



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ROBERTA LEITE VASCONCELOS

**INVESTIGAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO PELO VÍRUS SARS-CoV-2 EM
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS COMO FONTE DE ABASTECIMENTO
HUMANO**

FORTALEZA

2021

ROBERTA LEITE VASCONCELOS

INVESTIGAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO PELO VÍRUS SARS-CoV-2 EM
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS COMO FONTE DE ABASTECIMENTO
HUMANO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para a obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala
Neto.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V331i Vasconcelos, Roberta Leite.
Investigação do risco de contaminação pelo vírus SARS-CoV-2 em águas subterrâneas utilizadas como fonte de abastecimento humano. / Roberta Leite Vasconcelos. - 2021.
81 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala Neto.

1. Esgotamento Sanitário. 2. Água subterrânea. 3. Sars-Cov-2.
I. Título.

CDD 624

ROBERTA LEITE VASCONCELOS

INVESTIGAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO PELO VÍRUS SARS-CoV-2 EM
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS COMO FONTE DE ABASTECIMENTO
HUMANO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário Christus, como
requisito parcial para a obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala
Neto.

Aprovada em: 28/06/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eliezer Fares Abdala Neto (Orientador)
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Dr. José Itamar Frota Junior
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Profa. Dra. Juliana Alencar Firmo de Araújo
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

AGRADECIMENTOS

É com muita alegria que chego ao final de uma jornada que teve início há sete anos. Sinto-me abençoada e agradecida a Deus pela minha vida e por ter me dado forças e saúde para continuar e concluir mais uma etapa profissional. Para chegar até aqui, primeiramente, tive o importante apoio dos meus pais, Dailton José e Rosário de Maria, que sempre incentivaram e investiram na minha formação, vivenciando comigo os obstáculos, dificuldades e conquistas, orientando e me fazendo acreditar que tudo é possível, quando se tem entusiasmo e determinação.

Agradeço às minhas irmãs e familiares pela parceria nos momentos difíceis do dia a dia, em decorrência de uma jornada agitada, conciliando duas graduações e trabalho, no entanto, mesmo diante desse alvoroço, eu nunca me senti tão satisfeita com o caminho traçado.

Às minhas queridas companheiras de Unichritus: Jamilly, Evelyn, Anathainá (Danete) e Karol, agradeço pelos esclarecimentos, os tira-dúvidas nos corredores e nas mensagens de madrugada, nos grupos de estudo nos finais de semana, feriados e Copa, pela parceria nas intermináveis e temidas pontes, nas xerox dos cadernos e listas de exercícios, por compartilhar o sofrimento nos trabalhos complicados e notas indesejadas, nas reclamações e solicitações à coordenação, nas risadas, do “aceita que dói menos” e do companheirismo sem fim. Obrigada, gente! Com vocês, as aflições sempre foram divididas, para que as conquistas fossem multiplicadas. Gostaria de agradecer também aos professores Eliezer, Paula, Heloína, Ivelize, Juliana, Eric, Cesar, Franco e Nelson que além de colaboradores para minha formação, se tornaram amigos queridos.

Aos meus amigos, que durante todos esses anos ouviram minhas queixas, medos e inquietações, quero dizer: Deu certo, gente! Valeu pela paciência. Meus sinceros agradecimentos à Isabella, por me ensinar nas noites de sábado, ao Dennis, por sempre ceder sua casa ou o espaço no Moto Libre, para que eu pudesse usar para estudo, à Ariana, pelas inúmeras correções e orientações dadas neste trabalho. Aos que não acreditaram que o meu propósito de cursar Engenharia ia dar certo, agradeço também, pois suas opiniões serviram de impulso para que eu fosse muito mais além.

Para a realização deste trabalho contei com o apoio psicológico dos meus pais, pois foi muito exaustivo encontrar profissionais e laboratórios que auxiliassem

na pesquisa, num período pandêmico, e devido às circunstâncias, quase desisti do tema. No entanto, com a assistência dos meus pais e a condução e instrução do meu orientador, Prof. Dr. Eliezer, prossegui no estudo. Além destes, contei com a colaboração da minha irmã Raquel, da colega e virologista Renata Eleutério, do colega e farmacêutico bioquímico Juari Pascoal, da virologista e incentivadora Dra. Gislaine Fongaro, da Empresa de Exportação e Importação FGP Prime e equipe, representados por Rafael e Daniel, da coordenadora do curso Bernadete, que juntamente com a UNICHRISTUS, incentivaram a pesquisa.

RESUMO

A insuficiência do sistema sanitário, nos países em desenvolvimento, justifica as alternativas realizadas pela população para a obtenção de esgotamento sanitário. As opções individuais em destaque são o uso de fossas e o lançamento em mananciais, mas esse descarte precisa cumprir orientações normativas, caso contrário, o esgoto contaminará o solo e lençol freático. A ausência dos serviços de coleta, tratamento e descarte adequado do esgoto doméstico pode ocasionar uma contaminação dos usuários que recebem de forma exclusiva o abastecimento por água subterrânea, ocasionando danos a sua potabilidade e mudança em parâmetros físico-químico e microbiológico. Os aquíferos podem ser degradados por microrganismos patogênicos que podem ser expelidos através de fezes e urina humana. O ano de 2019 trouxe uma doença desconhecida, propagada pelo vírus SARS-CoV-2, responsável pela pior crise sanitária já vista mundialmente. Hoje, o vírus é espalhado por meio de partículas de ar, mas também já foi detectado em fezes humanas e na rede de esgoto. Com a finalidade de estudar a qualidade das águas subterrâneas, a possível contaminação cruzada e outros possíveis locais onde o novo coronavírus possa estar presente, foi realizado a coleta de água de poço subterrâneo e de um rio, em um dos bairros mais populosos da cidade de Fortaleza-CE, a Barra do Ceará. A região contém muitas residências que utilizam a água de poços tubulares como abastecimento exclusivo e obteve altos índices de óbitos por Covid-19. A água foi analisada sobre todos os parâmetros e examinada para a verificação da existência do vírus SARS-CoV-2 e o Adenovírus Humano.

Palavras-chave: Esgotamento sanitário; Água subterrânea; SARS-CoV-2.

ABSTRACT

The insufficiency of the sanitary system in developing countries justifies the alternatives used by the population to obtain sanitary sewage. The individual options highlighted are the use of septic tanks and discharge into water sources, but this disposal must comply with regulatory guidelines, otherwise the sewage will contaminate the soil and water table. The absence of adequate collection, treatment and disposal services for domestic sewage can lead to contamination of users who are exclusively supplied with groundwater, causing damage to their potability and changes in physical-chemical and microbiological parameters. Aquifers can be degraded by pathogenic microorganisms that can be expelled through human feces and urine. The year 2019 brought an unknown disease, spread by the SARS-CoV-2 virus, responsible for the worst health crisis ever seen worldwide. Today, the virus is spread through air particles, but it has also been detected in human feces and in the sewage system. In order to study the quality of groundwater, possible cross-contamination and other possible places where the new coronavirus may be present, the collection of water from an underground well and a river was carried out in one of the most populated neighborhoods of the city of Fortaleza-CE, Barra do Ceará. The region contains many homes that use water from tube wells as their exclusive supply and had high death rates from Covid-19. The water was analyzed for all parameters and examined for the existence of the SARS-CoV-2 virus and the Human Adenovirus.

Keywords: Sewage; Subterranean water; SARS-CoV-2.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de esgotamento sanitário de Fortaleza.	14
Figura 2 – Índice de atendimento na cidade de Fortaleza.....	15
Figura 3 – Ciclo hidrológico, representação das principais etapas e processos.	18
Figura 4 – Caracterização esquemática das zonas do solo.	19
Figura 5 – Aquíferos livres e confinados.	21
Figura 6 – Demanda da água de consumo no Brasil.	22
Figura 7 – Dependência dos estados brasileiros por água subterrânea para uso urbano segundo a distribuição de poços tubulares.	26
Figura 8 – Composição do esgoto doméstico.	30
Figura 9 – Perfil de uma rede coletora de esgoto.....	30
Figura 10 – Níveis de tratamento.	31
Figura 11 – Esgoto a céu aberto sendo despejado próximo a um rio.	32
Figura 12 – Fossa rudimentar.	33
Figura 13 – Fossa séptica pré-moldada.	35
Figura 14 – Mancha escura aparece no mar da orla de Fortaleza.	39
Figura 15 – Comunidade do Gengibre, Regional II.	39
Figura 16 – Bacias de esgotamento sanitário de Fortaleza/CE.....	40
Figura 17 – Vírus nus e envelopados.....	42
Figura 18 – Demarcação do bairro Barra do Ceará.	47
Figura 19 – Junção do rio Ceará com a praia da Barra do Ceará.	48
Figura 20 – Amostras coletadas e suas identificações para referenciar o tipo de determinação a ser realizado nos diferentes laboratórios.	49
Figura 21 – Mapa estudo da carga viral do SARS-CoV-2 em Fortaleza.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores de saúde para doenças relacionadas à poluição hídrica.	41
Tabela 2 – Locais das coletas de amostras.	48
Tabela 3 – Laboratório, pesquisas realizadas e quantidade de água aferida.....	49
Tabela 4 – Análises físico-química realizadas para a água de estudo.	50
Tabela 5 – Exames microbiológicos realizados nas amostras coletadas da água de estudo.....	51
Tabela 6 – Resultados físico-químicos para as amostras de água coletadas na Residência 1.....	53
Tabela 7 – Resultados microbiológicos para os exames realizados na água da Residência 1.....	56
Tabela 8 – Resultados físico-químicos para as amostras de água coletadas na Residência 2.....	58
Tabela 9 – Resultados microbiológicos para os exames realizados na água da Residência 2.....	60
Tabela 10 – Resultados físico-químicos para as amostras de água coletadas na Residência 3.....	61
Tabela 11 – Resultados microbiológicos para os exames realizados na água da Residência 3.....	63
Tabela 12 – Resultados físico-químicos para as amostras de água coletadas no Rio Ceará.....	64
Tabela 13 – Resultados dos exames microbiológicos para o Rio Ceará.....	66
Tabela 14 – Exames virais.	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	16
1.1.1	Objetivo geral	16
1.1.2	Objetivos específicos	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Águas subterrâneas: considerações gerais	18
2.1.1	Aquíferos – Abastecimento Humano	21
2.1.2	O uso da água subterrânea no Brasil	24
2.2	Poluição das águas subterrâneas	26
2.2.1	Saneamento Ambiental e Sanitário no Brasil	26
2.2.2	Contaminação dos aquíferos	29
2.2.3	Panorama do saneamento em Fortaleza	36
2.3	Doenças de veiculação hídrica e seus patógenos	40
2.3.1	Vírus Humanos de veiculação hídrica	42
2.3.2	Coronavírus (SARS-CoV-2)	43
3	Metodologia	45
3.1	Tipologia da pesquisa	45
3.2	Ordenamento das etapas da pesquisa	45
3.3	Local de estudo	47
3.4	Plano de amostragem	48
3.5	Caracterização físico-química e exames microbiológicos da água de estudo	50
4	RESULTADOS	52
4.1	Caracterização das águas de estudo	52
4.1.1	Resultados físico-químicos – amostras da água de consumo da Residência 1	52
4.1.2	Resultados microbiológicos – amostras da água de consumo da Residência 1	56
4.1.3	Resultados físico-químicos – amostras da água de consumo da Residência 2	58
4.1.4	Resultados microbiológicos – amostras da água de consumo da Residência 2	60

4.1.5	Resultados físico-químicos – amostras de água de consumo da Residência 3	61
4.1.6	Resultados microbiológicos – amostras da água de consumo da Residência 3.....	62
4.1.7	Resultados físico-químicos – amostras de água do Rio Ceará.	64
4.1.8	Resultados dos exames microbiológicos para o Rio Ceará.....	65
4.1.9	Resultados dos exames virais em todas as amostras de água estudadas.....	67
5	CONCLUSÃO.....	70

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional das cidades desencadeou um desequilíbrio entre oferta e demanda do abastecimento urbano. Sendo assim, importante e necessário rever as opções de recursos hídricos existentes, analisando seu uso racional, sustentável e a sua qualidade. As águas superficiais possuem a vantagem de serem visíveis e prontamente exploráveis, mas, em desvantagem, sofrem com altas taxas de evaporação e são mais susceptíveis a despejos domésticos e industriais, que afetam a disponibilidade e qualidade da água. Em regiões semiáridas, como é o caso de 86% do estado do Ceará, esse tipo de degradação é ainda mais preocupante, pois reduz a oferta hídrica em uma região historicamente associada pela escassez de água (CAMPOS; STUDART, 2001).

As águas subterrâneas são pouco utilizadas devido à complexidade de acesso aos aquíferos onde são encontradas. Para sua quantificação, são necessários mais parâmetros, como: porosidade efetiva, coeficiente de permeabilidade e coeficiente de armazenamento específico. Em contrapartida, eles representam grandes volumes de água, que estão mais protegidas das ações antrópicas e não sofrem evaporação (CAMPOS; STUDART, 2001).

