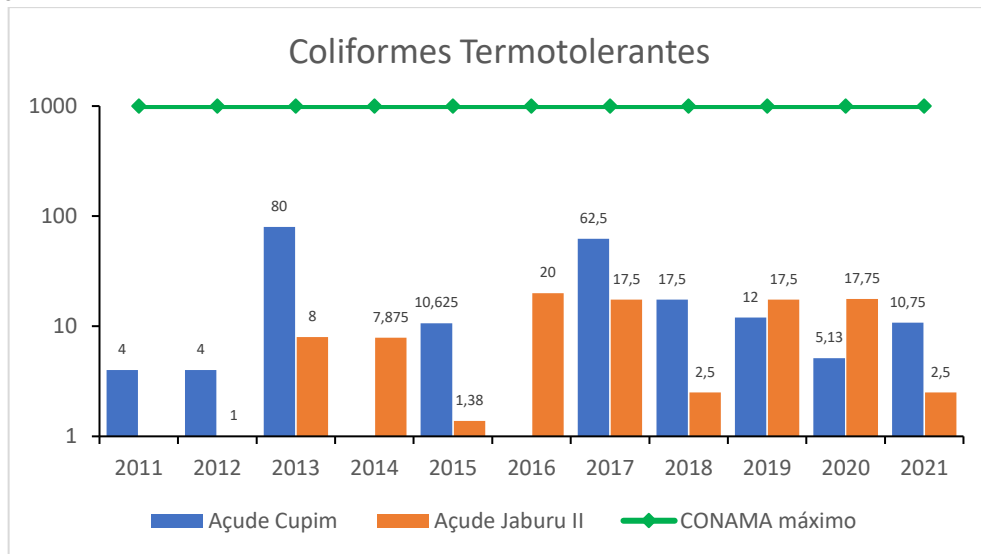
Sobre os coliformes termotolerantes, conforme pode-se notar na Figura 18 e Figura 19, tanto o açude Cupim quanto o açude Jaburu II apresentaram dados satisfatório, entre 2011 e 2021, ao se levar em conta a determinação do CONAMA, que prevê um limite máximo de 1000 NMP/100mL.

Figura 18 – Resultados dos coliformes termotolerantes em escala normal no período analisado



Fonte: Autoria Própria (2022).

Figura 19 – Resultados dos coliformes termotolerantes em escala logarítmica no período analisado



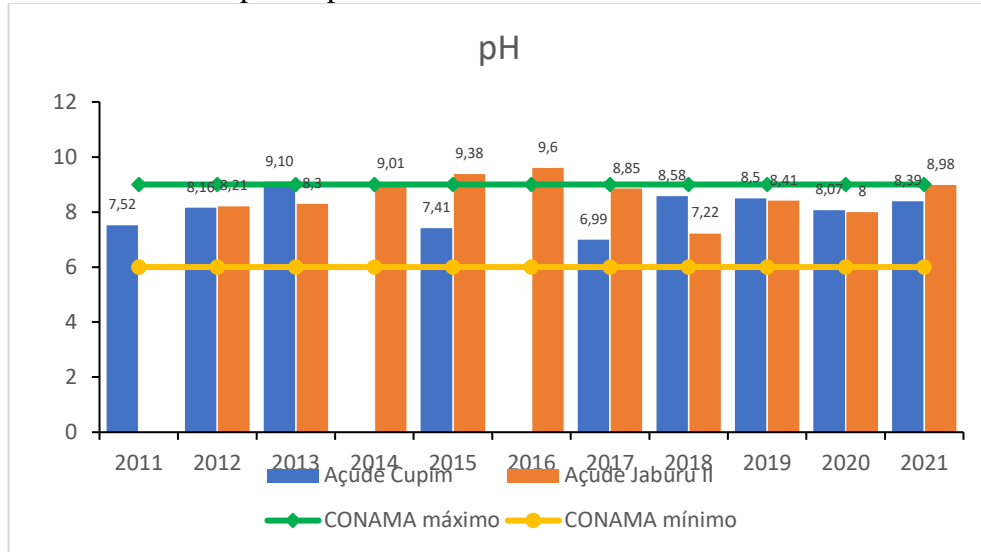
Fonte: Autoria Própria (2022).

