



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCIANA CAVALCANTE DE SOUSA

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA SEDE DO
MUNICÍPIO DE MORADA NOVA/CE**

RUSSAS - CE
2021

LUCIANA CAVALCANTE DE SOUSA

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA SEDE DO
MUNICÍPIO DE MORADA NOVA/CE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Ms. Daniela Lima Machado
da Silva

RUSSAS - CE
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

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

- S697a Sousa, Luciana Cavalcante de.
Análise da Qualidade da Água de Abastecimento da Sede do Município de Morada Nova/CE / Luciana Cavalcante de Sousa. – 2021.
55 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Curso de Engenharia Civil, Russas, 2021.
Orientação: Profa. Ma. Daniela Lima Machado da Silva.
1. Qualidade da Água. 2. Água de Abastecimento Público. 3. Potabilidade. 4. Análises Laboratoriais. I. Título.

CDD 620

LUCIANA CAVALCANTE DE SOUSA

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE ABASTECIMENTO DA SEDE DO
MUNICÍPIO DE MORADA NOVA/CE**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Ms. Daniela Lima Machado da Silva - Orientadora
Universidade Federal do Ceará - Campus Russas

Prof^a. Dra. Samiria Maria Oliveira da Silva
Universidade Federal do Ceará

Ms. Amanda Paiva Farias
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental
Universidade Federal de Campina Grande

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho, marca o fim de um ciclo extremamente importante em minha vida. A realização de um sonho. Um caminho longo e árduo percorrido até aqui, mas que trouxe muitos aprendizados.

Ao longo deste período precisei da ajuda, apoio e incentivo de muitas pessoas e aqui deixo meus sinceros agradecimentos.

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado capacidade, coragem e força para chegar até aqui e conseguir encerrar esse ciclo, sem dúvidas, sem Ele eu não teria conseguido.

Em segundo lugar, agradeço e dedico este trabalho as pessoas que eu mais amo na vida, minha família, em especial a minha amada mãe, mulher muito batalhadora, que foi meu suporte e alicerce durante todos esses anos, me incentivou, ajudou, acreditou e confiou em mim, e foi o meu principal motivo de sempre buscar um futuro melhor para mim e nossa família. Obrigada por tudo, mãe! Essa conquista é nossa!

Aos meus irmãos Juliana e Antônio, e à minha tia Maria Helena por todo apoio e confiança dedicada a mim.

Aos meus amigos que a Universidade me apresentou, Caio, Adiláyne, Isabelle, Mineiro Neto, Pedro Isaac e todos os outros que compartilharam comigo esses anos. Obrigada pelo apoio, incentivo e todas as noites longas de estudo. Obrigada também pelas risadas, conversas e lágrimas compartilhadas, vocês tornaram esse ciclo mais leve e feliz.

À Patrícia e ao Allisson, técnicos de laboratório do campus, por todo suporte e auxílio prestado durante a realização das análises.

À minha orientadora Prof^a. Ms. Daniela Lima Machado da Silva quero expressar a minha admiração, agradecer pelos ensinamentos, apoio e paciência no andamento do trabalho.

À todos os colegas, professores e amigos, que de alguma forma colaboraram na minha formação.

RESUMO

A água é um recurso essencial à vida, fundamental para a garantia da saúde e bem estar da população, além de proporcionar o desenvolvimento econômico nacional e local. A água de distribuição se não submetida a um processo de tratamento eficiente pode se tornar veículo para transmissão de doenças e provocar danos à saúde. Assim, é primordial que a água consumida se enquadre aos padrões estabelecidos pela legislação que regulamenta a qualidade da mesma. Em virtude disso, o presente trabalho objetivou analisar a qualidade da água tratada distribuída na sede do município de Morada Nova - CE, por meio de análises físico-químicas (pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos, cor aparente e cloro residual livre) e microbiológicas (coliformes totais). Para isso, foram realizadas a coleta de 27 amostras no total, distribuídas em 3 pontos distintos ao longo da cidade. Os resultados obtidos demonstraram que os parâmetros de pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos e cor aparente atendem aos padrões determinados pela Portaria nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde. Contudo, os parâmetros cloro livre e coliformes totais apresentaram inconformidades no primeiro ponto de coleta, fato que desperta preocupação, visto que o controle do teor mínimo de cloro residual livre e da proliferação de microorganismos, é primordial para que não haja a transmissão de doenças de veiculação hídrica à população que é abastecida por essa água. Sendo necessário, portanto, a aplicação de ações corretivas visando enquadrar a água de abastecimento do município aos padrões de potabilidade.

Palavras-chave: Qualidade da água. Água de abastecimento público. Potabilidade. Análises laboratoriais.

ABSTRACT

Water is an essential resource for life, fundamental for guaranteeing the health and well-being of the population, in addition to providing national and local economic development. The distribution water, if not subjected to an efficient treatment process, can become a vehicle for the transmission of diseases and cause damage to health. Thus, it is essential that the water consumed complies with the established standards by the legislation that regulates its quality. As a result, the present study aimed to analyze the quality of treated water distributed at the headquarters of the municipality of Morada Nova - CE, through physical-chemical (pH, turbidity, total dissolved solids, apparent color and free residual chlorine) and microbiological analyzes (total coliforms). For this, 27 samples were collected in total, distributed in 3 different points throughout the city. The results obtained showed that the parameters of pH, turbidity, total dissolved solids and apparent color meet the standards determined by Ordinance nº 5 of 2017 from the Ministry of Health. However, the parameters free chlorine and total coliforms showed non-conformities at the first collection point, fact that arouses concern, since the control of the minimum content of free residual chlorine and the proliferation of microorganisms, it is essential for there to be no transmission of waterborne diseases to the population that is supplied by this water. Therefore, it is necessary to apply corrective actions in order to adjust the municipal water supply to drinking standards.

Keywords: Water quality. Public water supply. Potability. Laboratory analysis.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos de potabilidade da água.....	24
Tabela 2: Parâmetros microbiológicos de potabilidade da água.....	24
Tabela 3: Resultados de pH durante a primeira coleta.....	41
Tabela 4: Resultados de pH durante a segunda coleta.....	41
Tabela 5: Resultados de pH durante a terceira coleta.....	41
Tabela 6: Resultados de turbidez durante a primeira coleta.....	42
Tabela 7: Resultados de turbidez durante a segunda coleta.....	42
Tabela 8: Resultados de turbidez durante a terceira coleta.....	42
Tabela 9: Resultados de sólidos totais dissolvidos durante a primeira coleta.....	43
Tabela 10: Resultados de sólidos totais dissolvidos durante a segunda coleta.....	43
Tabela 11: Resultados de sólidos totais dissolvidos durante a terceira coleta.....	44
Tabela 12: Resultados de cor aparente durante a segunda coleta.....	44
Tabela 13: Resultados de cor aparente durante a terceira coleta.....	44
Tabela 14: Resultados de cloro residual livre durante a segunda coleta.....	45
Tabela 15: Resultados de cloro residual livre durante a terceira coleta.....	45
Tabela 16: Resultados de coliformes totais durante a primeira coleta.....	47
Tabela 17: Resultados de coliformes totais durante a segunda coleta.....	47
Tabela 18: Resultados de coliformes totais durante a terceira coleta.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Regiões hidrográficas brasileiras.....	17
Figura 2: Classificação quanto à quantidade de chuva em 2018.....	18
Figura 3: Demanda de água por região geográfica.....	19
Figura 4: Esquema geral de um sistema de abastecimento de água.....	22
Figura 5: Classificação dos reservatórios de acordo com a posição no terreno.....	27
Figura 6: Descrição da área de estudo.....	31
Figura 7: Estação de Tratamento (etapas do tratamento) de Água do Sistema – SEDE.....	32
Figura 8: Representação Geográfica da Localização do SAA - SEDE.....	33
Figura 9: Pontos de Amostragem.....	34
Figura 10: Frascos de coleta.....	36
Figura 11: Procedimento de coleta.....	37
Figura 12: pHmetro utilizado na pesquisa.....	38
Figura 13: Turbidímetro utilizado na pesquisa.....	39
Figura 14: Condutivímetro utilizado na pesquisa.....	39
Figura 15: Colitest.....	40
Figura 16: Amostras microbiológicas antes e depois de 48h da primeira coleta.....	47
Figura 17: Amostras microbiológicas antes e depois de 48h da segunda coleta.....	47
Figura 18: Amostras microbiológicas antes e depois de 48h da terceira coleta.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Uso da água.....	16
Quadro 2: Classificação da água doce.....	23
Quadro 3: Objetivos das etapas do processo de tratamento da água.....	26
Quadro 4: Localização e horário dos pontos de coleta.....	35
Quadro 5: Parâmetros físico-químicos aplicados na pesquisa.....	37

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA - Agência Nacional da Água
CAGECE - Companhia de água e esgoto do Ceará
COGERH - Companhia de gestão dos recursos hídrico
CONAMA - Conselho nacional de meio ambiente
CRL - Cloro residual livre
CT - Coliformes totais
ETA – Estação de tratamento de água
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MS – Ministério da Saúde
uH - Unidade Hazen
uT – Unidade de Turbidez
SAAE - Serviço autônomo de água e esgoto
SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater
STD - Sólidos totais dissolvidos
VMP – Valor máximo permitido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo geral.....	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 USO DA ÁGUA.....	16
2.2 ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA.....	20
2.3 LEGISLAÇÃO ACERCA DAS ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO.....	22
2.3.1 Resolução CONAMA nº 357 de 2005.....	22
2.3.2 Portaria de Consolidação nº 5 de 2017.....	23
2.4 QUALIDADE DA ÁGUA.....	25
2.5 PARÂMETROS ANALISADOS NA PESQUISA.....	27
2.5.1 COR APARENTE.....	27
2.5.2 TURBIDEZ.....	28
2.5.3 CLORO RESIDUAL LIVRE.....	28
2.5.4 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....	29
2.5.5 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS.....	30
2.5.6 COLIFORMES TOTAIS.....	30
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	31
3.2 PROCESSO DE AMOSTRAGEM.....	34
3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	37
3.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1 pH.....	41
4.2 TURBIDEZ.....	42
4.3 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS.....	43
4.4 COR APARENTE.....	44

4.5 CLORO RESIDUAL LIVRE.....	45
4.6 COLIFORMES TOTAIS.....	46
5 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso de extrema importância e todo ser humano, independente da classe social, tem direito a água de qualidade, visto que esta representa função essencial na saúde, economia e qualidade de vida da população, além do seu papel primordial na natureza (SOUZA *et al.*, 2014). Contudo, é necessário que a mesma seja disponibilizada em quantidade suficiente e em qualidade adequada (BARBIERI *et al.*, 2013)

O acesso a este recurso em quantidade e qualidade correta, contribui para a melhora na qualidade de vida da população, oferecendo condições adequadas de higiene, conforto e bem estar. Além de ser forte aliada na preservação da saúde, visto que contribui no controle das doenças de transmissão hídrica, que concomitantemente com a coleta de esgoto, diminui a procura por serviços de saúde.