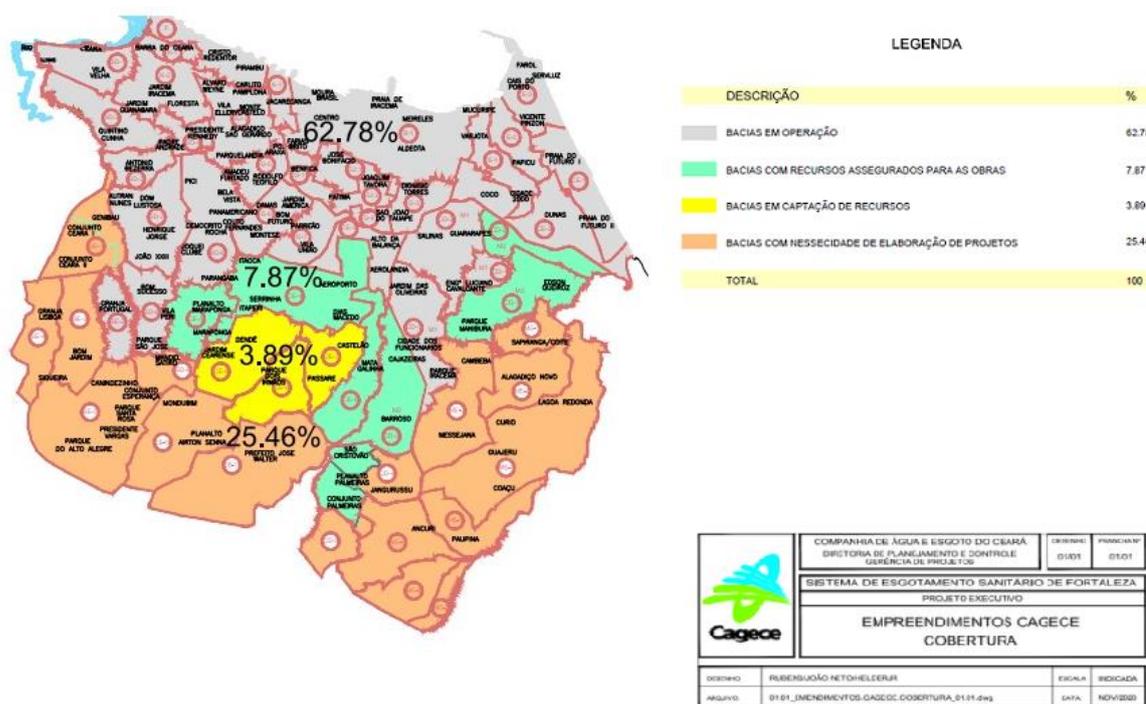
Essas águas são menos vulneráveis aos problemas de saneamento urbano existente, mas não estão excluídas. Um aquífero pode ser contaminado e sua recuperação pode levar anos, dependendo do tipo de poluente, e este pode ser levado para áreas diversas, iniciando na origem da contaminação até áreas distantes da urbanização. Na maioria dos casos, a carga contaminante se propaga através do fluido como um fluxo contínuo ou aproximadamente contínuo (COSTA, 2020).

A urbanização na cidade de Fortaleza, local escolhido para este trabalho, teve início com as secas periódicas, que desestabilizaram a economia rural e levaram muitas pessoas a deslocar-se para os centros urbanos, alterando o espaço ou criando uma nova organização espacial, típica dos ciclos de estiagem. Em resposta a este crescimento populacional, vários problemas foram desencadeados, em destaque estão: a degeneração ambiental dos mananciais, o acréscimo do risco de áreas de abastecimento com poluição orgânica e química e a contaminação de rios por esgoto doméstico, industrial e pluvial (COSTA, 2020).

Muitos são os fatores que podem degradar a qualidade da água de abastecimento humano, dentre eles, um dos principais, é a ocupação desordenada do solo e o lançamento de efluentes, parcialmente tratados ou não tratados, que comprometem a potabilidade das águas utilizadas como fonte de abastecimento humano (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2018). Esses fatores fazem parte das medidas de saneamento básico.

A concessionária responsável pelos serviços de água e esgoto na cidade de Fortaleza é a Companhia de Água e Esgoto (CAGECE), atualmente 37,22% da população ainda carece de serviço de esgotamento sanitário, como demonstrado na Figura 1, com o mapa de esgotamento sanitário da cidade de Fortaleza (CAGECE, 2020).

Figura 1 – Sistema de esgotamento sanitário de Fortaleza.

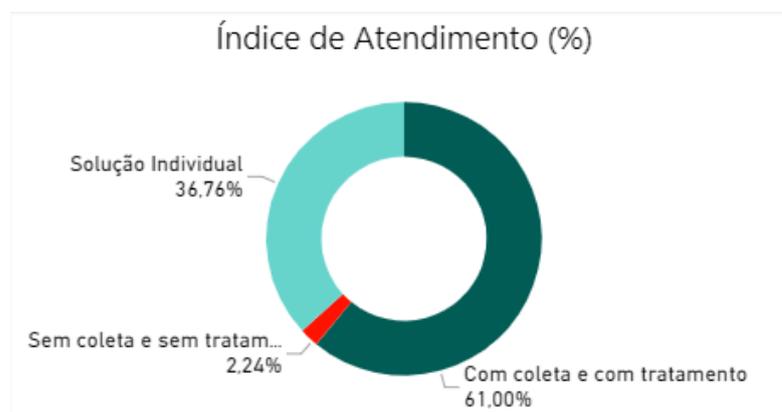


Fonte: Cagece (2020c).

Os últimos dados publicados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento básico (ANA) mostra a divisão das alternativas de esgotamento sanitário na cidade no ano de 2013, revelando que 61% da população possuem coleta e tratamento de esgoto pela concessionária, 36,76% realiza soluções

individuais e 2,24% não possuem coleta, nem tratamento, como demonstrado na Figura 2 (ANA, 2013).

Figura 2 – Índice de atendimento na cidade de Fortaleza.



Fonte: Ana (2013).

Devido à carência no serviço de coleta, transporte, tratamento e destinação final adequada dos esgotos, a população precisa achar outras formas para o descarte dos efluentes, a forma mais prejudicial à saúde das pessoas e para o meio ambiente, são os lançamentos de esgotos a céu aberto ou em mananciais. Existe também a construção de tanques de armazenamento, como as fossas sépticas e as rudimentares. Segundo Melo (1995), a disposição local de efluentes domésticos, como tanques sépticos e sumidouros, contaminam as águas subterrâneas por micro-organismos patogênicos oferecendo riscos potenciais de distúrbios gastrointestinais, infecções em diversos órgãos, pele, ouvido, olhos e trato unitário.

O serviço de esgotamento sanitário é essencial para manter a qualidade das águas usufruídas como fonte de abastecimento, protegendo o solo, as águas subterrâneas e superficiais (BRASIL, 2019). Relacionar-se com um ambiente insalubre significa estar vulnerável aos mais diversos tipos de infecções. As doenças de veiculação hídrica são originadas por microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de diferentes categorias de infecções, geralmente através da ingestão de água contaminada, confirmando a necessidade de monitoramento do padrão da qualidade microbiológica da água que está sendo abastecida nas residências (AYACH *et al.*, 2009).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) avalia que 80% das doenças que ocorrem nos países em desenvolvimento são ocasionadas por águas

contaminadas (LIRA; BARROS, 2001). Muitos são os microrganismos que podem contaminar a água por causa da falta de saneamento urbano, sendo estes as bactérias, protozoários e vírus. A relação saneamento *versus* doença, principalmente em relação as ações antrópicas e seus impactos, traz uma visão das práticas que comprometem a saúde pública e mantém o desenvolvimento limitado em conjunto com as enfermidades. Daí a importância de se estabelecer condutas ambientais e econômicas que preservem os mananciais e todos os outros componentes naturais, entretanto é necessário entender a logística de contaminação hídrica para que se ampliem os mecanismos de controle dos resíduos humanos.

Para analisar o potencial contaminante das águas de abastecimento, foram coletadas as águas subterrâneas de poços residências e de um manancial que sofre denúncia de despejo de carga poluente. Todos os pontos de coleta estão localizados no bairro Barra do Ceará, a área mais populosa da cidade de Fortaleza (FORTALEZA, 2021).

Muitas são as doenças que podem utilizar o meio hídrico para se propagar e contaminar os usuários. As principais doenças de veiculação hídrica datadas na cidade de Fortaleza, de acordo com os indicadores da Secretaria da Saúde do Estado do Ceará, são: febre tifóide, febre paratifóide, *Shigeloses*, cólera, hepatite, amebíase, giardíase, esquistossomose, arcadíase e leptospirose (PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS, 2016).

Além dessa cartela de enfermidades já conhecida, o ano de 2020 apresentou uma doença com impactos devastadores, a COVID-19, provocada pelo novo coronavírus SARS-CoV-2. Esse vírus é responsável pela grande crise sanitária vivenciada há mais de um ano e suas consequências, características e poder de contaminação estão sendo pesquisadas no mundo inteiro. Estudos internacionais e nacionais mostram que o vírus permanece vivo nos esgotos, mas ainda não está claro se existe a hipótese de uma infecção fecal-oral. Dessa forma, precisa ser analisado se há a possibilidade de sua detecção em águas de abastecimento humano.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial risco de contaminação das águas subterrâneas utilizadas como fontes de abastecimento no bairro Barra do Ceará, na cidade de Fortaleza, Ceará.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Caracterizar a qualidade das águas subterrâneas utilizadas como fonte de abastecimento humano, nos aspectos físico-químicos e microbiológicos, incluindo carga viral (determinação do vírus SARS-CoV-2).
- b) Analisar a vulnerabilidade da qualidade das águas subterrâneas utilizadas como fonte de abastecimento na cidade de Fortaleza-Ce, no bairro Barra do Ceará;
- c) Inferir a respeito do risco potencial de contaminação das populações que fazem uso das águas subterrâneas na cidade.

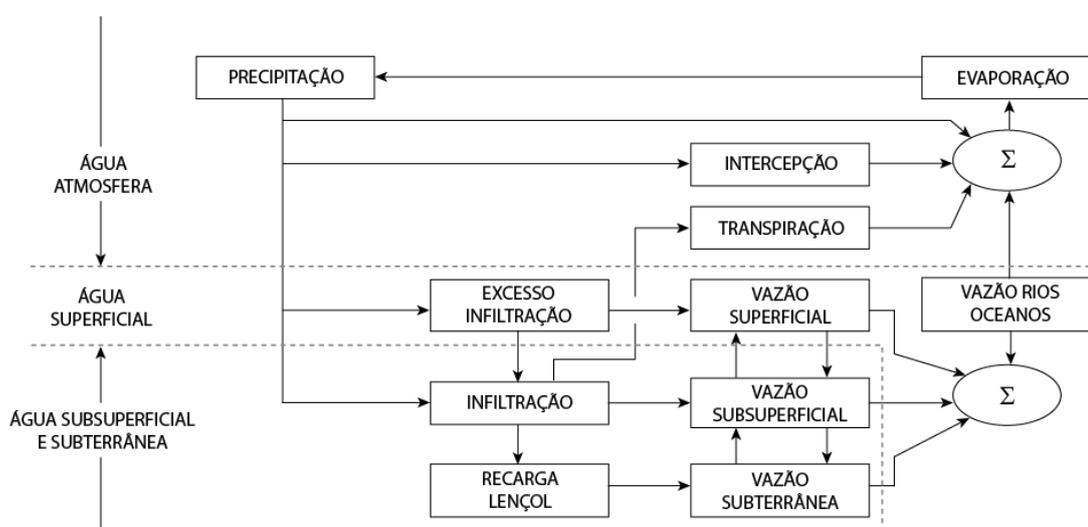
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Águas subterrâneas: considerações gerais

A água é o componente de maior abundância no planeta Terra e o recurso natural mais importante para a vida terrestre. Pressupõe-se que 97,5% da água existente no mundo são salgadas, sendo assim imprópria para consumo humano direto ou irrigação de plantação. Os 2,5% restante são de água doce, sendo em sua maioria, 69%, de difícil acesso, estando localizada nas geleiras e 30% em águas subterrâneas, armazenadas em aquíferos, e por fim, 1% encontrada nos rios (ANA, 2020a).

As águas subterrâneas são formadas a partir da precipitação que infiltra e percolam nas camadas abaixo da superfície do solo e que ocupam os espaços vazios das rochas. Esses reservatórios permeáveis são nomeados de aquíferos (ANA, 2020b). Esse preenchimento cumpre uma etapa do ciclo hidrológico, assim demonstrado na Figura 3, que se inicia na infiltração de uma parcela da água precipitada e finaliza-se com percolação alimentando os aquíferos, que estão localizadas nos poros das rochas e fissuras que representam os vazios e estão interconectados (BORGHETTI *et al.*, 2004).

Figura 3 – Ciclo hidrológico, representação das principais etapas e processos.

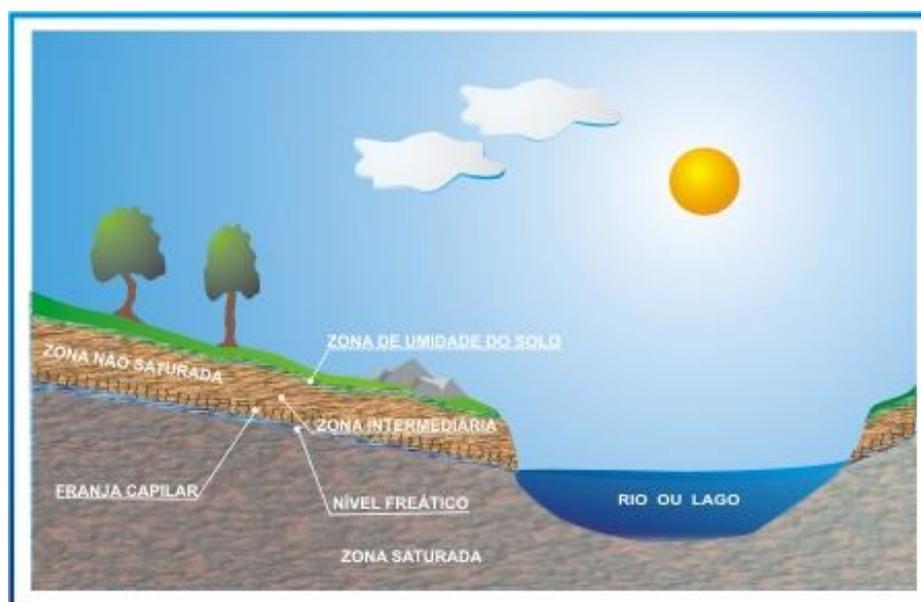


Fonte: Chow *et al.*, (1988) *apud* Silva (2015, p. 24).