No açude Cupim, por exemplo, o maior valor verificado no período analisado foi 80 NMP/100 mL, em 2013. Já quanto ao Jaburu II, o valor mais elevado no recorte foi 20 NMP/100 mL, apresentado em 2016. Para o açude Cupim, não houve disponibilização, por parte da COGERH, de dados referentes a 2014 e 2016. Quando ao açude Jaburu II, não foram disponibilizados valores para o ano de 2011.

4.2.6 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A Resolução do CONAMA n° 375/2005 definiu que o pH ideal para a água deve estar entre 6 e 9. Na Figura 20 é possível observar a situação dos dois reservatórios, no recorte avaliado.

Figura 20 – Resultados do pH no período analisado



Fonte: Autoria Própria (2022).

Ao analisar os dados do açude Cupim, referentes ao período entre 2011 e 2021, nota-se que o único ano fora do padrão determinado foi 2013, com 9,10. O maior valor registrado dentro do padrão definido pelo conselho foi 8,58, em 2018. Já o menor foi 6,99, em 2017.

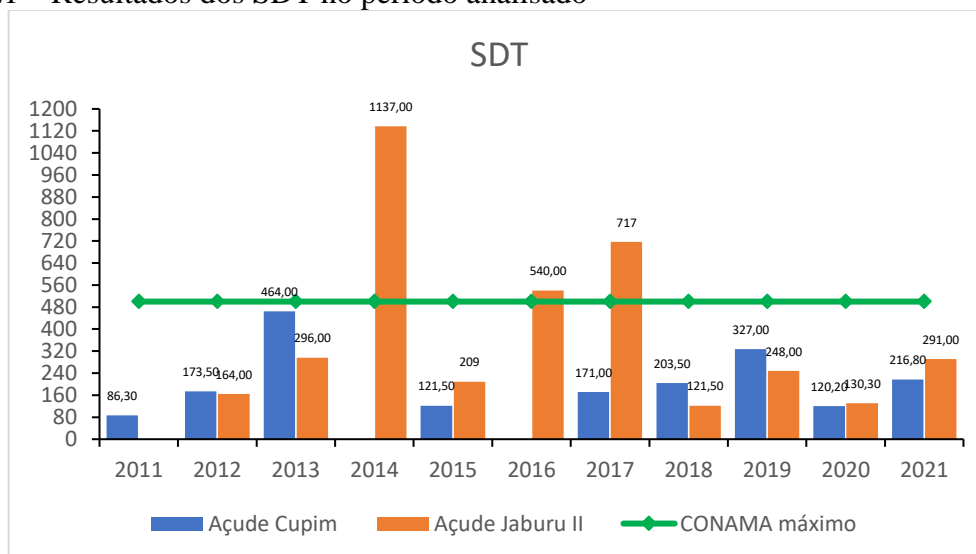
No que refere ao açude Jaburu II, os anos de 2014, 2015 e 2016 excederam o valor pré-fixado, ficando em 9,01; 9,38; e 9,6; respectivamente. O maior valor verificado dentro da faixa foi 8,98, em 2021. O menor valor, por outro lado, foi 7,22, em 2018.

O pH não tem tanta interferência na saúde pública, apenas se estiver em valores extremamente baixos ou altos, que pode ocasionar irritação na pele e nos olhos. Porém, o pH é capaz de afetar o metabolismo de diversas espécies aquáticas (BRASIL, 2002c). Valores abaixo de 6 se referem a um pH ácido. Por outro lado, valores acima de 8 correspondem a um pH alcalino. Se houver mudanças no valor desse parâmetro, é possível que haja uma intensificação do efeito de substâncias químicas tóxicas para os organismos aquáticos, entre os quais estão os metais pesados, o que acarreta na morte aquática dos organismos essenciais ao curso d'água.