Embora o Brasil tenha uma oferta abundante de recursos hídricos, o desenvolvimento econômico e social, provocou uma maior demanda por água. Diversos fatores ocasionam interferência nas características naturais dos mananciais, como o despejo dos esgotos domésticos não tratados, dos efluentes industriais e de agrotóxicos, o que gera preocupação com relação a qualidade e escassez do recurso nos anos subsequentes.

Esse fato ainda é agravado pelos baixos índices pluviométricos em várias regiões do país, uma vez que a escassez de água pode reduzir o padrão de qualidade da mesma, alterar o período de plantação e colheita, diminuir a produção industrial, prejuízos ambientais e doenças como a febre tifóide, hepatite, cólera e diarreia infantil (CANOBEL, 2009).

Nesse contexto de escassez hídrica, o Nordeste apresenta cenário preocupante, visto que o mesmo vem enfrentando longos anos de seca, em que seu último período de fortes chuvas e reserva hídrica ocorreu em 2009, o que acarreta prejuízos à qualidade da água dos reservatórios da região, pois a redução do volume de água ocasiona uma maior concentração dos poluentes presentes.

De acordo com o Anuário do Monitoramento Qualitativo das Águas dos Principais Açudes do Ceará divulgado em 2017 pela Companhia de Gestão dos

Recursos Hídricos (COGERH), das amostras de água dos açudes analisados 83,19% apresentaram elevado nível de eutrofização.

Ainda conforme este anuário, a contaminação desses reservatórios é provocada majoritariamente pelo descarte de esgotos domésticos e industriais, a afluência de partículas dos solos em decorrência de erosão hídrica, a piscicultura intensiva e a presença de gado no entorno dos açudes, nos quais seus dejetos tornam-se fonte de matéria orgânica. Para mais, o uso de agrotóxicos se apresenta de forma intensa na região semiárida, o que favorece ainda mais a contaminação dos mananciais.

Em virtude disso, a água em sua forma bruta apresenta inúmeras substâncias e impurezas que a torna imprópria para o consumo humano. Assim, para que ela seja consumida de maneira segura é necessário ser submetida a um tratamento, enquadrando-a nos padrões de potabilidade descritos pela Portaria nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde (MS)

Para o padrão de potabilidade ser atingido a água precisa passar por uma Estação de Tratamento de Água (ETA). No Brasil, o tratamento mais aplicado é o convencional que segue as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação, que podem variar de acordo com a água bruta e os períodos de chuva ou estiagem.

Após esse processo, é de suma importância que a água oferecida à população se enquadre nos valores máximos permitidos para parâmetros físicos, químicos e microbiológicos estabelecidos pela norma vigente de potabilidade da água para consumo humano, Portaria nº 5 de 2017 do MS.

Baseado nisso, se faz fundamental monitorar as águas de abastecimento público e averiguar se as mesmas apresentam-se potáveis de tal modo que não gerem qualquer risco à saúde da população (FREITAS, 2002).

Dentro desta perspectiva o presente trabalho tem por intuito fazer um levantamento acerca da qualidade da água distribuída à população urbana da sede do município de Morada Nova - CE.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade da água de abastecimento público distribuída à população urbana da sede do município de Morada Nova - CE.

1.1.2 Objetivos específicos

- Monitorar os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água tratada da sede do município de Morada Nova - CE.
- Verificar a eficiência do tratamento da água de abastecimento público servida a população urbana do município de Morada Nova - CE.
- Comparar os resultados obtidos aos valores máximos permitidos (VMP) para parâmetros físicos, químicos e microbiológicos estabelecidos pela Portaria nº 5 de 2017 do MS.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 USO DA ÁGUA

Indispensável à vida, a água é um componente primordial ao desenvolvimento de inúmeras atividades humanas, sendo utilizada no mundo para múltiplas finalidades, sejam elas econômicas ou sociais, como o abastecimento público das cidades, uso doméstico, industrial, agrícola, produção de energia, recreação e lazer, conforme mostrado na tabela a seguir.

Quadro 1: Uso da água

Agrupamento de Consumo	Necessidades
Consumo Doméstico	Ingestão, preparo de alimentos, higiene da moradia, limpeza dos utensílios, lavagem de roupas, descarga de vasos sanitários, lavagem de veículos, insumo para atividades econômicas domiciliares (lavadeiras, preparo de alimentos...), irrigação de jardins, hortas e pomares domiciliares, criação de animais de estimação e de animais para alimentação (aves, suínos, equinos etc.)
Uso Comercial	Suprimento a estabelecimentos diversos, com ênfase para aqueles de maior consumo de água, como lavanderias, bares, restaurantes, hotéis, postos de combustíveis, clubes e hospitais
Uso Industrial	Suprimento a estabelecimentos localizados no interior da área urbana, com ênfase para aqueles que incorporam água no produto ou que necessitam de grande quantidade de água para limpeza, indústria de cervejas, refrigerantes ou sucos, laticínios, matadouros e frigoríficos, curtumes e indústria têxtil
Uso Público	Irrigação de jardins, canteiros e praças. Lavagem de ruas e espaços públicos em geral. Alimentação de fontes. Limpezas de boca de lobo, galerias de águas pluviais e coletores de esgotos. Abastecimento de edifícios públicos, incluindo hospitais, portos, aeroportos, terminais etc. Combate a incêndio

Fonte: Heller; Pádua, 2006.

De acordo com Campos (2010) a água salgada da Terra, presente em oceanos e mares, representa mais de 97% do volume total disponível, enquanto a água doce apenas 3%. Desse valor, apenas 1% está acessível para uso, dos quais 0,7% encontram-se em lençóis subterrâneos.

O Brasil detém cerca de 11% da reserva de água doce do planeta, embora distribuída de forma díspar em seu território, uma vez que dos 260.000 m³/s de água que passam ao longo de sua extensão territorial, 80% localizam-se na bacia do Rio Amazonas, onde a quantidade de habitantes e consumo é expressivamente menor quando defronte a outras regiões.

Vale salientar que o país é dividido em 12 regiões hidrográficas nacionais, assim estabelecido pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) na resolução nº 32 de 2003, elas são: Bacia Hidrográfica Amazônica, Tocantins-Araguaia, São Francisco, Paraná, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Sul, Uruguai e Paraguai, como assentado na figura 1.

Figura 1: Regiões hidrográficas brasileiras



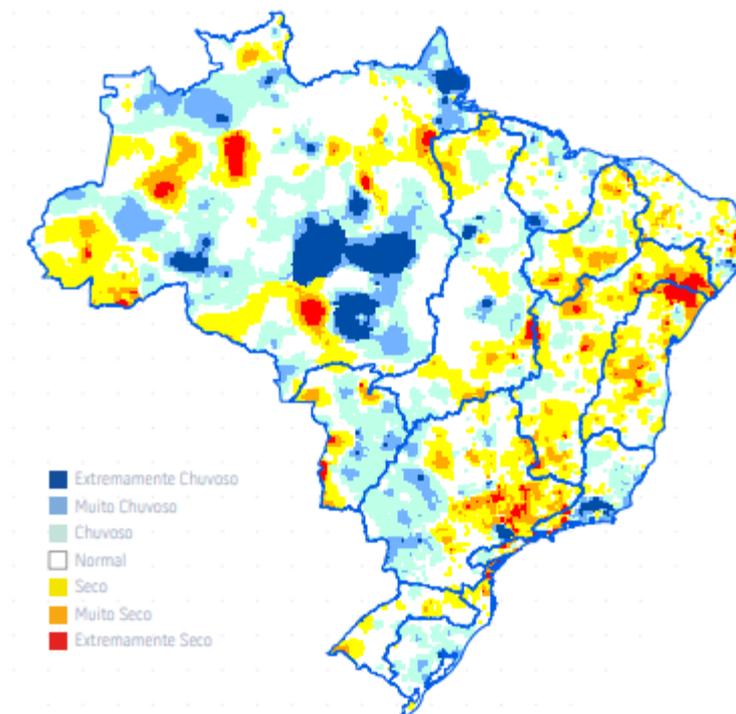
Fonte: Atlas esgotos - despoluição de bacias hidrográficas. ANA, 2017

Além disso, ao longo da maior parte do território brasileiro existe uma alta sazonalidade, apresentando estações chuvosas e secas bem definidas, de maneira que chegado o final do período seco é possível observar vazões muito abaixo da média ou até ausência de água.

Um caso muito crítico é o Nordeste Brasileiro, em que há bastante carência deste recurso, devido aos baixos e irregulares índices de precipitação, elevadas temperaturas e a pouca capacidade de armazenar água no solo. Assim, garantir uma oferta contínua do líquido na maioria dos rios da região só se torna possível com o uso de açudes ou reservatórios, visto que durante os meses de estiagem os mesmos secam naturalmente.

Na figura abaixo pode ser observado os diferentes níveis de precipitação ao longo do território nacional durante o ano de 2018.

Figura 2: Classificação quanto à quantidade de chuva em 2018



Fonte: Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. ANA, 2019

A quantidade de água utilizada no Brasil segue crescendo, nas últimas décadas apresentou um aumento de cerca de 80%, o que se relaciona de forma direta à urbanização e ao desenvolvimento econômico do país. Acredita-se que 66,1% das águas consumidas da nação sejam dedicadas à agricultura, 9,5% à

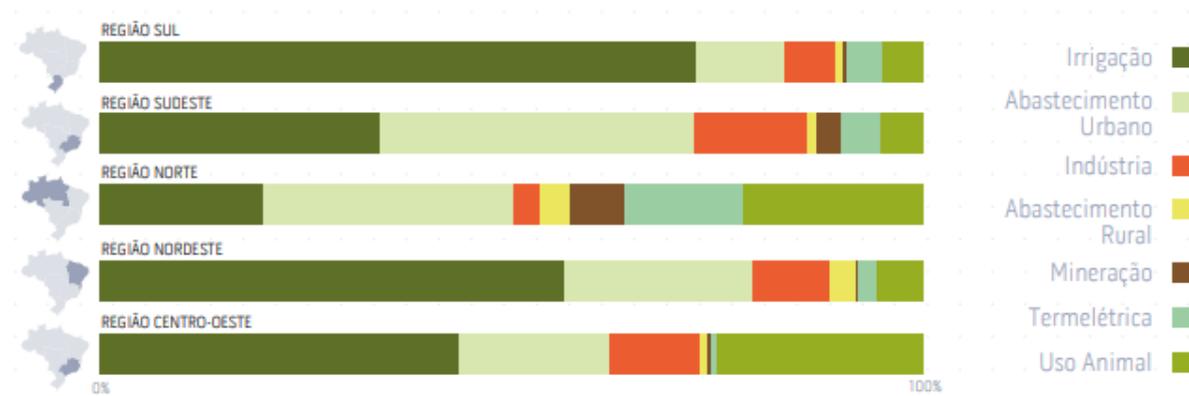
indústria e 11,6% ao abastecimento da população (ANA, 2019). Cabe destacar ainda a matriz energética brasileira, dado que 90% da sua produção decorre de hidrelétricas.