O volume e a velocidade de infiltração vão depender de alguns fatores como: uso e ocupação do solo, porosidade do solo, vegetação na superfície,

inclinação do terreno e o tipo de precipitação. A porosidade e vegetação vão permitir a permeabilidade do solo, a inclinação do terreno pode dificultar a penetração da água e o tipo de chuva demonstram a duração e rapidez de infiltração, onde as mais intensas saturam rapidamente o solo e as mais finas e demoradas levam mais tempo para infiltração. Durante a infiltração da precipitação no solo, uma parte fica retida nas regiões próximas à superfície, as zonas não saturadas, e a outra parcela, percola, durante período de tempo variável, para áreas mais profundas do subsolo, constituindo as zonas saturadas como mostra a Figura 4 (BORGHETTI *et al.*, 2004).

Figura 4 – Caracterização esquemática das zonas do solo.



Fonte: Borghetti *et al.* (2004).

As zonas não saturadas apresentam-se como um conjunto de elementos que formam o húmus do solo juntamente com a água infiltrada e possuem: nutrientes, microrganismos, gases, insetos e matéria orgânica que dão suporte às necessidades dos vegetais por meio de seus sistemas radiculares. E dessas parcelas de água, as plantas, por meio do fenômeno da capilaridade, fará o uso e será destinada aos estômatos das folhas onde ocorrerá a evapotranspiração. Nas zonas saturadas, situada abaixo das zonas não saturadas, os poros estão completamente preenchidos. A percolação é o componente do ciclo hidrológico que promove essa continuidade na dinâmica da água, induzida pela gravidade, atingindo grandes profundidades, recarregando os aquíferos. A água atinge grandes profundidades, atingindo até o limite, onde as rochas estão completamente

acumuladas interconectados. A correnteza dos aquíferos, com seu descolamento lateral, renovam os poros nas rochas a serem saturados pela percolação da água (BORGHETTI *et al.*, 2004).

O volume e a distribuição das águas subterrâneas são variáveis, uma vez que elas dependem de várias características do solo e condições climatológicas. Mesmo com essas condições, elas representam, em média, 10.360.230 km³, quase 100 vezes mais que as águas superficiais de rios e lagos (SHIKLOMOV, 2003).

Ao percolar as camadas de solo, entre poros do subsolo e das rochas, realiza-se a depuração da mesma através de uma série de processos físico-químicos e microbiológico. Esses processos modificam algumas características da água, tornando-a mais adequada para consumo humano (SILVA, 2003 *apud* ABAS, 2020). A Associação Brasileira de Águas Subterrâneas define os aquíferos como “material geológico capaz de servir de depósito e de transmissor da água armazenada” (BORGHETTI *et al.*, 2004). Os aquíferos podem ser classificados por suas características de formação geológica e hidráulica, dividindo-se em: livres ou freáticos, suspensos e confinados ou artesianos (BACARO, 2015).

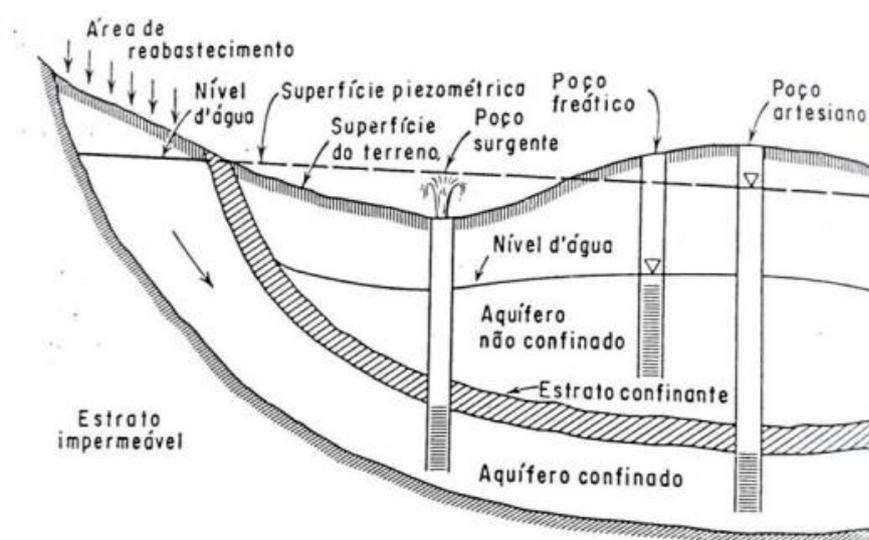
Os livres ou freáticos, são constituídos de formações, ou grupos de formações, permeáveis, localizados próximo à superfície, tendo como limite superior à superfície freática, onde todos os pontos são submetidos à pressão atmosférica (BACARO, 2015). É aflorante em toda a sua extensão, possuindo uma recarga direta pela localização, sendo os mais explorados para consumo e os que apresentam maiores problemas em relação à contaminação antrópica (BORGHETTI *et al.*, 2004).

O aquífero suspenso é um tipo especial do aquífero livre, quando composto sobre uma camada impermeável ou semipermeável com extensão restrita e localizada entre a superfície freática regional e o nível do terreno. Muitas vezes, esses aquíferos são temporários, uma vez que drenam para o nível freático subjacente. Já o aquífero confinado está submetido a uma pressão mais elevada que a atmosférica, localizado entre camadas, sendo acima dele uma com baixa permeabilidade e o seu reabastecimento é realizado de forma indireta (BORGHETTI *et al.*, 2004).

Quando um poço é perfurado, com o objetivo de retirar água do lençol freático ou livre, este é nomeado de poço freático. O nível da água alcançará o ponto estático do aquífero, como demonstrado na Figura 5, onde também demonstra os

tipos de aquíferos já mencionados e como estes são inseridos nas camadas impermeáveis ou semipermeáveis, entre a superfície freática e a do terreno. (BACARO, 2015).

Figura 5 – Aquíferos livres e confinados.



Fonte: Todd (1959) *apud* Feitosa (2008, p. 17).

2.1.1 Aquíferos – Abastecimento Humano

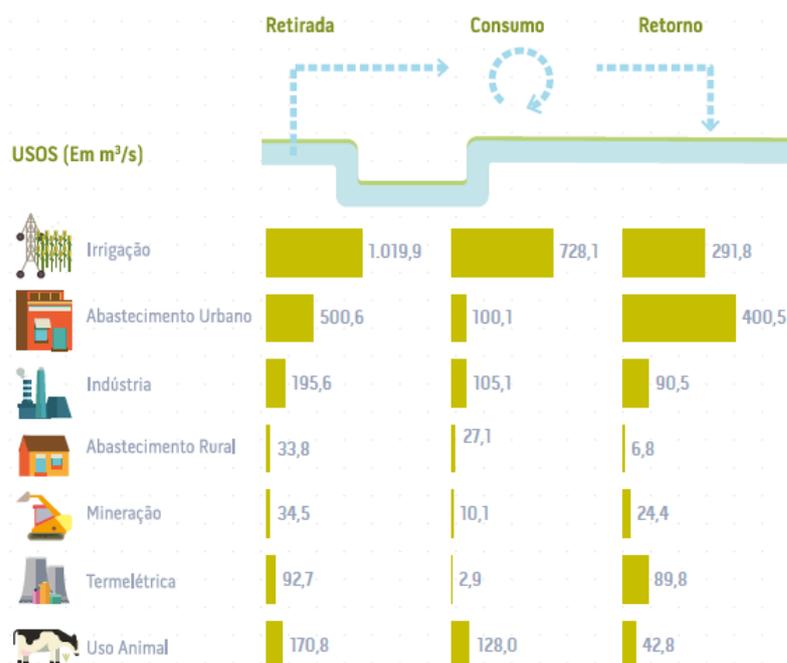
A água doce é um recurso natural fundamental para a sobrevivência de uma sociedade e o seu desenvolvimento. Sua disponibilidade na natureza foi uma facilidade para tal importância, mas atualmente tem sido insuficiente para atender a alta demanda requerida em muitas regiões do Planeta (HELLER; PÁDUA, 2016).

As necessidades de consumo de água em uma sociedade são divididas em dois grupos, os de uso consuntivo e não consuntivo. O uso consuntivo é a captação de água para uma destinação direta como o abastecimento doméstico, o industrial, a irrigação e a agricultura. Os de uso não consuntivo utilizam a água como atividade indireta como a navegação, a geração de energia hidroelétrica, a recreação, a harmonia paisagística, a pesca e diluição, e o afastamento de efluentes (HELLER; PÁDUA, 2016).

No uso consuntivo, a água utilizada no processo a que se destina, total ou parcialmente, pode ou não retornar para o corpo hídrico. O seu desenvolvimento a partir da captação pode ser classificado como água de retirada, de consumo ou de retorno. A retirada refere-se ao total de água captada para o uso de determinada

atividade, a água de consumo representa a que não retornará diretamente para o corpo hídrico, e por fim, a de retorno, onde a água residuária, depois de utilizada, retornará para o corpo hídrico. Na Figura 6, apresentam-se as principais atividades de abastecimento de água, de acordo com o seu uso e sua importância no meio (ANA, 2019).

Figura 6 – Demanda da água de consumo no Brasil.



Fonte: ANA (2019).

Como exemplo das diferentes formas da ocorrência do ciclo interno da água no abastecimento residencial, tem-se a água retirada. A água retirada será aquela recebida para uso, a água de consumo será a parcela de água para uso que não gera água residuária e, por fim, a água de retorno para uso, que gera água residuária decorrente do uso da água (ANA, 2019).

Segundo o Relatório de Conjuntura de 2019, realizado pela ANA, o maior consumidor de água, é voltado para a atividade de irrigação e em segundo lugar o abastecimento humano (ANA, 2019). O abastecimento urbano representa o uso da água para: preparo de alimentos, na higiene da moradia e corporal, na limpeza dos utensílios e roupas, na descarga de efluentes, na criação de animais, na irrigação de jardins *etc.* (HELLER; PÁDUA, 2016).

Para um abastecimento de qualidade, em qualquer forma de uso da água doce, busca-se o conceito de essencialidade do abastecimento, onde o mínimo de

água, em mínimas condições, que se adequem aos padrões de potabilidade, precisa atender as necessidades básicas de um ser humano, garantindo a sua saúde (HELLER; PÁDUA, 2016).

Os recursos hídricos representam um bem natural renovável, que se manifestado em grande quantidade no mundo, mas é variável no tempo e no espaço. A distribuição da água pode sofrer mudanças ao longo do tempo, devido à forma como o ambiente vem sendo utilizado. O fornecimento depende de fatores que podem ser alterados, entre eles estão: a avaliação climática e a vazão do curso. A garantia de um abastecimento favorável deve apresentar uma vazão captada superior à mínima do manancial em um determinado período hidrológico (HELLER; PÁDUA, 2006).

A ANA é o órgão nacional encarregado por monitorar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, dispondo do auxílio dos órgãos estaduais que devem gerar dados de gestão dos recursos hídricos de cada região (ANA, 2020c). As águas subterrâneas possuem boas características e um uso mais vantajoso em relação às águas superficiais, como por exemplo, até certo ponto, as camadas de solo podem reter substâncias contaminantes, sendo esta água um pouco mais protegida de contaminações de origem antrópica, mas devido às altas concentrações de contaminantes despejados, a sua proteção mostra-se insuficiente para barrar a contaminação (BORGHETTI *et al.*, 2004).

A exploração dos aquíferos está vinculada a fatores quantitativos, qualitativos e econômicos. Quantitativo porque está intimamente ligada à condutividade hidráulica e ao coeficiente de armazenamento dos terrenos, dessa maneira, cada aquífero possui sua taxa de recarga e recuperação. A qualidade é influenciada pela composição das rochas, renovação das águas e condições climáticas. Por último, a condição econômica está condicionada a profundidade e as condições de bombeamento (LEAL, 1999 *apud* ABAS, 2020).

A captação da água nos aquíferos pode ser realizada longitudinalmente, por meio de galerias, ou radialmente, através de poços. Os poços são mais comuns e a sua captação é realizada em aquífero freático ou artesiano. O aquífero freático é o primeiro a ser encontrado quando o poço é escavado e possui água no interior do maciço poroso, regulado pela pressão atmosférica. No aquífero artesiano a pressão é superior à atmosférica, pois se encontra entre camadas impermeáveis (JUNIOR, 2007).

Os aquíferos são relativamente mais preservados de contaminação que as águas superficiais, mas mesmo assim estão submetidos a impactos ambientais que podem poluir suas águas. A contaminação pode ser realizada pela ocupação inadequada de uma área, onde esteja sendo infectada por substâncias tóxicas introduzidas no solo ou zona de recarga de aquífero. Essa degradação pode ser realizada em diversas atividades como: construção de fossas sépticas e negras, fugas da rede de esgoto e galerias de águas pluviais, infiltração de efluentes industriais, aterros sanitários e lixões, uso indevido de fertilizantes nitrogenados etc. Com o deslocamento lateral das águas de um aquífero, essas contaminações poderão se propagar para outras regiões e mananciais (MUSEU DO UNA, 2003 *apud* ABAS, 2020).

2.1.2 O uso da água subterrânea no Brasil

As águas subterrâneas são necessárias para a vida de um ecossistema. As florestas com regiões de clima seco ou tropical, como é o caso do Brasil, não sobreviveriam com a sua ausência. Os rios, lagos, mangues e pântanos não se sustentariam e os ambientes aquáticos, não cumpririam suas funções no ambiente (TRATA BRASIL, 2019).