4.2.7 Sólidos Dissolvidos Totais

Na Figura 21 é possível verificar os resultados referentes aos SDT nas águas dos dois açudes, entre 2011 e 2021. No que concerne o limite para os sólidos dissolvidos totais determinados pelo CONAMA, o valor máximo estabelecido é 500 mg/L.

Figura 21 – Resultados dos SDT no período analisado



Fonte: Autoria Própria 2022.

Ao se verificar os dados relacionados ao açude Cupim, é notório que todos os valores, entre 2011 e 2021, obedecem ao padrão destacado pelo CONAMA. A maior unidade registrada foi 464,00 mg/L, referente a 2013. A menor por sua vez, foi 86,30 mg/L, em 2011.

Já os dados que se referem ao açude Jaburu II revelam que, no período analisado, 2014, 2016 e 2017 tiveram valores superiores ao limite posto pela Resolução, com 1.137,00 mg/L; 540,00 mg/L; e 717,00 mg/L; respectivamente. A maior unidade registrada dentro do limite determinado foi 296,00 mg/L, em 2013. Já o menor foi 121,50 mg/L, em 2018. Outros detalhes sobre os dois açudes podem ser observados na Figura 21.

Nos anos em que a concentração de SDT no açude Jaburu II estiveram acima do limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, há uma indicação de que o volume total de substâncias dissolvidas na água é alto. Isso leva a crer que há presença de matéria orgânica e inorgânica no reservatório, o que interfere, de forma negativa, na fotossíntese, pois afeta a penetração de luz no corpo hídrico, reduzindo assim a concentração de oxigênio dissolvido na água.

O manancial Jaburu II é localizado próximo a imóveis residenciais, o que sugere um aumento do risco de contaminação das águas. Ademais, na área que abrange o açude há criação de animais, provocando com isso poluição oriunda de excrementos. Outro ponto que deve ser destacado é a falta de mata ciliar em volta desse reservatório. Quando essa vegetação se encontra nas margens dos mananciais, principalmente dos rios que os abastecem, ela funciona como uma barreira natural ao escoamento da água, evitando que uma grande quantidade de partículas sólidas seja levada para dentro dos reservatórios.

4.3 Classificação do Índice de Qualidade da Água (IQA)

O IQA é tido como um índice de qualidade de água determinado pela agência do governo de São Paulo, CETESB, responsável pela fiscalização, controle, monitoramento e licenciamento das atividades geradoras de poluição. O IQA apresenta classificações de níveis de qualidade definidas como Ótima, Boa, Regular, Ruim e Péssima. Assim, o entendimento e a classificação do recurso a ser analisado fica mais fácil de ser compreendido. E para facilitar a divulgação desses resultados, cada nível está relacionado a uma coloração, que são: azul – ótima; verde – boa; amarelo – regular; e vermelho – ruim.

Na Tabela 4 – é apresentada a situação do IQA para as amostras do manancial Cupim, analisado de acordo com a CETESB. Pode-se observar nos períodos estudados que, somente os anos de 2020 e 2021 registraram valores de IQA acima de 79, os quais foram, respectivamente, 85,03, maior valor observado, e 79,02. Esses resultados correspondem a uma classificação ótima da água (coloração do nível: azul). O ano de 2018 apresentou um valor de 73,54, classificando a água como boa (coloração do nível: verde). Entretanto, os anos de 2017 e 2018 foram classificados como regular (coloração do nível: amarelo).

Tabela 4 – Classificação do Índice de Qualidade da Água do açude Cupim com base na CETESB

<i>Amostras</i>	<i>Admitindo 9 variáveis - IQA produtivo</i>	<i>Classificação</i>
15/02/2017	41,92	Regular
29/11/2018	73,54	Boa
28/11/2019	45,65	Regular
17/09/2020	85,03	Ótima
12/05/2021	79,02	Ótima

Fonte: Autoria Própria (2022).