Nesse contexto, o setor que mais demanda água no país é a irrigação, visto a grande área dedicada a essa atividade, que é estimada em cerca de 7,3 milhões de hectares de área, além dos métodos utilizados que são pouco eficientes (ANA, 2019).

Embora o abastecimento público apresente um percentual menor em sua demanda se comparada a irrigação, este serviço manifesta um dos crescimentos mais evidentes durante as últimas décadas, em termos de expansão, visto o aumento da quantidade de residências acolhidas pelo sistema de água tratada. De acordo com a Pesquisa Nacional do Saneamento (PNSB-IBGE, 2000, 2008), em 2000 foram distribuídos 44 bilhões de metros cúbicos de água potável, ao passo que em 2008 foram 61 bilhões, o que equivale a 4,2% a mais ao ano.

Atrelado a isso, cabe destacar que o consumo industrial e populacional fica concentrado em regiões onde há uma maior carência desse recurso. As regiões mais preocupantes são a Região Sudeste, cujo o uso da água se evidencia para o abastecimento público, na indústria e na irrigação; na Região Sul, em que é significativa a retirada da água para irrigação das extensas lavouras de arroz; e a Região Nordeste, que tem uma grande demanda se comparada a sua disponibilidade hídrica. Na figura 3 pode-se notar as variações no uso da água nas diferentes regiões geográficas.

Figura 3: Demanda de água por região geográfica



Fonte: Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. ANA, 2019.

Outro ponto importante, é o despejo dos efluentes nos corpos d'água, prevalentemente de esgotos domésticos não tratados, uma vez que estes inviabilizam o consumo da água por conta da poluição hídrica, acentuando ainda mais a situação em termos de balanço hídrico. De acordo com o Atlas de Esgoto - Despoluição de Bacias Hidrográficas, publicado em 2017, dos 61,4% da população brasileira alcançada pela coleta de esgoto, apenas 42,6% têm seu esgoto tratado, assim, 96,7 milhões de pessoas não têm acesso a este serviço. Esses esgotos não coletados apresentam vários destinos, por exemplo, fossa séptica, lançamento em sarjetas, despejo direto no solo ou nos corpos hídricos.

Das regiões brasileiras, a região Norte é a que apresenta o caso mais crítico, ao passo que a região Sudeste tem os melhores índices, sendo a única que o tratamento de esgoto alcança mais da metade da população urbana. As regiões Nordeste, Sul e Centro-Oeste possuem valores semelhantes, com aproximadamente metade da população urbana abrangida (ANA, 2017).

2.2 ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA

O conceito de abastecimento público de água, serviço essencial à vida das pessoas, adentra-se no mais amplo conceito de saneamento, compreendido, de acordo com a Organização Mundial da Saúde, como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que causem ou possam causar efeitos prejudiciais sobre seu bem-estar físico, mental ou social (HELLER; PÁDUA, 2006).

Sabe-se que a disponibilidade deste recurso na natureza tem sido insuficiente para atender à toda a demanda exigida em várias regiões do Planeta, nesse sentido, as instalações para abastecimento devem ser capazes de fornecer água de qualidade, de forma acessível e regular à toda sociedade, respeitando sempre os demais usuários dos mananciais, pensando nas gerações presente e futuras (HELLER; PÁDUA, 2006).

Para que a água seja distribuída são necessários uma série de cuidados, visto que a mesma pode conter microorganismos, elementos químicos ou outras substâncias nocivas à saúde humana. De acordo com a Portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017, para que a água seja considerada adequada para consumo

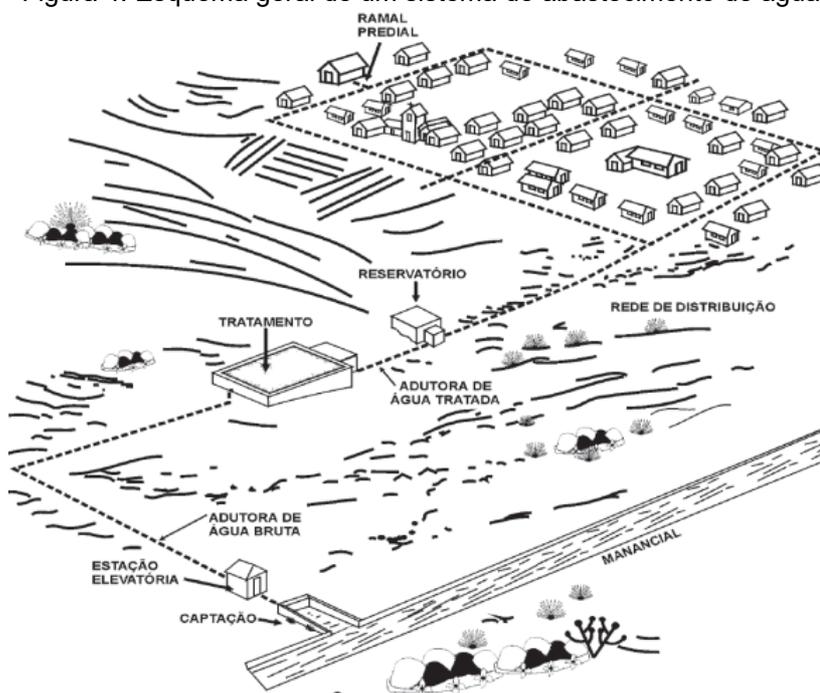
humano, a mesma deve estar dentro dos padrões exigidos por ela, assim, os indicadores físicos, químicos, microbiológicos e radioativos devem estar dentro do padrão de potabilidade, não oferecendo riscos à saúde da comunidade. A portaria ainda classifica o abastecimento de água em duas categorias, que são: sistema de abastecimento de água para consumo humano e solução alternativa coletiva e/ou individual.

O sistema de abastecimento de água trata-se de uma instalação integrada por um conjunto de obras civis, equipamentos e materiais, indo desde a zona de captação até as ligações prediais, com a finalidade de produzir e distribuir água potável canalizada para a população. A solução alternativa coletiva de abastecimento de água, consiste naquelas voltadas ao abastecimento coletivo de água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição, por exemplo, as que são realizadas por poço comunitário, instalações condominiais horizontal e vertical, e carros-pipa. Já a solução individual, trata-se do abastecimento que atende a domicílios residenciais com apenas uma família, incluindo seus agregados familiares (BRASIL, 2017).

Vale ressaltar que ambas devem estar dentro dos padrões de potabilidade. A principal diferença entre as duas categorias, do ponto de vista físico, está no fato de que a primeira é de responsabilidade do poder público municipal (BRASIL, 2006).

Um sistema de abastecimento de água normalmente é constituído por um conjunto de elementos (Figura 4), e apresenta uma diversidade de possíveis combinações das unidades que se associam com o objetivo de fornecer água encanada à população.

Figura 4: Esquema geral de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Manual de Saneamento Funasa (2007)

2.3 LEGISLAÇÃO ACERCA DAS ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

No Brasil, de forma geral, os recursos hídricos possuem uma base legal consistente. Dois documentos importantes que abordam a qualidade e o tratamento da água são a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005 e a Portaria nº 5 de 2017 do Ministério da Saúde.

2.3.1 Resolução CONAMA nº 357 de 2005

A resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, trata sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Nesta resolução é estabelecida a classificação das águas em doces, salinas e salobras, impondo limites e/ou condições para cada uma delas, o que dependerá do seu destino final ou dos seus usos preponderantes.

De acordo com a resolução CONAMA nº 357 de 2005, águas doces são aquelas cuja salinidade é igual ou inferior a 0,5‰; as salobras são aquelas que

apresentam salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%; e as águas salinas são aquelas que possuem salinidade superior a 30%. Às águas doces, estudada nessa pesquisa, é classificada em cinco como disposta no quadro a seguir.

Quadro 2: Classificação da água doce

Águas doces	
Classe	Uso preponderante
Classe especial	Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e 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, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; 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 proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
Classe 2	Destinadas ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação e contato primário (natação, mergulho etc.) conforme resolução do CONAMA nº274 de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques e jardins; à aquicultura e a pesca
Classe 3	Destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário e dessedentação de animais.
Classe 4	Destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Fonte: Adaptado. Resolução CONAMA nº 357 de 2005

2.3.2 Portaria de Consolidação nº 5 de 2017

A Portaria nº 5, de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, foi lançada em substituição da Portaria nº 2.914, de 2011. A mesma trata-se da norma

atual que dispõe acerca dos procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Conforme esta portaria, para ser considerada potável, a água deve estar de acordo com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos apresentados nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1: Parâmetros físico-químicos de potabilidade da água

Parâmetro	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano⁽²⁾	
pH	6,0-9,5
Turbidez	5,0 uT
Cor aparente	15 uH
Cloro residual livre	5 mg/L
Sólidos totais dissolvidos	1000 mg/L

Nota: ⁽²⁾ Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, entre outras.

Fonte: Portaria n° 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde.

Tabela 2: Parâmetros microbiológicos de potabilidade da água

Parâmetro	VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano⁽²⁾	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Água na saída do tratamento	
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Água tratada no sistema de distribuição (reservatórios e rede)	
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes ⁽³⁾	Ausência em 100ml
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Contagem de microrganismos mesófilos	500UFC/ml

Notas: ⁽¹⁾ Valor máximo permitido.

⁽²⁾ Água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, nascentes, entre outras.

⁽³⁾ Detecção de *Escherichia coli* deve ser preferencialmente adotada.

Fonte: Portaria n° 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde

É importante destacar que os dados e parâmetros presentes nesta portaria, constituem um documento oficial, dessa forma, servem de referência, em todo o território nacional, para o tratamento de água.

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água não está relacionada apenas a um estado de pureza, mas sim a diversas características físicas, químicas e microbiológicas, que de acordo com estas são determinadas distintas finalidades para a água (MERTEN e MINELLA, 2002). A qualidade da água é determinada devido a situações naturais, por exemplo, o contato com impurezas, substâncias e partículas do solo através da infiltração e escoamento da água pluvial. Alterações antrópicas, como o uso de fertilizantes e agrotóxicos, e a produção de resíduos domésticos e industriais, visto que podem ser introduzidos à água (SPERLING, 2017).

As características físicas são aquelas que permitem sua percepção através dos sentidos humanos como sabor, odor, cor, temperatura e turbidez. As características químicas por sua vez tratam-se dos teores quantitativos e qualitativos das substâncias que compõem a mesma, como DBO (demanda bioquímica de oxigênio), pH, OD (oxigênio dissolvido), fosfatos e nitratos. E as características microbiológicas representam a composição dos organismos presentes.

Visto as diversas situações ambientais que o líquido é exposto, torna-se indispensável que ele seja submetido a um tratamento, para que assim esteja de acordo com o padrão de potabilidade. Todavia, no decorrer do tratamento variados produtos químicos são utilizados, necessitando assim de monitoramento adequado durante e após todo o processo, para que se tenha a garantia de que a água não contenha resíduos que possam ocasionar prejuízo a saúde do usuário (FREITAS et al., 2002).