No Brasil, as águas subterrâneas são retiradas, em grande parte, por poços tubulares para abastecimento do setor doméstico, comercial e industrial. Um estudo executado pelo Instituto Trata Brasil, indicou que 52% dos 5.570 municípios brasileiros são abastecidos total (36%), ou parcialmente (16%), por águas subterrâneas (TRATA BRASIL, 2019).

Ainda segundo o Instituto Trata Brasil (2019), estima-se que no Brasil existem em média 2,5 milhões de poços, sendo 88% deles clandestinos, não são cadastrados oficialmente pelo poder público. Dentre os principais recursos da água subterrânea, 30% são destinados ao abastecimento doméstico, 24% para agropecuária, 18% para abastecimento público urbano, 14% abastecimento múltiplo, 10% industrial e 4% para lazer e outros.

A quantidade de água retirada dos aquíferos é uma estimativa, pois a extração real é camuflada pela clandestinidade, não possuindo dados reais sobre a quantidade e qualidade dessa extração. No Brasil, a captação das águas subterrâneas é realizada por meio de poços tubulares, também conhecidos como

artesianos ou semiartesianos, poços escavados ou aproveitamento direto das nascentes (HIRATA, 2019).

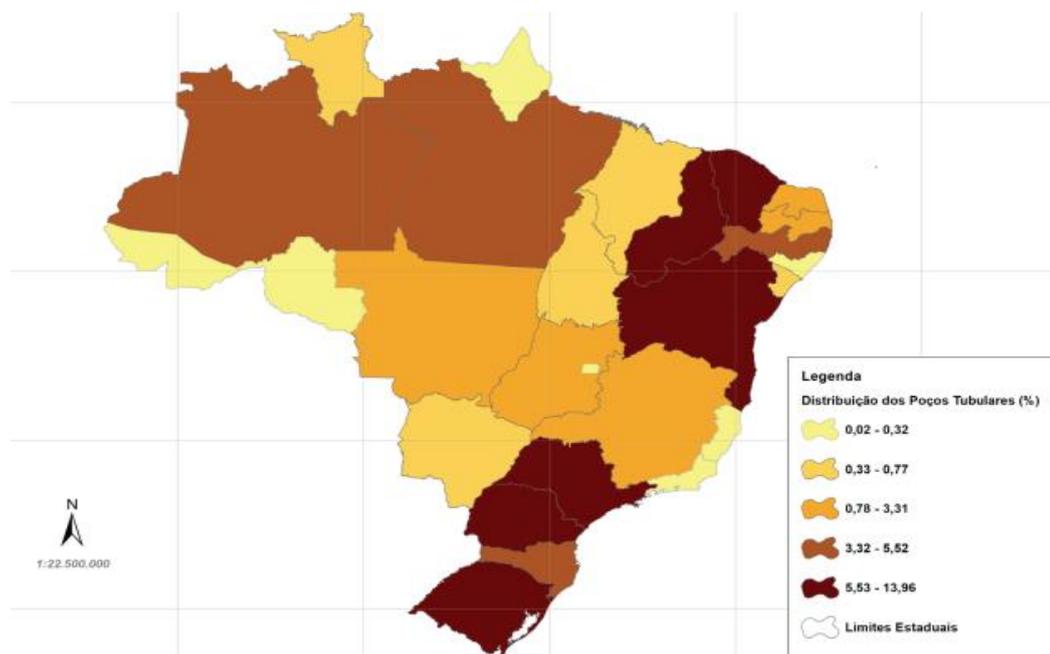
O poço tubular trata-se de uma perfuração vertical, podendo atingir até 2.000 metros, com formato cilíndrico, realizada por meio de máquinas. Geralmente são feitos com material de PVC aditivado ou em aço. O poço artesiano é um poço tubular em que a água eleva-se para a superfície de forma natural, sem ajuda de bombas e o semiartesiano necessita de bombeamento (HIRATA, 2019).

O poço escavado é realizado de forma manual, atingindo uma média de 25 metros de profundidade, podem ser revestidos por blocos cerâmicos, tijolo ou anel de concreto. Esse tipo de poço também é conhecido como cacimba, poço raso, poço caipira etc. (HIRATA, 2019).

A água subterrânea brasileira é o recurso natural mais extraído do subsolo, o volume retirado é suficiente para abastecer a cada ano a população atual brasileira, esse volume corresponde a quase 17.580 Mm³/ano, isso sem contabilizar os volumes clandestinos. O Ceará é um dos estados brasileiros que apresenta maior dependência desse abastecimento (HIRATA, 2019).

A Figura 7 apresenta os estados brasileiros, de acordo com a sua necessidade por água subterrânea, para o uso urbano, segundo a utilização de poços tubulares (HIRATA, 2019).

Figura 7 – Dependência dos estados brasileiros por água subterrânea para uso urbano segundo a distribuição de poços tubulares.



Fonte: CPRM (2018) *apud* Hirata (2019).

O uso desses poços pode ocasionar riscos, dentre os quais: o não alcance da vazão de água esperada em vista da complexidade hidrológica do meio, problema com a qualidade da água pela contaminação do poço por atividades existentes no entorno (esgotos e disposição de resíduos sólidos), diminuição da produção ou perda do poço devido à super exploração do aquífero ou até a impossibilidade da perfuração do poço pela existência de restrições legais que podem levar ao seu fechamento (HIRATA, 2019).

2.2 Poluição das águas subterrâneas

2.2.1 Saneamento Ambiental e Sanitário no Brasil

O saneamento ambiental é o conjunto de serviços, de infraestrutura e instalações operacionais, relativos aos processos de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais. A Constituição Federal assegura em seu texto que o saneamento básico é um direito humano, sendo também estabelecido pela Lei nº 11.445/2007 (CAGECE, 2016).

A Lei Federal 11.445 de 2017, nomeada de marco zero do saneamento, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e alguns princípios fundamentais que devem nortear os serviços prestados, como: universalização do acesso, integridade nas atividades e serviços, adaptação e defesa do meio ambiente, sustentabilidade econômica, aplicação de tecnologias apropriadas, ponderando a capacidade de pagamento dos usuários, adoção de soluções progressivas, transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios, controle social, segurança, qualidade e regularidade dos serviços, dentre outros (BRASIL, 2007).

A salubridade ambiental é a condição de saúde que uma população, rural ou urbana, convive com a possibilidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas ao meio ambiente, convivendo com um adequado saneamento básico. É o entorno material e social capaz de assegurar a saúde dos indivíduos, é através dela que se identifica a higiene pública, as áreas impróprias em relação ao saneamento e a saúde (FUNASA, 2020).

O sistema de abastecimento de água potável é a primeira ação sanitária e social que um programa deve garantir, ou o primeiro que deve ser modificado para certificar a qualidade da água que abastece uma comunidade. Para isso, um conjunto de infraestrutura, obras civis, materiais e equipamentos devem realizar a captação de água, superficial ou subterrânea, realizando o seu tratamento adequando para os níveis de potabilidade exigidos pelos órgãos nacionais e distribuí-la para a população usuária (FUNASA, 2020).

Do ponto de vista tecnológico, água de qualquer tipo pode ser, em princípio, transformada em água potável, porém os custos para esse tratamento e a confiabilidade da operação e manutenção podem inviabilizar o uso da fonte de água. As características físicas, químicas e biológicas da água captada irão definir o tratamento devido para atender os padrões de sua potabilidade (FUNASA, 2020).

Uma atividade de extrema importância para a manutenção das qualidades naturais de uma água que será utilizada como fonte de abastecimento humano é a coleta, transporte, tratamento e disposição adequada dos esgotos. É necessário o tratamento e despejo correto destes para que não contaminem as águas a serem utilizadas como fonte de abastecimento. Esses despejos são nomeados de esgotos e a sua devolução direta ao meio ambiente, especialmente em corpos de água,

podem acarretar doenças em animais e pessoas, pela transmissão de patógenos presentes nas fezes humanas (FUNASA, 2020).

A coleta, transporte, tratamento e disposição adequada dos resíduos asseguram a saúde do meio ambiente e das pessoas do arredor. A ausência de rede coletora que efetue o afastamento e tratamento dos esgotos, nas redondezas das residências, faz com que população utilize meios inapropriados para substituir essa deficiência e realiza o despejo inadequado no solo, rios, lagos, oceanos, aquíferos e até nos mananciais que abastecem a cidade (FUNASA, 2020).

O crescimento urbano traz como consequência imediata o aumento de consumo de água e a ampliação do volume de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, não reaproveitados. A precariedade no acesso a esses serviços é uma realidade do mundo e principalmente em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil (FUNASA, 2020). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), 15 milhões de brasileiros residentes em zonas urbanas não tem acesso à água tratada e gerenciada de forma segura. Em zonas rurais 2,3 milhões usam fontes de águas não seguras para o consumo e higiene pessoal e doméstica (UNICEF, 2020).

Em relação ao esgotamento, 21,6 milhões usam instalações sanitárias não adequadas e 2,3 milhões defecam a céu aberto. A maioria dessas situações está localizada nas regiões Norte e Nordeste, onde a falta de acesso está ligada e acentuada nos segmentos de baixa renda como periferias, assentamentos informais, favelas ou aldeias indígenas (UNICEF, 2020).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) realiza o diagnóstico à cerca da realidade do saneamento urbano do Brasil. Em relação ao abastecimento de água, 83,62% dos brasileiros são abastecidos com água tratada, mas quase 35 milhões ainda não possuem esse acesso. No Nordeste, o abastecimento é realizado para 74,21% da população. Em relação ao esgoto, 53% dos brasileiros têm acesso à coleta de esgoto, mas quase 100 milhões ainda não tem acesso a esse serviço. No Nordeste, 28,01% têm atendimento de esgoto e 36,24% tratam o esgoto (SNIS, 2018).

De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), as áreas de periferia, parcela da população com nível econômico mais baixo, nos grandes centros urbanos, são as mais vulneráveis a propagação de doenças transmissíveis e contagiosas. Isso acontece porque esses locais possuem alta

densidade populacional, com numerosas habitações superlotadas, e carecem de acesso adequado a serviços de água e esgotamento sanitário (IPEA, 2020).

O alto grau de poluição atinge a saúde e o bem-estar da população, que se torna cada vez mais exposta ao ataque de doenças relacionadas à variação da qualidade da água. A contaminação hídrica é uma crescente dificuldade ambiental e, conseqüentemente, a falta de saneamento ambiental adequado é a principal poluição e contaminação das águas de abastecimento (PAIVA; SOUZA, 2018).

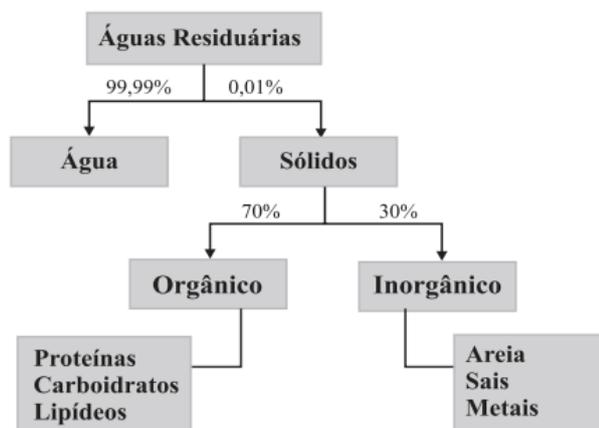
Em julho do ano passado, foi sancionada o novo Marco Legal do Saneamento Básico, a Lei nº 14.026/2020 que prevê a universalização dos serviços de água e esgoto até 2033 e assegura mais investimentos privados nos serviços de saneamento (AGÊNCIA BRASIL, 2020). Dentre as mudanças descritas na lei, destaca-se o auxílio para as famílias com condições precárias, que terão o direito à assistência para os custos dos serviços e gratuidade na conexão à rede de esgoto (BRASIL, 2020).

2.2.2 Contaminação dos aquíferos

Os riscos de contaminação dos recursos hídricos causados pelo déficit do saneamento, principalmente no que se refere ao esgotamento sanitário e suas etapas até a disposição adequada dos esgotos tratados, contribuem com o caos da saúde pública. Soma-se a esta precariedade sanitária outras ações antrópicas negativas que degradam a qualidade dos recursos e os tratamentos aplicados não são suficientes para gerir e controlar essa realidade (KAUFFMANN *et al.*, 2004). A coleta, transporte, tratamento e disposição final apropriada do esgoto são ações essenciais para manter a qualidade das águas usufruídas como fonte de abastecimento, protegendo o solo e os mananciais superficiais e, principalmente, os subterrâneos (BRASIL, 2019).

O esgoto doméstico é aquele que provém principalmente de residências, estabelecimentos comerciais e instituições diversas que possuam banheiro, lavanderia e cozinha. São compostos de aproximadamente 99,9% de água e 1% de sólidos, assim demonstrado na Figura 8. Os esgotos domésticos se dividem em águas negras, proveniente de instalações sanitárias contendo fezes e urina, de águas amarelas que são constituídas somente por urina, e das águas cinza, derivado de banhos, lavagens e demais usos domésticos (FUNASA, 2020).

Figura 8 – Composição do esgoto doméstico.

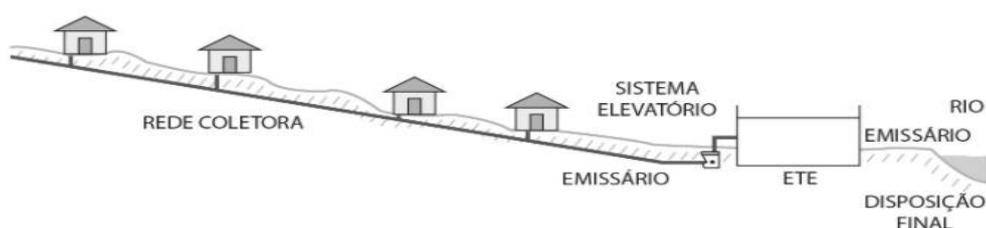


Fonte: Melo e Marques (2000).