Já a Tabela 5 classifica o IQA do açude Jaburu II de acordo com a CETESB. Logo, pode-se observar que o ano de 2020 apresentou um valor de 79,64, classificando a água como ótima (coloração do nível: azul). Já os anos de 2015 e 2021 apresentaram um índice de qualidade boa (coloração do nível: verde), com valores iguais a 58,58 e 68,58, respectivamente. Nos anos de 2017 e 2018, a água se enquadrava como regular (coloração do nível: amarelo), apresentando valores iguais a 46,22 e 48,92, respectivamente. Entretanto, no ano de 2016, o índice de qualidade se enquadrou como ruim (coloração do nível: vermelho), apresentando um valor de 32,56.

Tabela 5 – Classificação do Índice de Qualidade da Água do açude Jaburu II com base na CETESB

<i>Amostras</i>	<i>Admitindo 9 variáveis - IQA produtivo</i>	<i>Classificação</i>
04/11/2015	58,58	Boa
22/11/2016	32,56	Ruim
08/02/2017	46,22	Regular
19/04/2018	48,92	Regular
16/06/2020	79,64	Ótima
18/11/2021	68,58	Boa

Fonte: Autoria Própria (2022).

Com base nos dados disponibilizados pela COGERH, é possível verificar que, tanto o açude Cupim quanto o açude Jaburu II tiveram um destaque para um quadro Regular. Ao se considerar os anos em que essa classificação foi obtida, é possível associá-la aos períodos em que o município de Independência sofreu com o ciclo de estiagem, deixando os reservatórios operando com baixa capacidade e, portanto, proporcionando uma maior concentração dos poluentes e substâncias presentes na água. Em 2019, por exemplo, o açude Cupim chegou a operar com 1,30% de sua capacidade. No ano de 2017, o açude Jaburu II operou com 0,45% de sua capacidade total de água.

Outro fator relacionado às classificações são os índices referentes ao oxigênio dissolvido, por exemplo. Em 2021, quando o açude Cupim foi classificado como ótimo, o OD registrado estava em 7,14 mgO₂/L. Já o açude Jaburu II teve um nível de OD fixado em 8,54 mgO₂/L e teve uma classificação boa. O resultado pode estar relacionado à capacidade total de águas dos dois mananciais.

Em relação à porcentagem de saturação, compreendida como o volume máximo de oxigênio que pode ser dissolvido na água a uma determinada temperatura e pressão, percebe-se que, em 2021 houve um cenário que contribuiu para as classificações dos dois açudes. Enquanto no Cupim o registro foi de 93,04%, no Jaburu II a taxa foi de 113,30%. De acordo com dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (SISTE et al., 2011), taxas de saturação entre 80% e 125% são excelentes para a maioria das espécies aquáticas.

No que se refere à classificação do IQA obtido em 2016, o açude Jaburu II apresentou um resultado considerado Ruim. Nesse caso, quando o índice apresenta um nível indesejado, uma possível causa atribuída é o aumento de alguns parâmetros, como a DBO e o fósforo total. No caso da DBO, a caracterização pode ter ocorrido pela presença de matéria orgânica no reservatório. Já em relação ao fósforo total, pode ter havido um não cumprimento das determinações do CONAMA, gerando uma contaminação e registrando, assim, um desempenho inadequado para a classificação.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi realizado a fim de avaliar o sistema de abastecimento público de água de Independência (CE), assim como a qualidade da água bruta dos açudes Cupim e Jaburu II, para identificar as reais condições do serviço e da qualidade dessas águas.

Em relação ao índice de atendimento urbano de água, a pesquisa concluiu que, apesar de o período analisado ter apresentado alguns anos com níveis indesejáveis, a maior parte do período analisado obteve níveis aceitáveis.

Já quanto ao consumo de água no município, o trabalho evidenciou que, apesar de ter sido notada uma redução no consumo de água pela população, essa queda não foi significativa. Diante disso, foi possível perceber que boa parte da água produzida e distribuída está realmente sendo consumida pela população local.

No que diz respeito ao consumo médio per capita de água, a pesquisa destacou que houve uma redução no indicador. Entre outros pontos, essa queda pode estar associada ao período de seca no município registrada em boa parte dos anos analisados. Mesmo com uma redução no indicador, na maioria dos anos analisados, as pessoas utilizaram uma quantidade acima do que a ONU determina como o mínimo ideal.