Portanto, visando atender o padrão de potabilidade determinado pela legislação vigente e a preservação da saúde, análises físicas, químicas e microbiológicas devem ser efetuadas.

No Brasil, a principal tecnologia aplicada no tratamento de água é o tratamento convencional, em virtude se tratar-se de um processo mais robusto, que

permite adequar as etapas do processo às características da água bruta e suas alterações provocadas pela sazonalidade (MELO, 2014). O processo de tratamento convencional é composto pelas seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração e adequações finais, como a fluoretação, desinfecção e ajuste de pH (BRAGA, 2014).

O objetivo de cada etapa é descrito no quadro 3.

Quadro 3: Objetivos das etapas do processo de tratamento da água

Etapa	Objetivo
Coagulação	Eliminar as partículas pequenas e leves incapazes de sedimentar, permanecendo suspensas. Para isso adiciona-se um coagulante induzindo a união dessas partículas, tornando-as mais pesadas.
Floculação	Etapa onde o coagulante é dispersado por meio de agitação mecânica, visando promover a união das partículas e conseqüentemente a formação de flocos.
Decantação	Etapa onde os flocos descem para o fundo dos tanques e finalmente se separam da água.
Filtração	Retém o flocos que não decantaram e demais resíduos menores.
Ajuste de pH, desinfecção e fluoretação	Esta etapa é fundamental, pois é ela que assegura a não contaminação de vírus e bactérias. Aqui corrige-se o pH, adiciona cloro para a eliminação dos microorganismos e acrescenta o flúor, prevenindo assim cáries dentárias aos consumidores desta água.

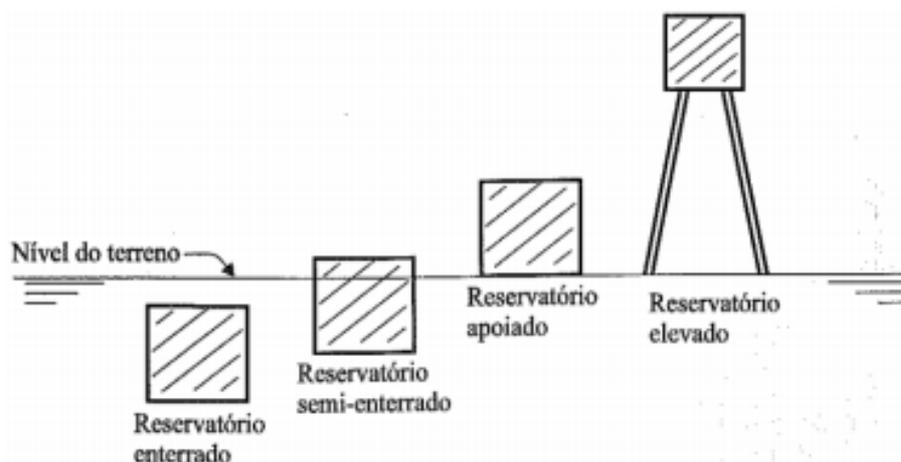
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Após o processo de tratamento, a água é levada a reservatórios para posteriormente ser distribuída à população. Os reservatórios de armazenamento permitem regularizar as variações entre as vazões de adução e distribuição, condicionar as pressões ao longo da rede de distribuição, fornecer água em caso de interrupções da etapa de adução e fornecem vazões extras no combate a incêndios (TSUTIYA, 2006).

Conforme a Figura 5, os reservatórios podem ser classificados em apoiado, elevado, semi-enterrado, enterrado, de acordo com sua posição no terreno. Para

mais, os reservatórios podem ser de montante ou de jusante, a depender da localização em relação à rede de distribuição de água.

Figura 5: Classificação dos reservatórios de acordo com a posição no terreno



Fonte: Tsutiya, 2006.

2.5 PARÂMETROS ANALISADOS NA PESQUISA

Nesta pesquisa foram analisados os parâmetros descritos nos tópicos a seguir.

2.5.1 COR APARENTE

A cor da água é obtida por meio da reflexão da luz em partículas minúsculas, na qual essas podem ser tanto de origem orgânica quanto mineral, assim é resultado da presença de substâncias que nela se dissolvem, por exemplo, compostos orgânicos que provém da decomposição de animais e plantas, o qual se se denomina substâncias húmicas, remanentes de origem vegetal e animal e presença de manganês ou ferro (BRAGA, 2014; GOMES et al., 2012).

A relevância da cor da água como parâmetro de qualidade encontra-se atrelada com a geração de produtos com potencial cancerígeno, no decorrer do processo de cloração em águas que apresentam coloração alterada. Também, a matéria orgânica pode ocasionar sabor e odor desagradável à água, bem como

provocar situações que favoreçam a formação de biofilmes na rede de distribuição (LIBÂNIO, 2010).

Ademais, a cor da água pode ser dividida em verdadeira e aparente. Na verdadeira, para que se obtenha apenas a cor originada pelas substâncias dissolvidas, realiza-se a centrifugação retirando a cor provida da turbidez. Ao passo que, a coloração aparente é obtida através da junção com os elementos suspensos (PAVEI, 2006).

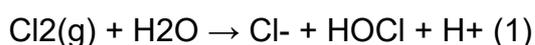
2.5.2 TURBIDEZ

A turbidez representa o grau de interferência da passagem de luz por entre a água, o que atribui à mesma uma aparência turva. Essa aparência é provocada pelos sólidos em suspensão, o que diminui a penetração da luz e conseqüentemente prejudica a fotossíntese em corpos d'água (SPERLING, 2017).

Além disso, a turbidez pode apresentar origem natural, proveniente de partículas de argila, silte, rochas, algas e demais microorganismos ou de origem antrópica, que provêm dos despejos industriais, domésticos e da erosão. É importante frisar que partículas de origem natural não provocam desvantagens sanitárias, afetando apenas a estética. As partículas provenientes da ação humana podem estar atreladas à presença de organismos patogênicos e compostos tóxicos (SPERLING, 2017).

2.5.3 CLORO RESIDUAL LIVRE

O cloro (Cl_2), quando em meio aquoso, faz o processo de hidrólise formando os íons hidrogênio, cloreto e ácido hipocloroso (HOCl), o ácido hipocloroso se dissocia, formando o íon hipoclorito (OCl^-), como apresentado nas equações 1 e 2 (LIBÂNIO, 2010).



São o íon hipoclorito e o ácido hipocloroso que ocasionam a oxidação da matéria orgânica e inativam os micro-organismos. A soma da concentração desses agentes indica o CRL (cloro residual livre) presente na água, podendo haver interferência na ação de desinfecção através do pH e da temperatura do meio (NETO et al., 2013).

A importância do CRL está na garantia da eliminação de possíveis organismos patogênicos, que possam vir a entrar no sistema de distribuição por meio de infiltrações (NETO et al., 2013). Contudo, concentrações elevadas de cloro podem provocar na água sabor e odor desagradáveis, além da possibilidade de formar subprodutos cancerígenos (CARVALHO, A.P.M. *et al.*, 2017). Visto isso, a legislação indica que a concentração de CRL esteja de 0,2 mg/L a 5 mg/L, em qualquer ponto do sistema de distribuição (BRASIL, 2017).

É importante salientar que existem dois limites máximos para CRL, de 2 e 5 mg/L. O primeiro refere-se a um limite organoléptico, visto que concentrações superiores a 2 mg/L podem causar rejeição da população por essa água, devido ao sabor e odor de cloro já serem bastante evidentes. Já o segundo, refere-se a um limite que quando ultrapassado, devido ao cloro tratar-se de uma substância tóxica, acarreta danos à saúde do consumidor, por exemplo, o desenvolvimento de diversos tipos de câncer.

2.5.4 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

O pH refere-se a intensidade de acidez ou alcalinidade de uma substância, através da quantidade de íons de Hidrogênio (H⁺). Sua medida é distribuída em uma escala antilogarítmica de 0 a 14, em que abaixo de 7 indica pH ácido, igual a 7 pH neutro e acima de 7 pH alcalino. O potencial hidrogeniônico afeta a vida no ecossistema aquático de maneira direta. Além de que sua alteração pode ser tanto de origem natural, devido a dissolução das rochas por exemplo, ou antropogênica por meio do descarte inadequado de resíduos industriais e domésticos.

O pH apresenta notória relevância no tratamento da água, visto que o mesmo relaciona-se com a eficácia dos processos de filtração, coagulação, desinfecção e floculação. Sendo também de suma importância o controle após o

tratamento, para que seja garantido a não corrosão gerada pelo baixo pH e formação de incrustações geradas pelo elevado pH nas tubulações (SPERLING, 2017).

2.5.5 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

Sólidos totais dissolvidos consiste no conjunto de todas as substâncias inorgânicas e orgânicas presentes em um líquido na forma de moléculas ionizadas ou microgranulares. (ARAÚJO; SANTOS; OLIVEIRA, 2012/2013). Esses sólidos podem entrar na água de forma natural através de detritos orgânicos, processos erosivos e organismos, ou de forma antropogênica através do lançamento de esgotos e lixo (UFA, UFSC, 2009).

Além disso, é de suma importância analisar este parâmetro, visto que este está atrelado a altos teores de sais que podem conferir sabor desagradável à água e provocar a corrosão nos sistemas de distribuição, por exemplo, sulfato e cloreto (VITÓ *et al.*, 2016).

2.5.6 COLIFORMES TOTAIS

Coliformes totais (CT) trata-se de um grupo de microrganismos formado por bactérias isoladas presentes em solos, águas, fezes humanas e de animais de sangue quente. Assim, sua origem pode ser ambiental, localizada em águas e solos não poluídos e não somente de origem intestinal. Por conta disso, ao detectar esses microrganismos na água, não deve ser imediatamente considerado indicadores de contaminação fecal (SPERLING, 2017).