O sistema de esgotamento sanitário pode ser dividido em duas formas de funcionamento, a do tipo integrado, onde o esgoto é guiado até a estação de pré condicionamento, seguindo para o emissário submarino e, por fim, lançado ao mar, como exemplo desse sistema, tem-se o sistema de esgotamento realizado pela concessionária de serviço público. Outra forma é do tipo isolado, onde a coleta, tratamento e disposição se concentra em um só local, como é o caso das fossas que são realizadas em zonas rurais e bairros de periferia (CAGECE, 2014).

Quando o esgoto é coletado e tratado pela concessionária de serviço de esgotamento sanitário, a rede coletora é composta por tubulações que vão deslocando os dejetos para uma estação de tratamento de esgoto (ETE), onde será tratado e descartado corretamente como demonstrado na Figura 9. O tratamento do esgoto deve ter como finalidade a remoção de matéria orgânica, nutrientes e microrganismos patogênicos, utilizando processos de natureza física, química e biológica (SANTOS, 2016).

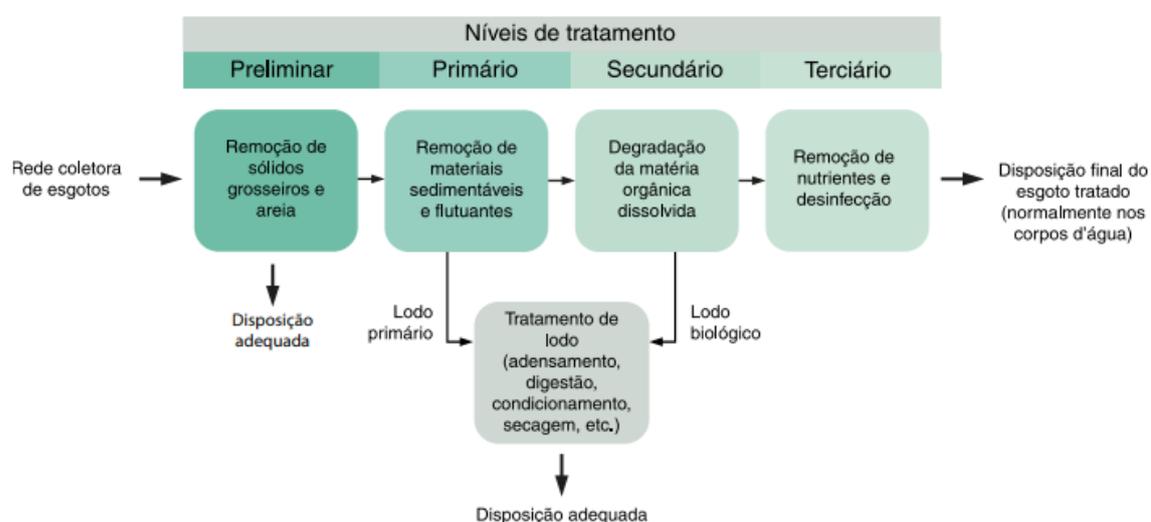
Figura 9 – Perfil de uma rede coletora de esgoto



Fonte: Santos (2016).

Nesse sistema, é realizado um direcionamento de todo o esgoto doméstico coletado: águas amarelas, cinza e negras. O seu processo de tratamento irá abranger quatro níveis de tratamento: preliminar, primário, secundário e terciário, conforme demonstrado na Figura 10. No final do tratamento, para ser lançado no corpo hídrico, os efluentes devem estar tratados, sem exceder as condições e padrões de qualidade da água, seguindo a legislação vigente (BRASIL *et al.*, 2018).

Figura 10 – Níveis de tratamento.



Fonte: Brasil *et al.* (2018).

O tratamento é realizado, principalmente por processo biológico, juntamente com operações físicas de concentração e separação de sólidos. As etapas, conforme apresentado na Figura 8, iniciam-se com o tratamento preliminar, gradeamento e desarenação, contendo os sólidos e lodos, depois se inicia o tratamento primário, com a floculação e sedimentação, onde trata quimicamente os efluentes, em seguida, o secundário com processos biológicos e, por fim, um tratamento mais avançado (PINHEIRO, 2018).

Atualmente no Brasil, 43% da população possui esgoto coletado e tratado pela concessionária, 27% não possuem coleta nem tratamento, 18% possuem coleta, mas não é tratada adequadamente e 12% optam por soluções individuais (AGENCIA BRASIL, 2017).

Em zonas de periferia e baixa renda, os principais mecanismos de coleta e tratamento de esgotos são: fossa séptica, fossa rudimentar, esgoto a céu aberto e

descarte em curso de água superficial, são conhecidos como soluções individuais de tratamento (HIRATA, 2019). Dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PLANSAB) apontam que em 2017, da totalidade de domicílios atendidos com esgotamento sanitário em área rural, 32% usam tanques sépticos, 48,6% com tanques rudimentares e 11,7% descartam em valas, rios, lagos e mares (BRASIL, 2019).

A forma mais prejudicial à saúde das pessoas e para o meio ambiente são os lançamentos de esgotos a céu aberto ou o seu descarte em mananciais, como demonstrado na Figura 11. As duas formas deixam o esgoto mais próximo da população e mais suscetível a doenças de veiculação hídrica. A deficiência na prestação dos serviços pela concessionária é característica de regiões ocupadas por populações com baixa renda e escolaridade. Essa parcela da população, na maioria das vezes, não possui a conscientização e sensibilização que a falta de coleta, transporte, tratamento e despejo adequado proveniente da sua residência, vai acarretar problemas de saúde para a sua família (TEIXEIRA *et al.*, 2018).

Figura 11 – Esgoto a céu aberto sendo despejado próximo a um rio.



Fonte: Machado (2019).

A exposição desse esgoto ou da água poluída com urina, fezes, microrganismos patogênicos (bactéria, vírus, protozoários, helmintos e fungos) são vetores para a contaminação da população nas proximidades. Conviver com esgoto exposto é um risco para todas as idades, podendo estas, sofrerem de doenças de veiculação hídrica (TRATA BRASIL, 2017).

Como alternativa de dispor os esgotos domésticos tem-se as fossas negras, também conhecidas como fossas caipiras, rudimentar ou simples. São construídas de forma prática, sem projeto ou considerações para o local ou

manutenção, não sendo regulamentada por nenhuma norma brasileira (FIGUEIREDO *et al.*, 2019). São escavações simples sem revestimento, como demonstrado na Figura 12, onde os dejetos gerados nas residências são depositados e suas atividades microbianas irão infiltrar nas paredes da fossa, sendo uma parte absorvida pelo solo e a outra permanecerá parada na superfície da fossa. As duas cargas irão provocar a contaminação do meio em que estão instaladas (SOUZA, 2015).

Figura 12 – Fossa rudimentar.



Fonte: Fortaleza (2020).

Ao receber o esgoto doméstico, inicia-se uma série de reações na matéria orgânica devido à atividade microbiana presente nas fezes. Essa carga possui altas taxas de concentrações poluentes, orgânicos biodegradáveis, poluentes orgânicos recalcitrantes, metais, nutrientes, organismos patogênicos, sólidos em suspensão, calor e radioatividade. Esse tipo de fossa é responsável pelo maior nível de contaminação no lençol freático, devido à inexistência de material isolador deixando os efluentes atingir as águas subterrâneas (FAUSTINO, 2007).

Mesmo sendo um método deficiente, a alternativa de se dispor o esgoto doméstico em fossa rudimentar é para garantir a separação higiênica de pessoas e seus excretos. É bastante comum a sua utilização em regiões menos favorecidas, a sua construção é motivada pelo descaso do poder público na prestação de sistema de esgotamento sanitário e o desconhecimento de alternativas mais seguras e também o seu baixo custo (NASCIMENTO, 2018). As características negativas desse sistema são sua agressividade com a destinação incorreta do esgoto,

gerando prejuízo como explosões, transbordando a carga poluente, proliferando vetores de contaminação no solo e no lençol freático (TEIXEIRA *et al.*, 2018).

Outra alternativa de grande uso onde não há rede coletora, transporte, tratamento e disposição adequada de esgoto é a fossa séptica, que consiste em uma abertura no solo, revestida com material de proteção e que receberá dejetos humanos. São dispositivos de tratamento primário de esgoto, com o objetivo de remoção da matéria orgânica sedimentável (DAMASIO *et al.*, 2018).

Essa é uma opção considerada segura devido seu processo anaeróbico, onde a ação de microrganismos que dispensam a presença de oxigênio dissolvido, consomem a matéria orgânica e por meio de atividades metabólicas se replicam sem a necessidade de oxigênio, transformando a matéria em lodo e gás. No fim, se obtém uma água residuária pré-tratada, que passa por um sumidouro e à medida que percorre as camadas do solo, sua DBO solúvel e coloidal vai sendo depurada e outras ações físicas e químicas tendem a melhorar a qualidade dessa água (DAMASIO *et al.*, 2018).

Mas para desenvolver o sistema de tratamento de forma correta e não oferecer risco de contaminação, a fossa séptica precisa seguir algumas restrições quanto a sua localização. O posicionamento da fossa é o aspecto construtivo mais importante, refletindo no devido funcionamento, evitando a contaminação do lençol freático. A fossa deve ter fácil acesso para manutenção, mas manter uma distância de construções, do lençol freático e de águas superficiais ou locais de ingestão de água, devendo estar, de preferência, a jusante das zonas e abastecimento. Situadas na zona não saturada, em um terreno sem depressões, zonas de baixo relevo ou zonas pantanosas, impedindo a flutuação do tanque ou seu alagamento. O solo também traz algumas características que devem influenciar a construção, pois estão diretamente relacionados com a condutividade hidráulica e velocidade que a água subterrânea desloca (DAMASIO *et al.*, 2018).

As dimensões podem variar de acordo com o número de usuários, o material deve garantir impermeabilidade e durabilidade, dependendo do solo onde será escavado, na Figura 13 é utilizado um modelo pré-moldado. Antes do seu uso, deve ser submetida aos ensaios de estanqueidade e precisa garantir que a construção e operação sigam a norma técnica NBR 7.229/1993 que trata especificamente sobre o tema. Por fim, a sua manutenção deve ser realizada de forma periódica, definida por técnico especializado, com a limpeza e remoção do

lodo e espuma presente no reservatório. Deverá ser realizado por profissional especializado que utilize maquinário adequado e reloque o lodo para local apropriado (FUNASA, 2013).

Figura 13 – Fossa séptica pré-moldada.



Fonte: Esgotécnica (2020).

A fossa séptica é um dispositivo de tratamento primário, realizando a remoção de matéria orgânica sedimentar. Seu uso é considerado simples e fácil de ser construído, fator facilitador para regiões precárias e sem rede de esgoto, mas deve ter muito cuidado, dado seu potencial poluidor caso não seja bem executado e mantido de forma correta. Infelizmente é comum observar o mau uso dessas fossas, provocando o transbordamento e vazamentos de esgoto para o solo e poluição das águas subterrâneas (SANTOS, 2016).

A contaminação microbiológica da água se dá, principalmente, pelo despejo indevido do esgoto doméstico. A fossa séptica ao transbordar, sua matéria orgânica ficará exposta, sendo absorvida pelo solo e contaminando os poços de abastecimento e o lençol freático. Em decorrência disso, pode ocorrer, por exemplo, o aumento da quantidade de nitrogênio no solo, que irá se transformar em nitrato, que possui grande mobilidade e encontrará maior facilidade de percolação até as águas subterrâneas. O nitrato é usado como indicativo para averiguar se a água de abastecimento está contaminada pela atividade por efluentes domésticos (ELIAS, 2014).

O nitrato é um composto químico formado de forma natural quando o nitrogênio se associa com o oxigênio ou ozônio. Em altas concentrações, o nitrato apresenta um grande risco para a saúde pública, em especial para crianças e mulheres grávidas, podendo causar grandes intoxicações (SUZUKI, 2013).

Outro fator de contaminação é a existência de fósforo, podendo estar presente como ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Também frequentes na decomposição da matéria orgânica nos esgotos domésticos, sua presença em altas concentrações demonstram influência para contaminação (ELIAS, 2014).

2.2.3 Panorama do saneamento em Fortaleza

A água potável, que abastece Fortaleza para o consumo doméstico, tem origem na captação superficial pelos açudes Gavião e Riachão/Pacoti. Das 160 Estações de Tratamento de Água em todo o Ceará, duas estão localizadas em Fortaleza, a Estação de Tratamento de Água (ETA) Gavião e a ETA Oeste. Em conjunto elas abastecem o Sistema Integrado de Fortaleza e Região Metropolitana (CAGECE, 2020a).

A empresa responsável pelo serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário no município de Fortaleza/CE é a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e está sob a administração do Governo do Estado do Ceará, vinculada a Secretaria Estadual de Infraestrutura (SEINFRA) (OLIVEIRA, 2020). A CAGECE é responsável pelos serviços de abastecimento de água de 152 municípios do estado, com cerca de 5,5 milhões de cearenses beneficiados com os serviços prestados (CAGECE, 2020b).

De acordo com a Lei Complementar de nº 0270, o Código da Cidade, que dispõe sobre regras e posturas referente ao município de Fortaleza, declara que toda edificação tem a obrigação de possuir um sistema próprio para abastecimento de água potável e sistema de coleta de esgotos, sendo estes executados de acordo com normas técnicas específicas, seguindo regulamentação federal, estadual e municipal, estando ambas administradas por concessionária de serviços. O Código da Cidade também explica que caso não haja rede pública de esgoto, caberá ao construtor, empreendedor e incorporador, providenciar uma infraestrutura necessária para o tratamento de esgoto (FORTALEZA, 2019).