Em relação ao índice de perdas na distribuição de água, foi possível concluir que, no período avaliado, o município de Independência esteve, na maioria dos anos, com padrões aceitáveis. A única exceção foi 2012, quando o indicador esteve acima do que determina a ARIS.

De maneira geral, sugere-se que sejam executados serviços de manutenção preventiva periódica na rede, com o objetivo de evitar perdas e danos de grandes proporções que aumentam o tempo de interrupções da rede de abastecimento de água para a comunidade.

É interessante ainda que sejam realizados novos estudos para observar o comportamento de outros indicadores de desempenho do abastecimento água, assim como adquirir informações de outros bancos de dados e fazer avaliações por meio de outros métodos.

A respeito dos parâmetros de qualidade da água analisados neste trabalho concluiu-se que, apesar de os dois açudes apresentarem valores fora do limite estabelecido pelo CONAMA em alguns períodos, na maioria dos anos, dentro do recorte avaliado, as taxas estiveram em níveis adequados. Isso mostra que, mesmo com adversidades relacionadas ao clima e às ações antrópicas, as águas dos dois reservatórios mantiveram-se com certa qualidade por um intervalo de tempo considerável. A exceção fica por conta do fósforo total, que apresentou valores fora dos padrões determinados pelo Conselho nos dois reservatórios.

Quanto ao monitoramento da qualidade da água por meio do IQA, constatou-se que, nos dois açudes, houve uma oscilação das classificações entre Regular, Boa e Ótima. Somente em 2016 foi registrado um enquadramento Ruim, referente ao Jaburu II.

Com base em todos os resultados obtidos neste trabalho, verificou-se que o período analisado dispõe de mais fatores positivos do que negativos, quanto aos aspectos quantitativos e qualitativos do abastecimento de água. Apesar disso, ainda há o que se fazer para melhorar o abastecimento público de água, assim como a qualidade da água disponibilizada para a população de Independência. Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se analisar a água tratada e distribuída para a população, bem como a adequabilidade do tratamento empregado pela Estação de Tratamento de Água na cidade de Independência. Também se sugere a realização de trabalhos avaliando os demais serviços básicos de saneamento para este município.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. B. D. **NOTAS DE AULA–SANEAMENTO BÁSICO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**. 2014.

AOYAMA, E. S.; SOUZA, I. A. de; FERRERO, W. B. Análise de consumo e desperdício de água em atividades diárias por alunos da unicamp. **Revista Ciências do Ambiente on-line**, v. 3, n. 2, 2007.

ARIS. **Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento. Resoluções Normativas e Estudos Técnicos**. 2022. Disponível em: <<https://www.aris.sc.gov.br>>. Acesso em 28 de outubro de 2022.

ARRETCHE, M. T. **Política nacional de saneamento: a reestruturação das companhias estaduais**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 1999.

BARRETO, L.; FREITAS, A. C.; CHAVES, L.; SILVA, J. Análise do desperdício de água tratada no bairro geraldo simões no município de itabuna-ba. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, v. 4, n. 5, 2008.

BEZERRA, S. d. T. M.; PERTEL, M.; MACÊDO, J. E. S. d. Avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água do agreste brasileiro. **Ambiente Construído**, SciELO Brasil, v. 19, p. 249–258, 2019.

BRANCO, S. M. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999. p.1-36.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Resolução n. ° 357/2005**, 2005. Disponível em:

<http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450>. Acesso em 21 de outubro de 2022.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. 2006. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Lei Nº 11.445**, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em 10 de junho de 2022.

BRASIL. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Resolução n. ° 430/2011**, 2011. Disponível em:

<https://www.mprs.mp.br/media/areas/gapp/arquivos/atualizacao_intra/dou/res_conama_430.pdf>. Acesso em 22 de outubro de 2022.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Lei Nº 14.026**, 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>. Acesso em 10 de junho de 2022.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional. Diagnósticos SNIS 2021/2022 (ano de referência 2020)**. 2021a. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos>>. Acesso em 28 de abril de 2022.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR. Secretaria Nacional de Saneamento Básico no Brasil 2021 / Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional**. - Brasília/DF, 2021b.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. 2021c. Disponível em: <http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_espoto/mapa-agua>. Acesso em 22 de junho de 2022.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional. Panorama do Saneamento no Brasil**. 2022a. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/saneamento-basico/a-ana-e-o-saneamento/panorama-do-saneamento-no-brasil-1>>. Acesso em 22 de outubro de 2022.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Regional. Perguntas Frequentes**. [S. l.]. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/perguntas-frequentes>. Acesso em: 28 set. 2022.