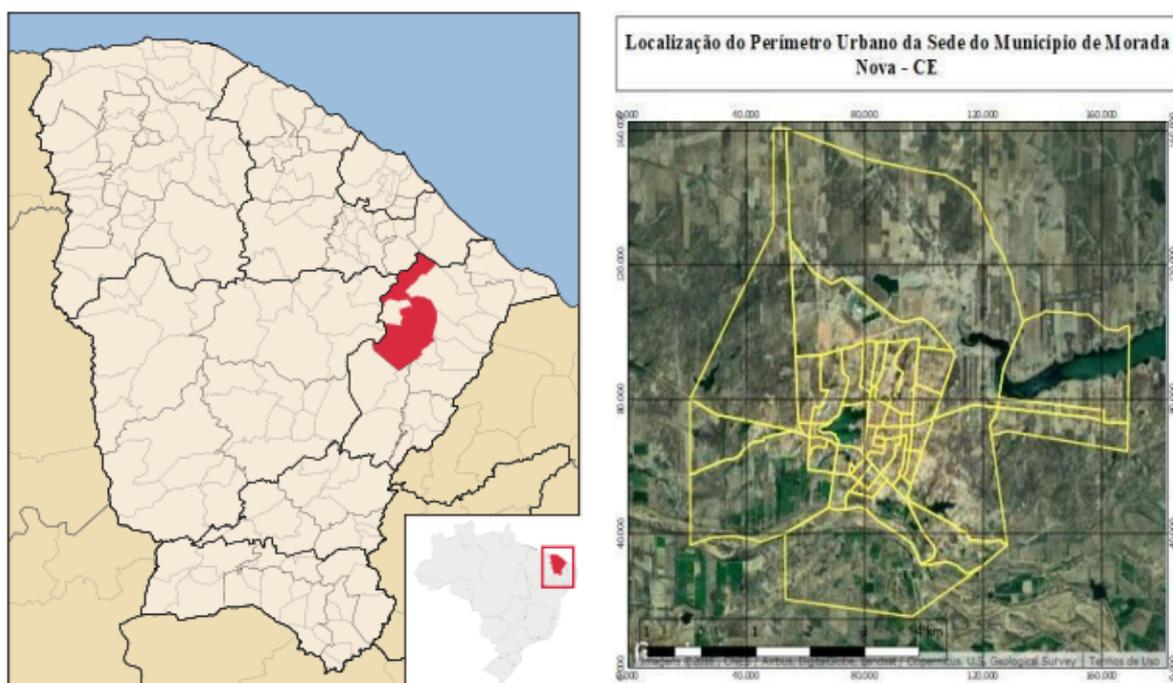
Quando houver a presença de CT em água tratada, o fato indica que o tratamento foi ineficaz ou aconteceu alguma contaminação posterior ao tratamento, alertando, por exemplo, para problemas na integridade da rede de distribuição (SPERLING, 2017). Na legislação vigente, indica que a água para consumo humano não deve conter coliformes totais (BRASIL, 2017).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa consiste na sede do município de Morada Nova - CE (figura 6), que fica localizada na latitude 5° 6' 20" Sul e uma longitude 38° 22' 2" Oeste a 56 m de altitude (GOOGLE EARTH, 2020). O mesmo apresenta uma área de aproximadamente 2.763 km² e uma população de cerca de 62.065 habitantes (IBGE, 2010).

Figura 6: Descrição da área de estudo

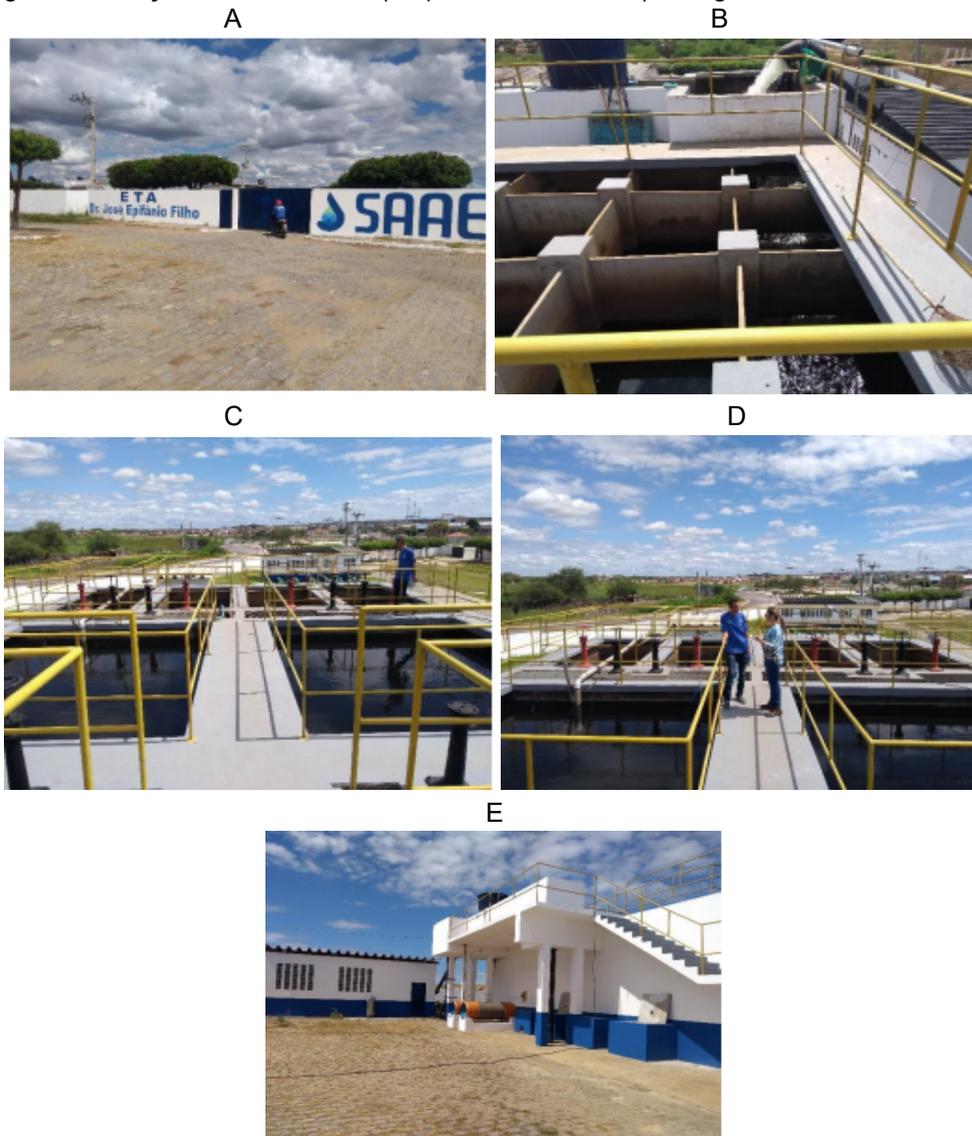


Fonte: Google Imagens (2021), IBGE (2010).

De acordo com o Plano de Revisão Municipal de Saneamento Básico de Morada Nova, o abastecimento de água do município é realizado pelo SAAE - Serviço Autônomo de Água e Esgoto, centralizado na ETA Dr. José Epifânio Filho e possui uma vazão de 300 m³/h, sendo 99,42% da população urbana atendida pela rede de distribuição de água. Em períodos normais de cheias, o manancial abastecedor de Morada Nova é o Rio Banabuiú, contudo, devido ao longo período de estiagem, a zona urbana vem sendo atendida pelo Eixão das Águas.

Ainda com base no Plano de Revisão Municipal de Saneamento Básico de Morada Nova, o tratamento realizado segue o modelo convencional, sendo que a água chega na estação por gravidade por meio da adutora de 318 mm seguindo as etapas de floculação, decantação, filtração, cloração e fluoretação, conforme figura 7. Após todo o processo, a água é armazenada em um reservatório semi enterrado de 700 m³ de capacidade, ainda na ETA.

Figura 7: Estação de Tratamento (etapas do tratamento) de Água do Sistema – SEDE.



Notas: A - Entrada da ETA - SEDE; B - Tanque de Floculação; C - Tanques de Decantação; D - Filtros, E - Cilindros de Cloro Gasoso.

Fonte: Plano de Revisão Municipal de Saneamento Básico de Morada Nova, 2018.

Por fim, a adução da água acontece através de 4 bombas de 75 CV visando abastecer 6 reservatórios que ficam distribuídos pela cidade (figura 8). No bairro

Mirante fica 1 reservatório semienterrado com capacidade de 100 m³ que atende às 325 ligações ativas do Perímetro Irrigado. No bairro Cristo Rei ficam 2 reservatórios, sendo um elevado apresentando o formato de disco voador com capacidade de 140 m³ que atende apenas às residências próximas a antiga ETA, e um apoiado com capacidade de 300 m³ que atende a maior parte plana da cidade. Outros 2 reservatórios do tipo elevado localizam-se no bairro de Populares, com capacidades de 500 m³ e 237 m³, respectivamente. Os mesmos são responsáveis por atender aos bairros mais altos do município, bem como as comunidades próximas ao centro da cidade. E 1 reservatório elevado no bairro de Vazantes com capacidade de 300 m³.

Figura 8: Representação Geográfica da Localização do SAA - SEDE



Fonte: Plano de Revisão Municipal de Saneamento Básico de Morada Nova, 2018.

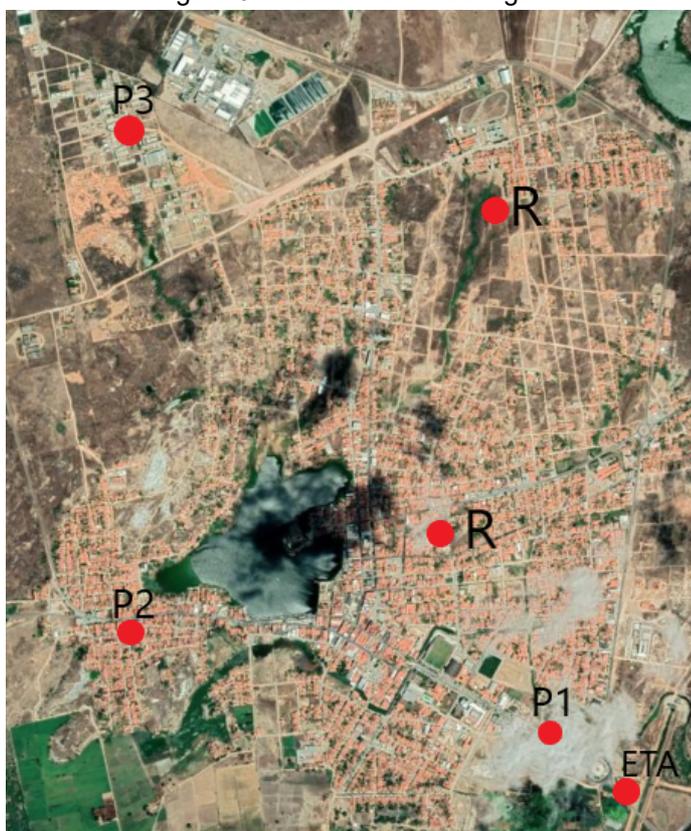
É importante destacar que a água tratada que sai da ETA chega a esses reservatórios através de tubulações subterrâneas, e só então a água é distribuída para as residências. A distribuição é realizada, majoritariamente, por tubulações de 25 cm de diâmetro e material do tipo PVC.

A área estudada recebe água dos reservatórios do bairro Populares e Cristo Rei.

3.2 PROCESSO DE AMOSTRAGEM

Para que fosse realizada as análises físico-químicas e microbiológicas visando a quantificação dos parâmetros de potabilidade da água, foram distribuídos 3 pontos de amostragem, de modo que abrangesse um ponto próximo a ETA, representando o Centro da cidade e bairros vizinhos, um ponto intermediário, e um ponto mais distante da ETA, que representa os bairros mais afastados. Para mais, foi selecionado pontos mais distantes dos reservatórios de distribuição de água do município, visto que estes são os mais críticos de uma rede de distribuição. A figura a seguir representa os pontos de amostragem.