Ainda segundo o Código da Cidade, não será permitido o descarte de esgoto ou águas residuais e de lavagens nas sarjetas dos logradouros ou em galerias de águas pluviais, salvo os efluentes devidamente tratados e com prévia anuência de Órgão Municipal competente. Essa ligação só será possível se não houver outra opção, estando o responsável pela edificação, encarregado de manter o tratamento exigido, devendo este atender aos padrões de lançamento determinados pelas legislações federal, estadual e municipal, e licenciados pela Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA) (FORTALEZA, 2019).

Sobre o assunto, a Lei Complementar nº 162 institui a Política Estadual de Abastecimento de Água e Esgoto no Estado do Ceará e declara que na ausência de rede pública de esgotamento sanitário, serão admitidas soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final para o esgoto sanitário, sendo necessário seguir as normas da entidade regulamentadora e dos órgãos responsáveis pela política ambiental sanitária (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2016).

A política estadual também expõe que o Sistema Estadual de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do estado deverá ser fiscalizado e administrado por um conjunto de agentes institucionais como a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), empresas privadas, a Agência Reguladora do Estado do Ceará (Arce), agências regulamentadores municipais, inclusive os consórcios intermunicipais para regulação, entidades prestadoras e gestoras de serviços rurais, a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) e a Secretaria das Cidades (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2016).

O abastecimento de água realizado pela CAGECE é de aproximadamente 98,66%, atendendo mais de 2,6 milhões de pessoas. Em relação ao esgotamento sanitário, abrange apenas 42,96%, com mais de 4.920,93 quilômetros de rede de esgoto. Para o esgotamento sanitário, 61% da população possuem coleta e tratamento de esgoto pela concessionária, 36,76% opta pelo uso de soluções individuais e 2,24% não possuem coleta, nem (CAGECE, 2020b).

De acordo com a Agência de Fiscalização de Fortaleza (AGEFIS), a partir de denúncias feitas pela população ou falta de informações no sistema, o órgão municipal e a CAGECE, realizam vistorias para identificar a existência do lançamento ilegal de efluentes. Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (Abes), algumas edificações se negam a realizar a

interligação, por achar mais viável financeiramente o uso de fossas como sumidouros, mas muitas vezes as fossas não estão de acordo com as normas técnicas brasileiras e contaminam o lençol freático. Outro problema também verificado é a realização do desvio de uma fossa para a rede pública, realizada por profissionais não capacitados para o serviço. No geral, a rede coletora é positiva, mas está suscetível a condutas que provocam a poluição do lençol freático (PORTAL, 2018).

De acordo com os dados já coletados e com os estudos para o Plano Fortaleza 2040, observa-se que as áreas de grande densidade e precariedade são potenciais para proliferação de doenças decorrentes da falta de saneamento, constatando a necessidade de políticas públicas para instalação de rede de esgoto eficiente (FORTALEZA, 2017).

Apesar disso, a poluição devido ao descarte incorreto de efluentes não é uma particularidade dos bairros pobres da cidade, onde existe uma grande densidade populacional, aliada a um perfil de população com baixos rendimentos financeiros e tímida presença do estado em obras de esgotamento sanitário. Este desaparelhamento sanitário é observado também nos bairros que concentram um perfil de população com rendimentos médios e altos, exemplo disso é o que ocorre no bairro Meireles, onde está a turística praia do Mucuripe. Este bairro concentra-se a maior especulação imobiliária e comercial da cidade. Em toda a extensão da orla marítima é verificado a existência de galerias pluviais ou de drenagem, onde esgotos estão ligados clandestinamente, sendo assim foco de contaminação por micro-organismos fecais (LEITE; SOARES, 2013).

A contaminação das águas superficiais e subterrâneas é um problema presente na cidade de Fortaleza, seja nos bairros de periferia ou de classe média e alta, como assim demonstrado na Figura 14 e 15, mostrando a deficiência e inexistência de um sistema de esgotamento sanitário (G1, 2020a; 2020b).

Figura 14 – Mancha escura aparece no mar da orla de Fortaleza.



Fonte: G1 CE (2020).

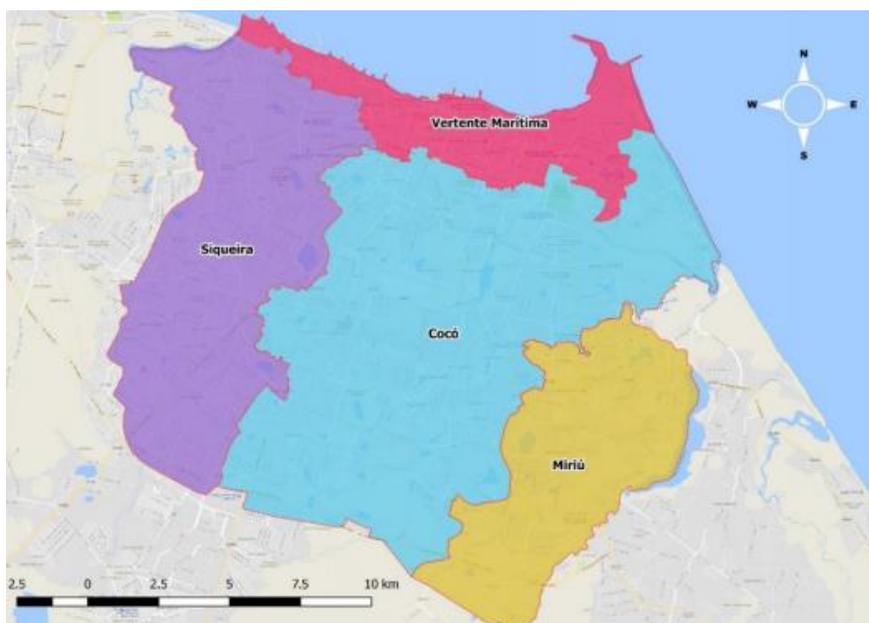
Figura 15 – Comunidade do Gengibre, Regional II.



Fonte: G1 CE (2020).

Nesses locais observa-se que a população fica exposta e vulnerável às consequências destas águas residuárias que contêm altas concentrações de patógenos (LEITE; SOARES, 2013). A cidade de Fortaleza é subdividida em quatro bacias de esgotamento sanitário: Bacia da Vertente Marítima, Bacia do Siqueira, Bacia do Miriú e Bacia do Cocó, como demonstrando na Figura 16 (FERNANDES, 2017).

Figura 16 – Bacias de esgotamento sanitário de Fortaleza/CE.



Fonte: Fernandes (2017).

Essas bacias recebem o esgoto através dos interceptores, e na sequência são encaminhadas para a estação de pré-condicionamento, que remove o material sólido e flutuante do esgoto. Esse tipo de sistema é nomeado de sistema de disposição oceânica de esgotos sanitários de Fortaleza (SDOES), a estação é constituída de gradeamento mecanizado, sete peneiras rotativas de grande porte e desarenadores, essa remoção representa o tratamento preliminar. Após a fase preliminar do esgoto afluente a estação, este é direcionado para o emissário submarino que vai despejar o material no mar, onde devem estar longe da orla marítima, cerca de 3.300 metros da costa e com uma profundidade de 16 metros (FERNANDES, 2017).

2.3 Doenças de veiculação hídrica e seus patógenos

O transtorno causado pela poluição ambiental afeta economicamente, visualmente e, principalmente, impacta na saúde de uma população, que se torna exposta aos perigos de contaminação pela inexistência de saneamento adequado, e suscetível as doenças de veiculação hídrica (PAIVA; SOUZA, 2018). Relacionar-se com um ambiente insalubre significa estar vulnerável aos mais diversos tipos de infecções. A qualidade da água de consumo e a coleta, tratamento e despejo de

efluentes configuram-se os vilões para a degradação dos recursos hídricos e da saúde da população (TEIXEIRA *et al.*, 2018).

As doenças de veiculação hídrica são as enfermidades propagadas utilizando a água como veículo de agentes infecciosos. Essa contaminação pode ser realizada de diferentes formas e agentes contaminantes, podendo ser por matéria orgânica, organismos patogênicos ou metais pesados (BRASIL, 2006). As enfermidades associadas à água podem ser divididas em: doenças transmitidas pela água (hepatite A, cólera, febre tifoide etc.), doenças vinculadas à falta de higiene (impetigo, escabiose, pediculose etc.), doenças propagadas pelo contato (esquistossomose) e, por fim, as doenças transmitidas por vetores de habitat aquático (dengue, febre amarela, malária etc.) (FEACHEM *et al.*, 1983).

O Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) registrou em 2013, doenças relacionadas à poluição hídrica, como: cólera, febre tifoide e paratifoide, amebíase, diarreia, esquistossomose e outras doenças infecciosas intestinais, são responsáveis por 3,15% das internações totais no Brasil, como demonstrado na Tabela 1. Ainda sobre essa pesquisa, foi visto que o Norte e o Nordeste apresentam um alto nível de internações, ambos com 6%, sendo mais que a média nacional de 3,5% (PAIVA; SOUZA, 2018 apud DATASUS, 2013).

Tabela 1 – Indicadores de saúde para doenças relacionadas à poluição hídrica.

LOCALIZAÇÃO	TAXA DE INTERNAÇÃO	DIP PROPORÇÃO DE INTERNAÇÕES	PROPORÇÃO DE GASTOS	DOENÇAS RELACIONADAS À POLUIÇÃO HÍDRICA		
				TAXA DE INTERNAÇÃO	PROPORÇÃO DE INTERNAÇÕES	PROPORÇÃO DE GASTOS
BRASIL	430,38	7,74	6,82	175,55	3,15	0,99
NORTE	690,32	11,67	8,93	358,09	6,05	2,88
NORDESTE	623,28	11,4	8	337,88	6,18	2,23
SUL	353,11	5,34	5,21	114,45	1,73	0,48
SUDESTE	275,74	5,37	6,82	56,08	1,09	0,34
CENTRO-OESTE	437,12	7,43	5,82	155,12	2,63	0,88

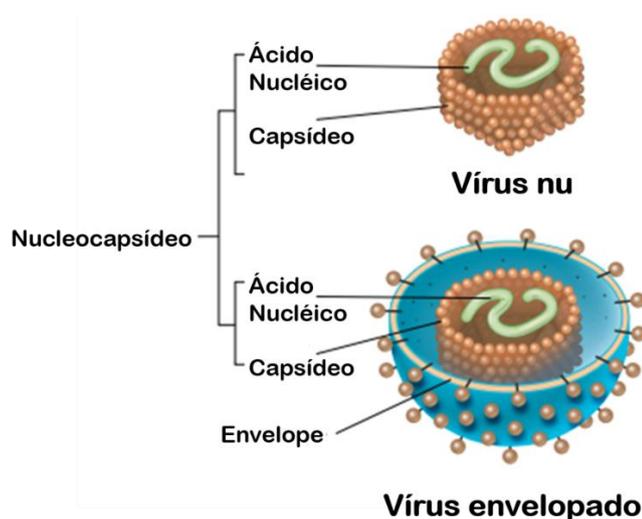
Fonte: Paiva e Souza (2018) apud Datasus (2013).

As doenças de veiculação hídrica, na maioria dos casos, são propagadas pelo consumo de água contaminada pela rota fecal-oral. Essas águas receberam de forma direta ou indireta, dejetos fecais com cistos e ocistos de protozoários, ovos de helmintos, bactérias patogênicas e patógenos virais. Os vírus estão em destaque, devido sua resistência aos fatores ambientais, podendo permanecer ativos após um tratamento de água e esgoto infectados (BOSCH *et al.*, 2008).

2.3.1 Vírus Humanos de veiculação hídrica

Os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios, sendo assim completamente dependentes de outra célula para sua reprodução. Possuem como estrutura básica dois componentes: ácido nucléico e um envoltório de proteínas (capsídeo), como demonstrado na Figura 17 (THEY, 2021).

Figura 17 – Vírus nus e envelopados.



Fonte: Madugan *et al.* (2019) apud They (2020).

O estudo sobre esses microrganismos no meio hídrico está ligado com sua qualidade, o estudo de vírus nas águas teve início após um surto de Hepatite A em Nova Délhi na Índia, na década de 50, em decorrência de um esgoto não tratado (TAVARES *et al.*, 2005). Os vírus entéricos são considerados os dominantes nas causas de doenças hídricas, com 30% a 90% das inflamações no tubo digestivo, incluindo estômago e intestino (BOSCH *et al.*, 2008). Normalmente, os vírus entéricos, são introduzidos no meio ambiente por meio de atividades humanas, com a presença da construção de sistemas de fossas, pela presença de resíduos de atividades industriais e agrícolas, e principalmente, pelo despejo de dejetos não tratados, ou tratados de forma incorreta, despejados em águas superficiais. estão presentes no trato intestinal e podem ser eliminados pelas fezes (FONG; LIPP, 2005).

Os vírus transmitidos através da água, seja de forma direta ou indireta, são conhecidos como vírus de veiculação hídrica, e seus principais agentes são: adenovírus humano (HAdV), rotavírus do grupo A (RVA), vírus da hepatite A (HAV) e

os poliomavírus do tipo JC (JCPyCV). Os vírus HAdV, RVA e HAV podem ser excretados em grandes concentrações nas fezes de humanos infectados (BOSCH *et al.*, 2008). Todos estes mencionados possuem uma alta resistência às condições ambientais adversas, permanecendo vivos por longos períodos no meio hídrico, resistindo às condições desfavoráveis e letais á outros microrganismos, como: pH, temperatura elevada, salinidade, radiação ultra-violeta (U.V) pela luz solar e outros (LEY *et al.*, 2002; GRIFFIN *et al.*, 2008). Esses vírus, diferentemente das bactérias, se mostram resistentes também a inativação realizada pelas estações de tratamento com o uso de cloro e radiação U.V. A presença desses vírus não são relacionadas com a presença de bactérias (FONG; LIPP, 2005).