BRASIL. **Portal da Qualidade das Águas**. 2022c. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#:~:text=As%20águas%20poluídas%20por%20esgotos,de%20decomposiç~ao%20da%20matéria%20orgânica>>. Acesso em 25 de outubro de 2022.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Diagnósticos**. 2022d. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos>>. Acesso em 28 de outubro de 2022.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Série Histórica**. 2022e. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em 27 de outubro de 2022.

CEARÁ. **Nova adutora vai garantir o abastecimento de água em Independência**. 2015. Disponível em: <<https://www.ceara.gov.br/2015/12/30/nova-adutora-vai-garantir-o-abastecimento-de-agua-em-independencia/>>. Acesso em 22 de outubro de 2022.

CEARÁ. **Portal Hidrológico do Ceará**. 2022. Disponível em: <<http://www.hidro.ce.gov.br>>. Acesso em 25 de setembro de 2022.

CETESB. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo**. 2017. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-das-%C3%81guas-Interiores-no-Estado-de-S%C3%A3o-Paulo-2017.pdf>>. Acesso em: 30 de outubro de 2022.

CETESB. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais**. 2014. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Apêndice-D-Significado-Ambiental-e-Sanitário-das-Variáveis-de-Qualidade-29-04-2014.pdf>>. Acesso em 24 de outubro de 2022.

COGERH. **COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (COGERH)**.

Sertões de Crateús. 2020. Disponível em: <<https://portal.cogerh.com.br/serto-es-de-crateus/>>. Acesso em 25 de setembro de 2022.

COPASA. **Tratamento de Água**. 2019. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_TratamentoDeAgua.pdf>. Acesso em 12 de outubro de 2022.

COUTO, J. L. V. Limnologia: Parâmetros físicos -UFRJ, 2004. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/limno.htm>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

DA Luz Culpí, V. L. F; Alves, J. A. P (2015). Inserção do Tema Pegada Hídrica no Ensino de Ciências: aceitação e perspectivas de mudanças a partir da sala de aula. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, n. 38, 2015.

FREIRE, L. L.; SANTOS, Y. T. da C. **A gestão da prestação de informações ao sistema nacional de informações sobre o saneamento básico**: Estudo de caso na região metropolitana do Cariri-CE (1995-2015). 2019.

FUZINATTO, C. F. **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água**. Florianópolis, SC, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. [S.l.]: 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GM/MS. **Ministério da Saúde/Gabinete do Ministro**. 2021. Publicada no Diário Oficial do Estado, Edição 85, Seção 1, pág. 127, no dia 4 de maio de 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>>. Acesso em 12 de junho de 2022.

GONÇALVES, R. F. (ED.). **Conservação de Água e Energia em Sistemas Prediais e Públicos de Abastecimento de Água**. 1o ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

HAMDAN, O. H. C.; LIBÂNIO, M.; COSTA, V. A. F. Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água de pequeno porte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, SciELO Brasil, v. 24, p. 1183-1194, 2019.

HELLER, L.; PÁDUA, V. d. Abastecimento de água para consumo humano. rev. e atual. **Belo Horizonte: Editora UFMG**, v. 1, 2010.

IBGE. **Brasil consome 6 litros de água para cada R\$ 1 produzido pela Economia**. **AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS**. 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/20465-brasil-consome-6-litros-de-agua-para-cada-r-1-produzido-pela-economia>. Acesso em: 30 nov. 2022.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Panorama - Independência - CE**. 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/independencia/panorama>>. Acesso em 24 de outubro de 2022.