Figura 9 - Pontos de Amostragem



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2020.

O ponto 1 está situado na Av. Manoel Castro Gomes de Andrade e fica a aproximadamente 400 metros de distância da ETA, além disso, nessa avenida encontra-se a prefeitura municipal, câmara dos vereadores, UPA, 5 escolas, a Santa Casa e a maior parte do comércio municipal. O ponto 2 localiza-se na Rua Máxima Saraiva - Girilândia e fica a cerca de 2,3 km de distância da ETA, na região

encontra-se um posto de saúde que atende a 2 bairros, o CAPS e também representa uma forte região comercial. O ponto 3 localiza-se na Av. E - Granville e fica a cerca de 4,5 km de distância da ETA, o mesmo representa os bairros mais afastados, além de ser uma região de expansão municipal.

No total foram realizadas 3 coletas, no período de 12 de fevereiro a 4 de março, em horários parecidos, de modo que as amostras de água fossem captadas em condições semelhantes. O quadro 4 apresenta a localização e horários de coleta adotados.

Quadro 4: Localização e horário dos pontos de coleta

Primeira coleta - 12/02/2021		
Ponto	Localização	Horário
1	Av. Manoel Castro Gomes de Andrade	9:14
2	Rua Máxima Saraiva, Bairro - Girilândia	9:26
3	Av. E - Granville	9:48
Segunda coleta - 22/02/2021		
Ponto	Localização	Horário
1	Av. Manoel Castro Gomes de Andrade	07:30
2	Rua Máxima Saraiva, Bairro - Girilândia	07:40
3	Av. E - Granville	07:50
Terceira coleta - 04/03/2021		
Ponto	Localização	Horário
1	Av. Manoel Castro Gomes de Andrade	07:20
2	Rua Máxima Saraiva, Bairro - Girilândia	07:30
3	Av. E - Granville	07:40

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Em cada ponto foram coletadas 3 amostras, 2 de 500 ml para análises físico-químicas em frascos plásticos e 1 de 100 ml para análise microbiológica em frascos de polipropileno esterilizado e estéril. Ao final foram analisadas 27 amostras. Por conta da distância do local da coleta e o local de estudo, as amostras foram acondicionadas em um isopor contendo gelo, a fim de conservar as características

da água de modo a impedir que houvesse processo de degradação pela atuação dos microrganismos.

Os frascos foram identificados por ponto (1, 2 e 3) e horário, como mostra a imagem a seguir.

Figura 10: Frascos de coleta



Fonte: Capturada pela autora (2021).

Durante as coletas foram seguidos todos os protocolos de segurança de modo que as amostras fossem confiáveis, conforme NBR 9898.

Em cada ponto a primeira amostra a ser coletada foi a microbiológica. Para isso as mãos foram higienizadas com álcool 70 e colocadas luvas, a torneira foi aberta para que saísse a água parada nas tubulações, após isso a mesma foi fechada e higienizada usando algodão embebido com álcool 70, objetivando eliminar qualquer resquício de contaminação externa, posteriormente a torneira foi aberta e deixado escoar água durante 2 minutos, e só então o frasco de polipropileno esterilizado e estéril foi aberto, enchido com a amostra, imediatamente fechado e acondicionado no isopor.

Ao terminar a coleta da amostra microbiológica, as amostras destinadas às análises físico-químicas foram coletadas. Para isso foram abertos os frascos, lavados 3 vezes com a água a ser coletada, enchidos, imediatamente fechados e acondicionados.

Todas as torneiras provinham água diretamente da rede de distribuição, sem passar por reservatórios domiciliares.

A figura a seguir demonstra o procedimento de coleta realizado.

Figura 11: Procedimento de coleta



Fonte: Capturada pela autora (2021).

3.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os parâmetros físico-químicos analisados nesta pesquisa foram conforme o quadro abaixo:

Quadro 5: Parâmetros físico-químicos aplicados na pesquisa

COLETA 1	
PARÂMETRO	LOCAL DA ANÁLISE
pH	Lab. de Saneamento - UFC Russas
Turbidez	Lab. de Saneamento - UFC Russas

Sólidos Totais	Lab. de Saneamento - UFC Russas
COLETAS 2 E 3	
PARÂMETRO	LOCAL DA ANÁLISE
pH	Lab. de Saneamento - UFC Russas
Turbidez	Lab. de Saneamento - UFC Russas
Sólidos Totais	Lab. de Saneamento - UFC Russas
Cor	CAGECE
Cloro residual livre	CAGECE

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os parâmetros de cor e cloro residual livre foram analisados pela CAGECE. De acordo com relatório disponibilizado pela mesma, para a análise de cloro residual livre utilizou-se como referência o SMEWW 13TH ED de 1971 e adotado o método 1015. E para a análise de cor aparente utilizou-se como referência o SMEWW 23RD ED de 2017 e adotado o método 2120 B.

Para as análises de pH foi utilizado um pHmetro de bancada modelo mPA 210, conforme mostra a fotografia abaixo.

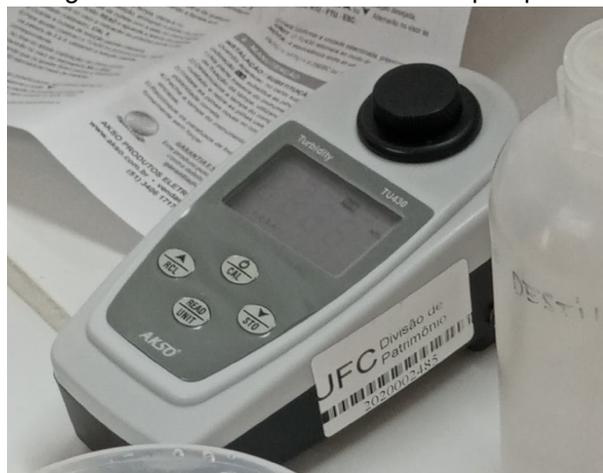
Figura 12: pHmetro utilizado na pesquisa



Fonte: Capturada pela autora (2021).

Para turbidez foi utilizado um turbidímetro da AKSO modelo TU430 (figura 13), o mesmo utiliza como método de medição a ISO7027.

Figura 13: Turbidímetro utilizado na pesquisa



Fonte: Capturada pela autora (2021).

Por fim, para os sólidos totais foi utilizado um condutivímetro de modelo mCA 100, como mostrado na figura 14.

Figura 14: Condutivímetro utilizado na pesquisa



Fonte: Capturada pela autora (2021).

Vale salientar que os parâmetros de pH, turbidez e sólidos totais dissolvidos foram analisados em duplicata. Já os parâmetros de CRL e cor aparente foram analisados em amostras simples. Todos os equipamentos foram devidamente calibrados.

3.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A análise microbiológica foi realizada para a detecção de coliformes totais. Para isso, foi utilizado o Colitest. Segundo o fabricante LKP Diagnósticos, o COLItest® trata-se de um substrato utilizado para a detecção de coliformes totais por meio da técnica de cultura.

O mesmo é validado frente a APHA/AWWA/WEF, descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, pelo ITAL (Instituto Tecnológico de Alimentos) sob análise nº: MB -1836/05, conforme 14864 (ABNT) e DOQ CGCRE-008 (INMETRO) Aprovado e utilizado no Brasil por laboratórios de pesquisas e universidades.

Nessa análise utiliza-se 100 ml de água e um sachê do Colitest. Para realizar o procedimento, abre-se o sachê, adiciona o meio de cultura na água e homogeniza. Após isso, incuba o frasco em uma estufa bacteriológica a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ de 18 a 48 horas. Ao final desse período observa-se a coloração da amostra, se a mesma estiver púrpura o resultado é negativo se estiver amarelo o resultado é positivo para coliformes totais.

A figura a seguir apresenta o substrato.

Figura 15: Colitest



Fonte: Capturada pela autora (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção estão descritos os resultados referentes às análises dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água tratada, visando descrever a qualidade da água de abastecimento da sede de Morada Nova - CE, bem como comparar os mesmos aos VMPs para o consumo humano de conforme as normas de potabilidade da água e descrições na literatura.

4.1 pH

Como pode ser observado nas tabelas abaixo, os valores de pH durante as 3 coletas tiveram valores variando entre 6,90 a 7,65, permanecendo próximo a uma zona de neutralidade. Estando, dessa forma, dentro do padrão exigido pela Portaria nº 5 de 2017.

Tabela 3: Resultados de pH durante a primeira coleta

COLETA 1 - pH					
Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
6,90	7,12	6,95	7,29	7,09	7,22
Média = 7,01		Média = 7,12		Média = 7,16	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 4: Resultados de pH durante a segunda coleta

COLETA 2 - pH					
Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
7,49	7,54	7,68	7,65	7,50	7,57
Média = 7,52		Média = 7,67		Média = 7,54	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 5: Resultados de pH durante a terceira coleta

COLETA 3 - pH					
Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
7,28	7,42	7,52	7,55	7,54	7,61
Média = 7,35		Média = 7,54		Média = 7,58	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

De acordo com Bernardo e Paz (2010), o pH é essencial para que os processos realizados durante o tratamento tenham correta eficiência, devendo ser

monitorado ao longo de todo o tratamento. Para mais, o controle deste parâmetro na saída do tratamento tem o intuito de preservar as redes de distribuição contra incrustações e corrosões (LIBÂNIO, 2010).

De acordo com Morais *et al.* (2016), águas de distribuição que apresentem pH com valores imoderadamente baixos ou altos podem provocar irritação nos olhos ou na pele das pessoas que fizerem uso.

Ainda, o valor de pH de acordo com os limites estabelecidos permite uma maior conservação do cloro na água de abastecimento, inibindo a proliferação de microrganismos patogênicos (HELLER, 1997).

Em virtude disso, para que não ocorram esses efeitos indesejados, o pH da água final deve ser controlado, pois os carbonatos presentes serão equilibrados.

4.2 TURBIDEZ

Assim como o pH, a turbidez também se manteve em adequação com os valores padrões. Os valores podem ser conferidos nas tabelas seguintes.

Tabela 6: Resultados de turbidez durante a primeira coleta

COLETA 1 - TURBIDEZ (uT)					
Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
1,08	1,16	0,16	0,54	0,25	0,9
Média = 1,12		Média = 0,35		Média = 0,58	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 7: Resultados de turbidez durante a segunda coleta

COLETA 2 - TURBIDEZ (uT)					
Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
0,17	0,11	0,44	0,11	0,23	0,64
Média = 0,14		Média = 0,28		Média = 0,44	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 8: Resultados de turbidez durante a terceira coleta

COLETA 3 - TURBIDEZ (uT)					
Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
0,06	0,15	0,59	0,55	0,63	0,22
Média = 0,11		Média = 0,57		Média = 0,43	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Como pode ser analisado nas tabelas acima, somente o ponto 1 da primeira coleta obteve um valor de turbidez superior a 1 uT, estando ainda assim dentro do padrão de potabilidade, visto que o máximo permitido pela Portaria nº 5 de 2017 é de 5 uT.