2.3.2 Coronavírus (SARS-CoV-2)

Há mais de um ano, a população mundial sofre uma crise sanitária que teve início no final do ano de 2019, causada pelo novo coronavírus, causador da doença COVID-19, caracterizada por uma síndrome respiratória grave. Esse surto teve início na cidade de Wuhan, na China, e sua contaminação percorreu o planeta Terra. A Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou a situação como uma pandemia e de emergência pública internacional (GORMLEY; ASPRAY; KELLY, 2020).

O novo coronavírus faz parte da família de vírus já conhecida, as coronaviruses são vírus envelopados de fita simples de RNA, que se dividem em quatro tipos: alfa coronavírus, beta coronavírus gama coronavírus e delta coronavírus (FIGUEIREDO, 2020). A SARS-CoV-2, o novo coronavírus, possui uma semelhança de 82% com o SARS-CoV, que também causa uma síndrome respiratória aguda, sendo também do tipo beta coronavírus. Em 2003, um relatório da OMS, constatou que um problema na tubulação do sistema de esgotamento sanitário de um condomínio em Hong Kong, pode ter causado o transporte de carga viral através do encanamento dos banheiros (GORMLEY; ASPRAY; KELLY, 2020).

Devido essa ocorrência e a semelhança dos vírus, pesquisas foram realizadas na rede de esgoto para avaliar a presença e sobrevivência do novo coronavírus, e como resposta observaram a sobrevivência deste por até 14 dias em esgotos a 4 graus Celsius e de até 2 dias a 20 graus Celsius. Os estudos publicados por Holshue *et al.*, (2020) e Xiao *et al.*, (2020), constatou fragmentos do RNA do

SARS-CoV-2 nas fezes de pacientes já curados. Essas pesquisas deixam novos questionamentos para serem estudados: O novocoronavírus pode ser detectado em água de abastecimento? Pode ocorrer uma nova forma de contaminação, sendo esta fecal-oral?

Alguns pesquisadores relatam que existe uma possibilidade de o sistema de esgotamento sanitário agir como vetor dos microrganismos patogênicos causadores das coronavíroses. A literatura explica que a concentração de vírus no esgoto depende, principalmente de: carga viral da doença na população, composição do esgoto, podendo favorecer ou não a sua sobrevivência, a temperatura, os tratamentos adequados do esgoto e a disposição final do esgoto tratado, sendo este em rio, solo, oceanos, águas subterrâneas etc. (METCALF *et al.*, 1995).

Um estudo realizado pela ANA, na cidade de Fortaleza em junho de 2021, em 10 pontos da cidade encontrou concentrações do vírus em amostras de esgoto em mais de 70 bairros da cidade, incluindo o bairro Barra do Ceará (DIÁRIO DO NORDESTE, 2021) (ANA, 2021).

3 METODOLOGIA

3.1 Tipologia da pesquisa

A pesquisa realizada nesse trabalho teve como objetivo traçar uma sequência de conceitos e impactos, buscando retratar o melhor entendimento sobre a relevância do saneamento ambiental para o adequado uso das águas subterrâneas, resguardando a qualidade das águas de abastecimento, com o objetivo de proporcionar a saúde da população. A pesquisa contou com um amplo levantamento bibliográfico.

O método de pesquisa desse estudo foi o método qualitativo, abordando uma análise investigativa, interpretativa e subjetiva, tratando situações, estudos e discursões já conhecidas, agrupando todas as informações para uma análise final, sendo assim demonstrada uma situação verídica e atual da nossa realidade. O objetivo desse estudo foi explorar as fontes de abastecimento de água potável, em específico das águas subterrâneas, e o impacto da falta de saneamento urbano que reflete na contaminação destes aquíferos, com riscos potenciais de propagar doenças de veiculação hídrica.

A fim de comprovar os problemas que interligam o saneamento e a saúde, foi demonstrado na pesquisa que a sociedade vive, se relaciona e sofre com a ineficiência do sistema. O presente estudo produzido é assim caracterizado como explicativo, relatando em toda a pesquisa as ligações e dependência dos assuntos e fenômenos, proporcionando o conhecimento da realidade.

3.2 Ordenamento das etapas da pesquisa

A pesquisa apresenta uma temática significativa e de grande relevância para a saúde de uma população, dependendo de ações governamentais e tecnologias para sanar a problemática. Buscaram-se exaustivamente publicações científicas recentes, sem a preocupação da demarcação de períodos para as publicações pesquisadas. Toda a definição de estruturação foi realizada seguindo-se algumas etapas e utilizaram-se como palavras-chave os tópicos: Saneamento Básico, Indicadores de Saúde, e Doenças de veiculação hídrica.

Utilizou-se a base de artigos da plataforma SCIELO, levando em consideração que são artigos nacionais, estabelecendo a prioridade para publicações de revistas com áreas de concentração em doenças de veiculação hídrica e suas relações com os bairros que apresentam defasagem nas ações de saneamento.

Também foram usados como fonte de pesquisa os sites de agências e órgãos, nacionais e estaduais, como da Associação Brasileira de águas subterrâneas (ABAS), da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), do Ministério da Saúde, Ministério do Desenvolvimento Regional, Trata Brasil, Instituto da pesquisa econômica aplicada (IPEA), Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), Fundação Oswaldo cruz (FIOCRUZ), Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) e da Agência Nacional das águas (ANA).

A referida pesquisa, também investigou as legislações pertinentes, trazendo a tona informações do Código de obras e posturas do município de Fortaleza e de outras providências (lei nº 5530/81), da Lei de saneamento básico do Brasil (lei nº 11445/07) e do Marco legal do saneamento básico (lei nº 14026/20).

Para completar o estudo, apresentam-se dados estatísticos coletados no Anuário do Ceará, no Sistema Nacional de Informações sobre saneamento (SNIS), na Secretária da saúde do Estado do Ceará (SESA), nos Programa cidades sustentáveis, Instituto de Pesquisas e Estratégias Econômicas do Ceará (IPECE) e do Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE). Os dados foram coletados de forma periódica, dentre os anos de 2010 e 2020.

Com os artigos identificados e selecionados, coletânea de dados de órgãos públicos e relatórios e legislações aplicáveis, formou-se um portfólio para a análise profunda e discussão das questões que envolvem o saneamento, no que tange a evolução do consumo de água no processo de urbanização na cidade de Fortaleza; enquanto problema de saúde pública e a vulnerabilidade das águas subterrâneas aos processos de contaminação com determinação do risco potencial de contaminação destas águas.

Esta leitura mostrou-se esclarecedora e pertinente, sobretudo com o desenrolar dos atuais problemas enfrentados ao redor dos países acerca da pandemia em curso. Assim, foi possível construir análises e interpretações dos condicionantes de saneamento e saúde na localidade estudada, trazendo à tona

recorrentes lacunas de ações no âmbito do saneamento básico, bem como a proposição de uma alternativa de solução.

3.3 Local de estudo

As amostras de água para o estudo foram retiradas de uma mesma região, o bairro Barra do Ceará, caracterizado como a região de maior população em Fortaleza, onde 79.346 habitantes se dividem em uma área de 3,5 km². O bairro escolhido apresentou, em fevereiro de 2021, o maior índice de mortes por Covid-19 em Fortaleza e em comparação com 8 cidades cearenses com número maior de habitantes (DIÁRIO DO NORDESTE, 2021).

Os locais escolhidos para a coleta foram residências deste bairro que possuem o abastecimento exclusivo de poço subterrâneo e do rio Ceará, manancial que passa pelo bairro e que desagua na praia da Barra do Ceará, assim demonstrada na Figura 18.

Figura 18 – Demarcação do bairro Barra do Ceará.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Por ser considerado o bairro mais antigo de Fortaleza, onde sua colonização teve início em 1612 pelo português Martim Soares Moreno (CEARA, 2016), é muito comum na região que as residências utilizem o abastecimento de água subterrânea. O Rio Ceará foi escolhido para compor esse estudo devido as constantes denúncias sobre o despejo inadequado de esgoto doméstico em suas águas, por sua proximidade com o bairro e com a praia da Barra do Ceará e por também ser abastecido por lençol freático, objeto desse trabalho.

O local escolhido é banhado por importantes mananciais, o rio Ceará e a praia Barra do Ceará, representando uma área costeira de importante valor científico, social, ambiental e econômico, caracterizando um local que serve de área de lazer, sustento e transporte para a população e visitantes, assim demonstradas na Figura 19.

Figura 19 – Junção do rio Ceará com a praia da Barra do Ceará.



Fonte: Diário do Nordeste (2019).

3.4 Plano de amostragem

As coletas foram realizadas seguindo as diretrizes de coleta conforme o APHA, (2017). A programação teve início nas residências familiares, e por último no rio. A Tabela 2 relaciona os locais percorridos e seus respectivos pontos, onde a água foi subtraída.

Tabela 2 – Locais das coletas de amostras.

COLETA	LOCAIS	PONTO COLETADO
Coleta nº 1	Residência 1 - Casa	Torneira da cozinha
Coleta nº 2	Residência 2 - Edifício	Torneira da cozinha
Coleta nº 3	Residência 3 - Casa	Torneira da garagem
Coleta nº 4	Manancial - Rio	Há 500 metros da ponte

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Após as coletas, as amostras seguiram para dois laboratórios localizados na cidade de Fortaleza, o Laboratório Bio Análise Pascoal e Laboratório Professor Eleutério, onde as coletas foram entregues no mesmo dia. Um terceiro laboratório, Laboratório de Virologia Aplicada, localizado em Santa Catarina, recebeu as amostras 72 horas depois, no qual, o envio se deu por via aérea por meio de uma empresa exportadora local denominada FGP Prime. O envio para o terceiro Laboratório, foi realizado em embalagens de isopor com gelo seco, de modo a conservar as amostras, conforme diretrizes estabelecidas em APHA, 2017. A Tabela 3 apresenta os laboratórios e suas respectivas análises e exames realizadas, bem como o volume de amostra entregue.

Tabela 3 – Laboratório, pesquisas realizadas e quantidade de água aferida.

LABORATÓRIO	ANÁLISES / EXAMES	QUANTIDADE DE ÁGUA
BIO ANÁLISE PASCOAL	FÍSICO - QUÍMICA	200 ML
	COLIFORMES TOTAIS E TERMOTOLERANTES	
	BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS	
PROFESSOR ELEUTÉRIO	SARS-CoV-2	100 ML
LABORATÓRIO DE VIROLOGIA APLICADA - UFSC	ADENOVÍRUS HUMANO	2 LITROS

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A Figura 20 apresenta as amostras de água coletada, as identificações marcadas nos frascos e as codificações para referenciar o tipo de determinação a ser realizada.

Figura 20 – Amostras coletadas e suas identificações para referenciar o tipo de determinação a ser realizado nos diferentes laboratórios.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

3.5 Caracterização físico-química e exames microbiológicos da água de estudo

Os parâmetros físico-químicos avaliados, bem como os exames microbiológicos foram confrontados com o padrão de potabilidade estabelecidos pela Portaria no. 888 do Ministério da Saúde do Brasil, de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021).

A Tabela 4 apresenta os parâmetros físico-químicos analisados nas águas de estudo, seus métodos analíticos utilizados e as referências.

Tabela 4 – Análises físico-química realizadas para a água de estudo.

PARAMETROS	METODOS ANALITICOS	REFERENCIA
Alcalinidade em bicarbonetos (mg CaCO ₃ /L)	2320 B Titration Method	APHA, 2017
Alcalinidade carbonatos (mg CaCO ₃ /L)	2320 B Titration Method	APHA, 2017
Alcalinidade hidróxidos (mg CaCO ₃ /L)	2320 B Titration Method	APHA, 2017
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	2320 B Titration Method	APHA, 2017
Cálcio (mg Ca 2+/L)	3500 Ca EDTA Titrimetric Method	APHA, 2017
Cloretos (mg Cl -/L)	4500 Cl ⁻ B Argentometric	APHA, 2017
Condutividade elétrica (mS/cm)	2510 B Laboratory Method	APHA, 2017
Co ₂ livre (mg CO ₂ /L)	4500 CO ₂ B Nomographic determination	APHA, 2017
Dureza de cálcio (mg CaCO ₃ /L)	2340 B Hardness by calculation	APHA, 2017
Dureza de magnésio (mg CaCO ₃ /L)	2340 B Hardness by calculation	APHA, 2017
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	2340 C EDTA Titrimetric Method	APHA, 2017
Ferro total (mg Fe/L)	3500 B Phenanthroline Method	APHA, 2017
Fluoretos (mg F-/L)	4500 D. SPADNS Method	APHA, 2017
Magnésio (mg Mg ²⁺ /L)	3500 Mg B Calculation Method	APHA, 2017
Nitratos (mg N-NO ₃ /L)	Método do Salicilato de Sódio	J. Rodier, 1990
Nitritos (mg N-NO ₂ /L)	4500 B Colorimetric Method	APHA, 2017
Oxigênio dissolvido (mgO ₂ /L)	4500-O C. Azide Modification	APHA, 2017
pH (Recomendado)	4500 - H + B Eletrometric Method	APHA, 2017
Potássio (mg K+/L)	3500 K B Flame photometric Method	APHA, 2017
Residual de cloro (mg Cl ₂ /L)	4500 - Cl G DPD Colorimetric Method	APHA, 2017
Sódio (mg Na+/L)	3500 Na B Flame emission photometric	APHA, 2017
Sólidos dissolvidos (mg/L)	2540 Solids B Total solids dried at 103-105° C	APHA, 2017
Salinidade (%)	2520 B Electrical Conductivity Method	APHA, 2017
Turbidez (UNT [*4])	2130 B Nephelometric Method	APHA, 2017
Temperatura da amostra (°C)	2550 B Laboratory and fold Method	APHA, 2017
Temperatura do ambiente (°C)	2550 B Laboratory and fold Method	APHA, 2017

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A Tabela 5 apresenta os exames microbiológicos realizados nas águas de estudo, bem como as metodologias utilizadas e as referências.