IPECE. **Caracterização Geográfica - Independência - CE**. 2018. Disponível em:

<https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Independencia_2017.pdf>. Acesso em 24 de outubro de 2022.

ITB. **Instituto Trata Brasil. Painel Saneamento Brasil**. 2018. Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/>>. Acesso em 20 de junho de 2022.

LAMBERT, A.; HIRNER, W. **Losses from water supply systems: Standard terminology and recommended performance measures**. International Water Association (IWA), 2000.

LIMA, R. N. d. S.; RIBEIRO, C. B. d. M.; BARBOSA, C. C. F.; FILHO, O. C. R. Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em sistema de informação geográfica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, SciELO Brasil, v. 21, p. 139–150, 2016.

LIRA, O. D. O. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. [S.l.]: Funasa, 2014.

MACEDO, T. de L.; REMPEL, C.; MACIEL, M. J. Análise físico-química e microbiológica de água de poços artesianos em um município do vale do taquari-rs. **Tecno-lógica**, v. 22, n. 1, p. 58–65, 2018.

MEDEIROS, S. R. M. d.; CARVALHO, R. G. d.; SOUZA, L. d.; BARBOSA, A. H. d. S. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no riacho da bica, portalegre, rn, brasil. **Revista Ambiente & Água**, SciELO Brasil, v. 11, p. 711–730, 2016.

Miranda, E. C. (2002). **Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade**. Dissertação de Mestrado, Publicação PTARH.DM - 57/2002, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 200p.

MIRANDA, E. C. d.; KOIDE, S. Indicadores de perdas da água: o que, de fato, eles indicam? **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Saneamento Ambiental: Ética e Responsabilidade Social**. Joinville, ABES, p. 32, 2003.

MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. d. Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água. **Pesquisa Operacional**, SciELO Brasil, v. 26, p. 567–584, 2006.

MS. Ministério da saúde. **Portaria n.º 518/2004**, Série E. Legislação Saúde, Ministério da Saúde, Brasília, 2005.

NUNES, E. de S.; FERREIRA, F. D. G.; SOUSA, E. P. de. Desempenho da provisão dos serviços de saneamento básico no Ceará. **Revista Estudo & Debate**, v. 25, n. 1, 2018.

PERTEL, M. **Ação do uso da água e da energia associada à água em uma edificação residencial convencional e uma dotada de um sistema de reúso de águas cinza**. Vitória: UFES, 2009.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. d. Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. **Novo Hamburgo**:

Feevale, 2013.

REBOUÇAS, A. D. C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. [S.l.]: Estudos avançados. SciELO Brasil, v. 11, p. 127-154, 1997.

SANESUL. **Importância do Tratamento de Água**. 2022. Disponível em: <<https://www.sanesul.ms.gov.br/importancia-do-tratamento-de-agua>>. Acesso em 13 de outubro de 2022.

SILVA, F. J. A. da. Perda de água em sistemas públicos de abastecimento no Ceará. **Revista Tecnologia**, v. 26, n. 1, 2005.

SILVEIRA, D. **Para gerar R\$ 1 no PIB, Brasil consome em média 6 litros de água, aponta IBGE**. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/para-gerar-r-1-no-pib-brasil-consome-em-media-6-litros-de-agua-aponta-ibge.ghtml>>. Acesso em 14 de outubro de 2022.

SISTE, C.; GIRÃO, E.; DUNCAN, B. Manual para formação e capacitação de grupos comunitários em metodologias participativas de monitoramento da qualidade da água-módulo iii: avaliação físico-química. **Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E)**, Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2011., 2011.

SOROCABA. M. prefeitura. **Procedimento de operação padrão - POP. Serviços Autônomo de Água e Esgoto**, 2010.

TSUTIYA, M. Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2/secretaria nacional de saneamento ambiental (org.). **Salvador: RECESA**, 2008.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. [S.l.]: Editora UFMG, 1996. v. 1.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Efluentes**. Tese (Doutorado) — Tese de Doutorado, DESA/UFMG, Minas Gerais, Brasil, 2000.

VON SPERLING, M. et al. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. **DESA/UFMG. Belo Horizonte-MG**, 2007.