Para Bernardo e Paz (2010), a retirada de turbidez se estabelece como uma das maneiras de extração de materiais particulados, assim como de possíveis protozoários contidos na água de abastecimento público, já que estes facilmente se aderem à matéria orgânica e inorgânica que constitui a turbidez.

Além disso, o parâmetro de turbidez é considerado um fator de alerta determinado pela legislação, agindo como um sinalizador de tratamento ineficiente, visto que quando apresenta altos valores na água, indica que alguma etapa do tratamento está falha (DE SOUZA *et al.*, 2015).

4.3 SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS

As tabelas a seguir apresentam os valores obtidos de STD ao longo das 3 coletas.

Tabela 9: Resultados de sólidos totais dissolvidos durante a primeira coleta

COLETA 1 - STD (mg/L)					
Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
129,60	130,60	138,60	128,90	136,60	137,50
Média = 130,10		Média = 133,75		Média = 137,05	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 10: Resultados de sólidos totais dissolvidos durante a segunda coleta

COLETA 2 - STD (mg/L)					
Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
130,90	132,40	131,30	130,10	133,00	131,40
Média = 131,65		Média = 130,70		Média = 132,20	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 11: Resultados de sólidos totais dissolvidos durante a terceira coleta

COLETA 3 - STD (mg/L)					
Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
122,30	126,30	126,10	124,90	133,00	125,30
Média = 124,30		Média = 125,50		Média = 258,30	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A Portaria n° 5 de 2017 do MS estipula VMP de 1000mg/L para sólidos totais. De acordo com os dados obtidos, 100% das amostras se encontram dentro deste padrão.

Os sólidos dissolvidos totais na água são caracterizados pela quantidade de todas as impurezas nela dissolvida, exceto os gases. Conforme o valor de sólidos dissolvidos totais aumenta, a qualidade da água diminui (MACÊDO, 2003). Além disso, a presença de sólidos em suspensão pode tornar-se abrigo para microorganismos patogênicos e, assim, prejudicar o processo de cloração (SCURACCHIO; FARACHE FILHO, 2011; SPERLING, 2017).

4.4 COR APARENTE

Como relatado anteriormente a análise de cor aparente somente foi realizada na segunda e terceira coleta em amostra única para cada ponto.

Os valores obtidos estão dispostos nas tabelas abaixo.

Tabela 12: Resultados de cor aparente durante a segunda coleta

COLETA 2 - COR APARENTE (uH)		
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
7,5	5,0	7,5

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 13: Resultados de cor aparente durante a terceira coleta

COLETA 3 - COR APARENTE (uH)		
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
10,0	7,5	7,5

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

De acordo com os dados acima, 100% das amostras estavam dentro do padrão estabelecido pela Portaria n° 5 de 2017 do MS, que é de até 15 uH.

Em sistemas públicos de abastecimento de água, a cor torna-se esteticamente indesejada, assim o seu controle é de suma importância, dado que níveis de cor elevados da água ocasionam repulsa no consumidor, o levando a busca por fontes consideradas inseguras para o consumo (FUNASA, 2009).

4.5 CLORO RESIDUAL LIVRE

Assim como a análise de cor aparente, o cloro residual livre também foi analisado somente na segunda e terceira coleta.

Os resultados obtidos nas 6 amostras coletadas estão dispostos nas tabelas a seguir.

Tabela 14: Resultados de cloro residual livre durante a segunda coleta

COLETA 2 - CRL (mg/L)		
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
0,0	0,8	0,8

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Tabela 15: Resultados de cloro residual livre durante a terceira coleta

COLETA 3 - CRL (mg/L)		
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
0,0	0,8	0,4

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Ao analisar os dados acima pode-se constatar que o ponto 1 apresentou resultado insatisfatório durante as 2 coletas, visto que a Portaria n° 5 de 2017 do MS exige a manutenção de no mínimo 0,2 mg/L de CRL ao longo da rede de distribuição. Fato esse que pode indicar falhas no processo de desinfecção da água, problemas na padronização na adição deste agente e problemas na própria rede de distribuição.

Os limites estabelecidos pela legislação para CRL na rede de distribuição foram engendrados com o intuito de manter uma faixa de concentração deste agente de desinfecção, para que seja assegurada a potabilização da água distribuída. Valores acima do VMP podem oferecer riscos à saúde da população, dado que o cloro trata-se de um agente oxidante em que sua ação se fundamenta na oxidação

de enzimas vitais aos microrganismos, ocasionando perdas de nutrientes e a morte celular.

Contudo, para redução dos riscos de contaminação microbiológica, a etapa de desinfecção no processo de tratamento da água é essencial, visto que é essa etapa que inativa a ação de microrganismos patogênicos (LIBÂNIO, 2010).

Assim, concentrações inferiores ao recomendado elevam a probabilidade de presença de coliformes, ao passo que, valores superiores podem também acarretar outros problemas de saúde pública (FREITAS *et al.*, 2001).

Os resultados apresentados acima sugerem que na região do ponto 1 seja recorrente o não atendimento do teor mínimo exigido de CRL. Esse fato pode colocar a população do bairro abastecida pelo sistema de distribuição de água em risco, posto que essa água não se enquadra nos padrões sanitários, em virtude da concentração de CRL não atender ao mínimo determinado pela Portaria do MS nº 5/2017.

Uma questão a ser considerada é o decaimento do cloro por toda a extensão da rede de distribuição. Dado que, a redução da concentração de CRL ao longo da rede de abastecimento de água e sua manutenção deriva das reações que acontecem dentro das tubulações. Outras razões que desencadeiam a redução das concentrações de cloro residual a serem levadas em consideração são o diâmetro da tubulação, a velocidade do escoamento, o tempo de residência, o material das tubulações e dos reservatórios, e decaimento na massa de água (CLARK, ROSSMAN, WYNER, 1995).

4.6 COLIFORMES TOTAIS

A Portaria nº 5/2017 do MS, estabelece que a água potável deve ser livre de coliformes totais. As figuras e tabelas a seguir apresentam os resultados alcançados nas 9 amostras coletadas referentes à presença ou não de coliformes totais nos pontos analisados.

Figura 16: Amostras microbiológicas antes e depois de 48h da primeira coleta



Fonte: Capturada pela autora (2021).

Tabela 16: Resultados de coliformes totais durante a primeira coleta

COLETA 1 - CT		
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Presente	Ausente	Ausente

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 17: Amostras microbiológicas antes e depois de 48h da segunda coleta



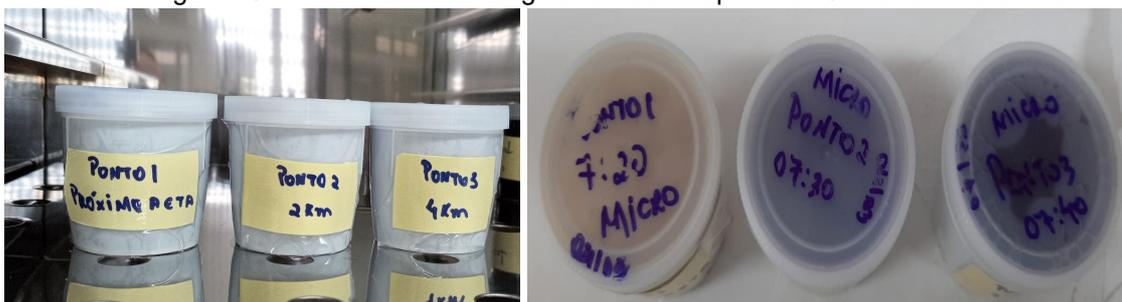
Fonte: Capturada pela autora (2021).

Tabela 17: Resultados de coliformes totais durante a segunda coleta

COLETA 2 - CT		
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Presente	Ausente	Ausente

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Figura 18: Amostras microbiológicas antes e depois de 48h da terceira coleta



Fonte: Capturada pela autora (2021).

Tabela 18: Resultados de coliformes totais durante a terceira coleta

COLETA 3 - CT		
Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Presente	Ausente	Ausente

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Como pode ser analisado acima, o ponto 1 apresentou nas 3 coletas, resultado insatisfatório com relação a presença de coliformes totais.

Gomes *et al.* (2017), ao realizarem a análise bacteriológica da água de abastecimento de Caririaçu - CE, constatou a presença de coliformes totais em 100% das amostras coletadas em torneiras. A mesma irregularidade apresentada no primeiro ponto de amostragem do presente trabalho. O autor indicou que esta contaminação pode ter sido provocada durante a captação da água do sistema público, se relacionando às precárias condições de higiene das tubulações e dos reservatórios, local de armazenamento das águas, que alimentam o sistema de distribuição da rede. Dado que, frequentemente esses reservatórios passam longos períodos, meses ou até anos, sem serem submetidos a nenhum tipo de limpeza ou manutenção, proporcionando um ambiente favorável para a proliferação e sobrevivência de microrganismos patogênicos.

Além disso, Alves *et al.* (2017) após analisarem a qualidade da água de abastecimento de Juazeiro do Norte - CE, observaram em 2014 e 2015 a presença de CT em todas as coletas, variando em 2014 de 7 a 48% das amostras analisadas, e em 2015 de 5 a 25%. Sendo esta contaminação justificada pelo tratamento inadequado oferecido pela rede de abastecimento.

Os CTs estão associados a integridade do sistema de distribuição, logo a presença de coliformes totais encontrados no presente trabalho, pode estar relacionada com possíveis falhas no processo de desinfecção, existência de rupturas ou infiltrações na rede, formação de biofilmes nas tubulações e deficiência de manutenção da rede de distribuição (CARMO *et al.*, 2008).

Quanto à desinfecção, em virtude dos resultados evidenciados anteriormente referente à contaminação por CT, optou-se por analisar o teor de cloro livre na água de abastecimento, na tentativa de compreender a natureza da contaminação. Nesse contexto, no tópico anterior foi constatado que no ponto em questão a quantidade de

cloro residual livre é nula. Assim, é possível que pelos motivos previamente mencionados o teor de CRL chegue ao ponto já em níveis baixíssimos, sendo insuficiente para eliminar a contaminação.

Outra possível hipótese é de que a contaminação no ponto seja tão grande que consuma todo o CRL que chega até o mesmo, dado que o cloro trata-se de um agente desinfetante e oxidante, que quando em contato com material orgânico e outras substâncias oxidantes, estes consomem parte da quantidade do desinfetante necessário para eliminar outros microorganismos (DEGRÉMONT, 1979).

Diante disso, é importante frisar que segundo Plano de Revisão Municipal de Saneamento Básico de Morada Nova, o índice de atendimento total de esgoto no município é de 2,59% (SNIS-2016, IN056), sendo considerado um dos índices mais baixos em relação à média Estadual e Nacional. Em virtude disso, no município existem cerca de 22.567 ligações que não contam com redes de esgoto. Dessa forma, fica implícito que esse esgoto é descartado em sistemas de fossas secas ou negras, bem como também é lançado à céu aberto. Além disso, grande parcela do esgoto da Sede de Morada Nova é lançado in natura na Lagoa da Salina ou no rio Banabuiú.

Todo esse cenário intensifica as chances de contaminação, seja da água já tratada, que pode ser causada por meio de tubulações danificadas e/ou através das juntas das mesmas, o que permite o contato do esgoto com a água, seja da água bruta através da contaminação dos próprios mananciais, tornando esta mais difícil de ser tratada, levando até a população uma água imprópria para consumo.

5 CONCLUSÃO

Os valores apresentados para os parâmetros de pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos e cor aparente atenderam aos padrões estabelecidos pela Portaria nº 5/2017 do MS. Contudo, no ponto 1, para cloro residual livre foram encontrados valores inferiores ao mínimo estabelecido pela norma, e detectada a presença de coliformes totais nas amostras coletada, fato esse que desperta preocupação, dado que pode acarretar doenças de veiculação hídrica à população que é abastecida por essa água.

Em virtude disso, pode-se concluir que durante o período de estudo na região do ponto 1 encontra-se uma água não ideal para o consumo humano, sendo necessário investigar os motivos e aplicar ações corretivas ao caso.

Dessa forma, o processo de desinfecção da água deve ser instrumentalizada de forma mais criteriosa no decorrer do tratamento de tal forma que o teor de CRL se enquadre aos limites do padrão de potabilidade do país, garantindo a qualidade sanitária da água que abastece toda população da sede do município de Morada Nova - CE.

Recomenda-se a investigação de pontos de contaminação na rede de distribuição na região do ponto 1, como tubulações danificadas e contato com esgotos domésticos.

Além disso, pode-se ajustar a dosagem de cloro de modo a atender ao padrão determinado pela legislação vigente ao longo de toda a rede, embora esse processo deva ser realizado com cautela, visto que teores de CRL acima do permitido causam prejuízos à saúde.

Pode-se ainda adotar a reaplicação de cloro em pontos estratégicos ao longo da rede, corrigindo e evitando níveis baixos do mesmo.

Para trabalhos futuros, fica a sugestão de realizar a coleta das amostras em uma quantidade maior de pontos espalhados pelo município, de modo a fazer uma análise mais detalhada da rede de abastecimento. Além disso, pode-se realizar uma análise mais criteriosa da região do ponto 1, investigando a possível fonte de contaminação.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Atlas esgotos: despolição de bacias hidrográficas** / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. - Brasília: ANA, 2017. Disponível em: https://www.ana.gov.br/noticias/atlas-esgotos-revela-mais-de-110-mil-km-de-rios-com-comprometimento-da-qualidade-da-agua-por-carga-organica/atlaseesgotosdespolui caodebaciasidrograficas-resumoexecutivo_livro.pdf/view. Acesso em: 27 de maio de 2020.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019: informe anual** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2019. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/static/media/conjuntura-completo.bb39ac07.pdf>. Acesso em: 27 de maio de 2020.

Agência Nacional de Águas (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016** / Agência Nacional de Águas. - Brasília: ANA, 2016. Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>. Acesso em: 27 de maio de 2020.

ALVES *et al.* **Análise da qualidade da água do abastecimento público do município de Juazeiro do Norte - CE**. Revista Desafios, v. 04,n. 02, 2017.

Anuário do Monitoramento Qualitativo dos Principais Açudes do Estado do Ceará 2017. Fortaleza: Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), 2018. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/pdf/Anu%c3%a1rio%20do%20Monitoramento%20Qualitativo%20dos%20A%c3%a7udes%20-%202017.pdf>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2021.

ARAÚJO, M. C. de; SANTOS, F. M. da S.; OLIVEIRA, M. B. M. de. **Análise da qualidade da água do riacho Cavouco - UFPE**. Recife, PE. 2012/2013. Disponível em: http://www.unicap.br/encontrodasaguas/wp-content/uploads/2013/07/Mariyeta-Chagas-de-Araujo-ufpe-Trabalho_2073002545.pdf. Acesso em: 19 de setembro de 2020.

BARBIERI, M.D.P.; SANTOS, C.S.; RITA, F.S.; DE MORAIS, M.A. Qualidade microbiológica da água de algumas nascentes de Muzambinho, MG. Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, Edição Especial n.1, p. 79-84, 2013.

BERNARDO, L. DI; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2010. p. 868.

BRAGA, F.P. **Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento da água do município Juiz de Fora-MG**. 2014. 61 p. Trabalho de conclusão de Curso (Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

BRASIL. **IBGE 2010**. Censo 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006. 252 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/boas_praticas_agua.pdf. Acesso em: 30 de maio de 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Inspeção sanitária em abastecimento de água**. – Brasília: Ministério da Saúde, 2007 – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/inspecao_sanitaria_abastecimento_agua.pdf. Acesso em: 01 de junho de 2020.

BRASIL. **NBR 9898 de 1987**. Preservação Técnica de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.898-Coleta-de-Amostras.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

BRASIL. **Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017, Anexo XX**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://www.brkambiental.com.br/uploads/4/14-png-sumare/portaria-consolidacao-5-a-nexo-xx.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2020.

BRASIL. **Resolução Conama Nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 30 de maio de 2020.

BRASIL. **Resolução Nº. 32, de 15 de outubro de 2003**. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/resolucao_10.pdf. Acesso em: 12 de abril de 2020.

CAMPOS, Maria Lúcia A. Moura. **Introdução à biogeoquímica de ambientes aquáticos**. Campinas: Editora Átomo, 2010.

CANOBEL, A. **Doenças e mortes causadas pela água poluída, falta de água e falta de saneamento básico**; Março de 2009.subterrâneas. In: Cirilo, J.A., Cabral, J.J.S.P., Ferreira, J.P.L., Oliveira, M.J.P.M., Leitão, T.E., Montenegro, S.M.G.L. & Góes, V.C. (orgs.). O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas. ABRH, Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco. p. 167-175.

CARMO, R.F.; BEVILACQUA, P.D.; BASTOS, R.K.X. **Vigilância da qualidade da água para consumo humano: Abordagem qualitativa da identificação de perigos**. Engenharia sanitária ambiental, v. 13, n.4, p. 426-434, 2008.

CARVALHO, A.P.M.; SILVA, J.N.; DOS SANTOS, V.S.; FERRAZ, R.R. **Avaliação dos parâmetros de qualidade da água de abastecimento alternativo no distrito de Jamacaru em Missão Velha-CE**. Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística, São Paulo, v. 7, n.1, p. 35-51, 2017.

CLARK, R. ROSSMAN, L. A.; WYNER, L. J. **Modeling distribution system water quality: regulatory implications**. Journal water resource planning management. v. 121, p. 423-428, 1995.

DEGRÉMONT, 1979. **Water Treatment Handbook**. New York: John Wiley & Sons.

DE SOUZA, Rodrigues *et al.* **Análise das condições de potabilidade das águas de urgências em Ubá, MG**. Revista Ambiente e Água, v. 10, n. 3, 2015.

FREITAS, V.P.S.; BRÍGIDO, B.M.; BADOLATO, M.I.C.; ALABURDA, J. **Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas**. Revista Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, v. 61, n. 1, p.51-58, 2002.

FREITAS, M.B.; BRILHANTE, O.M.; ALMEIDA, L.M. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio**. Cadernos de Saúde Pública, v.17, n.3, p.51-660, 2001.

Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/03/FUNASA-MANUAL-SANEAMENTO.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009.145p

GOMES, A.S.P.; DA SILVA, C.R.; MOREIRA, A.A.D.; ARAÚJO, I.N. da S.; PEREIRA, F.C. **Estudo qualitativo da água no município de Picuí-PB, enfocando os Parâmetros Cor, Turbidez e pH**. Revista Principia, João Pessoa, n. 20, p. 38-46, 2012.

GOMES *et al.* **Análise bacteriológica da água da zona urbana e rural de Caririçu - CE**. Revista Interfaces, Vol. 5, nº 15, 39-43, 2017.

GOOGLE EARTH; **Google earth 9.121.0.5 de 28 de outubro de 2020**.

HELLER, Léo; DE PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

HELLER, Léo. **Saneamento e Saúde** – OPAS - OMS. Representação do Brasil, Brasília, 1997.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3 ed. Campinas: Átomo, 2010.

LKP Diagnósticos. Disponível em:

<https://www.lkpdagnosticos.com.br/todos-produtos/testes-rapidos-para-agua/colitest-teste-cromogenico-e-fluorogenico-para-deteccao-de-coliformes-totais-e-e-coli>.

Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas e Águas: métodos laboratoriais de análises físicoquímicas e microbiológicas**. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 2003.

MELO, L.D.V. **Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de água**. 2014, 78 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2014.

MERTEN, Gustavo H.; MINELLA, Jean P. **Qualidade de água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez. 2002.

Disponível em:

http://taquari.emater.tche.br/docs/agroeco/revista/ano3_n4/artigo2.pdf. Acesso em: 8 de julho de 2020.

MORAIS, Wilker. Alves *et al.* **Qualidade sanitária da água distribuída para abastecimento público em Rio Verde, Goiás, Brasil**. Cad. Saúde Colet. (RJ), V.24, n.3,p. 361-367, 2016.

NETO, R.M.R.; BEZERRA, H.P.; CAMPOS, V.B.; SIQUEIRA, K.F.; ALMEIDA, W.L. **Avaliação do sistema de tratamento e da qualidade das águas de abastecimento público em Laranjal do Jari, AP**. Scientia plena, Amapá, v. 9, n.11, 2013.

PNSB - **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000 e 2008**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pnsb/default.asp>. Acesso em: 12 de abril de 2020.

PAVEI, S.G. **Análises físico-químicas e microbiológicas da água bruta e tratada utilizada para abastecimento do município de Florianópolis**. 2006; 53 p; Trabalho apresentado à disciplina Estágio Supervisionado como requisito para o título de Bacharel em Química, Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000 e 2008. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pnsb/default.asp>. Acesso em: 12 de abril de 2020.

Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico de Morada Nova. 2020.

Disponível em:

https://www.moradanova.ce.gov.br/arquivos/606/PUBLICIDADE_SN_2020_0000001.pdf. Acesso em: 18 de setembro de 2020.

SCURACCHIO, P.A.; FARACHE FILHO, A. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas e creches no município de São Carlos-SP**. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 641-647, 2011.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2017.

SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. **Importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil**. REDE Revista Eletrônica do Prodeema, v. 8, n. 1, p. 26-45, 2014.

TELLES, D.A. **Água na agricultura e pecuária**. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J.G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo, Acad. Bras. Cien./IEA-USP, 1999. p. 305-38.

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

UFA - Universidade Federal de Alagoas; UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. **Princípios de hidrologia ambiental**. Curso de aperfeiçoamento em gestão de recursos hídricos, 2009.

VITÓ, C.V.G.; DA SILVA, L.J.B.F.; OLIVEIRA, K. de M.L.; GOMES, A.T.; NUNES, C.R. de O. **Avaliação da qualidade da água: Determinação dos possíveis contaminantes da água de poços artesianos na região Noroeste Fluminense**. Acta Biomédica Brasiliensia, v. 7, n. 2, p. 59-75, 2016.