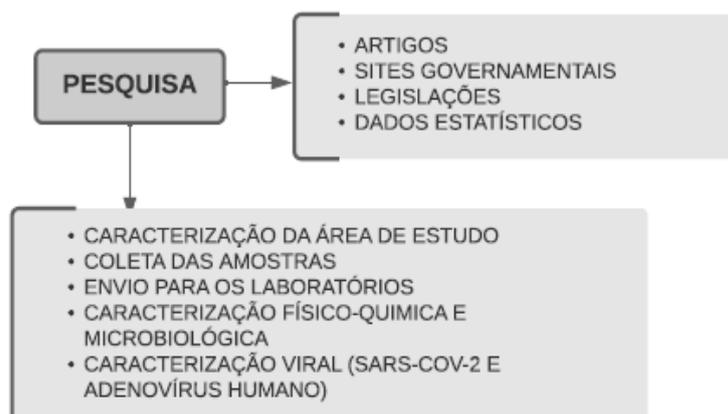
Tabela 5 – Exames microbiológicos realizados nas amostras coletadas da água de estudo.

PARAMETROS	METODOLOGIA	REFERENCIA
Coliformes totais	9221 D Presence-Absense (P-A) Coliform test	APHA, 2017
Coliformes Termotolerantes	9221 F Escherichia coli Prodedure (proposed)	APHA, 2017
Bactérias heterotróficas	Membrana filtrante	APHA, 2017
SARS-CoV-2	RT-qPCR	Toptan et al., 202
Adenovírus humano	Membrana eletronegativa	Katayama, Shimasaki & Ohgaki (2002)

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os testes para averiguar a existência de Adenovírus Humano, foram realizados por meio do método de adsorção-eluição descrito por Katayama, Shimasaki & Ohgaki (2002), seguida de reconcentração em dispositivo Centriprep® YM50 (Millipore). Para averiguar a existência do novo coronavírus, o SARS-CoV-2, as amostras de água, um total de 45 mL, foram centrifugadas a 4700 x g durante 30 minutos sem interrupção, e o sobrenadante claro foi colhido. Foi realizado o método RT-PCR Real Time Allplex™ 2019-nCoV Assay – Seegene automatizado.

Assim, este trabalho realizou uma vasta pesquisa bibliográfica e laboratorial, sendo esta realizada em etapas a seguir demonstrada:



4 RESULTADOS

4.1 Caracterização das águas de estudo

A contaminação das fontes de água, superficiais e ou subterrâneas, em áreas rurais ou urbanas, pode estar associada à ausência de manutenção do corpo hídrico, localização inadequada do poço e até mesmo a precariedade no trato com a higiene pessoal e com a água antes do consumo. Vale ressaltar que, essa condição de contaminação das reservas hídricas utilizadas como fonte de abastecimento tem relação direta com os despejos domésticos, industriais e ao chorume proveniente de lixões e ou aterros controlados que percolam e atingem águas subterrâneas, ou escoam e se encontram com as águas de superfícies (FREITAS; ALMEIDA, 1998).

Importantes parâmetros que traduzem o nível de qualidade das águas fazem parte do escopo físico-químico, enquanto outros são caracterizados por identificar espécies microbiológicas patogênicas presentes. Na lista dos parâmetros físicos e químicos, estes ganham maior notoriedade: cor, turbidez, odor, sabor, temperatura e condutividade elétrica. E no aspecto biológico, se destacam os indicadores de contaminação que pertencem aos grupos das bactérias Coliformes. Esses conjuntos de informações mostram-se fundamentais no diagnóstico de qualidade de uma fonte de água, principalmente, na aferição de sua potabilidade ou na seleção de tecnologias para sua adequação à qualidade potável (LARSEN, 2010).

4.1.1 Resultados físico-químicos – amostras da água de consumo da Residência 1

A Tabela 6, apresenta os resultados das análises físico-químicas realizadas nas amostras de água, provenientes de poço, utilizadas como fonte de abastecimento para a residência 1.

Tabela 6 – Resultados físico-químicos para as amostras de água coletadas na Residência 1.

RESIDÊNCIA 1				
TEMPERATURA °C	COR: [*1]	SABOR: [*2]	ODOR: [*2]	ASPECTO:
AMOSTRA: 27,8	14,0	NO	NO	LÍMPIDO
AMBIENTE: 28,8				
PARÂMETROS ANALISADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF PORTARIA PRC 5 MS		
		VMP [*3] UNIDADE		
Alcalinidade em bicarbonetos	30,47	-	-	mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade carbonatos	0,00	-	-	mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade hidróxidos	0,00	-	-	mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade total	30,47	-	-	mg CaCO ₃ /L
Cálcio	13,46	-	-	mg Ca 2+/L
Cloretos	39,40	250	-	mg Cl ⁻ /L
Condutividade elétrica	0,380	-	-	mS/cm
Co ₂ livre	60,00	-	-	mg CO ₂ /L
Dureza de cálcio	33,68	-	-	mg CaCO ₃ /L
Dureza de magnésio	45,12	-	-	mg CaCO ₃ /L
Dureza total	78,80	500	-	mg CaCO ₃ /L
Ferro total	0,08	0,3	-	mg Fe/L
Fluoretos	0,04	1,5	-	mg F ⁻ /L
Magnésio	10,97	-	-	mg Mg ²⁺ /L
Nitratos	10,93	10,0	-	mg N-NO ₃ /L
Nitritos	0,02	1,0	-	mg N-NO ₂ /L
Oxigênio dissolvido	5,23	-	-	mgO ₂ /L
pH	6,05	6,0 a 9,5	-	Recomendado
Potássio	10,0	-	-	mg K ⁺ /L
Residual de cloro	Ausência	0,2 a 2,0	-	mg Cl ₂ /L
Sódio	42,0	200	-	mg Na ⁺ /L
Sólidos dissolvidos	257,73	1000	-	mg/L
Salinidade	0,02	0,05	-	%
Turbidez	2,69	5,0	-	UNT [*4]
[*1] UH - Unidade da escala de Hazen (Platina Cobalto) VMP: 15,0 UH			[*2] NO - Não objetável	
[*3] VMP - Valor Máximo Permissível pela Legislação			[*4] UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Seus moradores da residência 1 fazem uso dessa água, de origem subterrânea, para seu consumo diário não havendo outra fonte de abastecimento presente. Os resultados estão apresentados e podem ser confrontados com os valores máximos permitidos, estabelecidos pela Portaria no. 888 do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Observa-se que, de todos os parâmetros físico-químicos analisados para a água utilizada pela residência 1, o valor obtido para a cor apresenta-se próximo do máximo permitido pela legislação, enquanto os parâmetros turbidez, pH, nitrato e cloro residual, se apresentam com inconformidades quando comparados com os limites estabelecido pela Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil, de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021).

A respeito da cor, pode-se inferir que quando uma água se apresenta com valores próximo ao máximo estabelecido, há um sinal de alerta para se questionar a qualidade dessa água pois, a mesma pode conter poluentes químicos dissolvidos

que sejam nocivos à saúde. Para a residência 1, obteve-se valores de cor de 14 unidades Hazen (uH). De acordo com a Portaria 888/21 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), a água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação para consumo humano, e para tal, preconiza-se valor máximo permitido para cor de 15 unidades Hazen (uH). Embora, não tenha ultrapassado o valor máximo permitido, é importante ficar em alerta para este parâmetro, pois pode haver um risco eminente de contaminação, já presente, para que a cor se mostre com valores dessa magnitude. Segundo Lucas (2007), a cor pode ser causada pela presença de substâncias orgânicas, dissolvidas no corpo hídrico.

No quesito turbidez, que traduz o grau de distorção da luz através do líquido, decorrendo da presença de particulados na água, assim como a cor, mas diferentemente dessa, que é resultado de substâncias dissolvidas, a turbidez é causada por particulados em suspensão, podendo ser de origem dos despejos indevidos de esgotos domésticos, representando um potencial risco de contaminação (BRASIL, 2006).

Para fins de potabilidade, a turbidez deve ser o mais próximo de zero, mesmo dentro dos limites normativos, o que não foi encontrado na água consumida pela Residência 1, apresentando o valor de 2,69 UNT. Embora esteja dentro dos limites da Portaria 888/21 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), que estabelece o limite de 5 UNT, a turbidez, segundo Sperling (2011) é um parâmetro muito utilizado na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, podendo servir de abrigo para organismos patogênicos e assim reduzir a eficiência da desinfecção e estar associada a compostos tóxicos que estão presentes na água.

Quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), o valor obtido para a amostra analisada da residência 1, foi de 6,05; valor que se encontra dentro da faixa permitida pela Portaria 888/21 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021). Entretanto, de acordo com Brasil (2016), o valor do pH reproduz a intensidade do estado ácido ou alcalino do líquido, e isso influi na disposição de compostos químicos e corrobora para um alto ou baixo grau de solubilidade das substâncias, onde defini o potencial de toxicidade de vários elementos. Com base no valor 6,05, referente ao pH obtido para a residência 1, segundo Sperling (2011), valores baixos de pH fazem com que a água apresente certo grau de corrosividade e agressividade nas tubulações e peças de abastecimento. Para Libânio (2010), o pH influencia em vários aspectos, tais como na cor da água devido à sua interferência no grau de solubilidade de

diversas substâncias, na distribuição das formas livres e ionizadas de vários compostos químicos, bem como na definição do grau de toxicidade de diversos elementos.

Para o parâmetro nitrato, a amostra analisada da água da residência 1 apresentou concentração de 10,93 mg N-NO₃/L, estando acima do limite máximo preconizado pela Portaria no. 888 do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021). Esse valor pode ser resultado de não haver coleta de esgoto nas intermediações, pois conforme Barbosa (2005), a falta de sistemas de saneamento *in situ* pode afetar a qualidade das águas subterrâneas no entorno. Ainda corroborando com a constatação, Torres (2011) afirma que os sistemas de esgotamento sanitário do tipo fossa séptica são as principais e mais frequentes fontes de contaminação dos solos e das águas subterrâneas (TORRES, 2011).

Para o nitrato, é importante salientar que há diferentes estados de oxidação para os compostos de nitrogênio encontrados na água, quais sejam, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. Estes compostos nitrogenados podem representar riscos à saúde humana quando presentes na água de consumo pois, a origem dessa contaminação, quando por vias naturais, anuncia presença da matéria orgânica natural e inorgânica, carregadas pelas precipitações no entorno da fonte de abastecimento; e quando antrópica, podem indicar o lançamento indevido de esgotos domésticos neste corpo hídrico, comprometendo a qualidade da água e do ecossistema aquático.

O nitrato, comumente se apresenta nas águas naturais com baixas concentrações e, quando está em altas concentrações, geralmente, está associada ao lançamento de despejos domésticos. As águas subterrâneas podem ser vulneráveis a esta contaminação pela percolação de águas contaminadas através dos interstícios do solo (ALABURDA; NISHIHARA, 1998).

A água da residência 1, com a concentração de nitrato apresentando-se 10,93 mg/L, portanto, acima do limite máximo preconizado pela Portaria no. 888 do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021) que estabelece o máximo de 10mg/L de nitrato. Para Costa (2012) estas águas com concentrações acima de 10mg/L, se consumida por meses, poderá apresentar risco a saúde dos seus usuários, podendo causar risco de câncer do estômago e do esôfago, ou resultar em uma doença conhecida como “Síndrome do bebê azul”, que

ataca bebês menores de seis meses de idade, apresentando tom azulado na pele da criança devido a anaerobiose, que é a ineficiência de oxigênio.

Para o parâmetro Cloro residual, o valor obtido pela análise realizada informa ausência nas amostras de água da residência 1. Isso traduz a condição em que a água é consumida por estes usuários. Mesmo sendo uma água de origem subterrânea, apresenta-se, como foi aventado nos parágrafos anteriores, como uma fonte que potencializa a causa de enfermidades em seus consumidores. E a informação de que esta água não recebe nenhuma dosagem de oxidantes clorados, para fins de desinfecção, fato preocupante no aspecto da segurança hídrica. Para Bazzolli (1993) a cloração aplicada ao tratamento de águas para consumo humano, promove a desinfecção e ou, a oxidação de compostos químicos que possam causar danos à saúde.

Segundo a Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), recomenda-se que a água fornecida ao consumo contenha uma concentração mínima de 0,5 miligramas por litro (mg/L) e máximo de 2 mg/L de cloro residual livre. Além disso, é estabelecido que em qualquer ponto da rede de distribuição a concentração de cloro residual mínima seja igual a 0,2 mg/L.

4.1.2 Resultados microbiológicos – amostras da água de consumo da Residência 1

A Tabela 7, apresenta os resultados dos exames microbiológicos realizados nas amostras de água, provenientes de poço, utilizadas como fonte de abastecimento da residência 1.

Tabela 7 – Resultados microbiológicos para os exames realizados na água da Residência 1.

RESIDÊNCIA 1			
EXAMES REALIZADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF	OUTROS PARAMETROS EXAMINADOS
COLIMETRIA PARA COLIFORMES TOTAIS:	> 200,00 UFC / 100 mL	100 mL da amostra	TEMPERATURA °C Amostra: 27,8 Ambiente: 28,6
COLIMETRIA PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES:	Ausência UFC / 100 mL	100 mL da amostra	ASPECTO DA AGUA LIMPIDO Ph 6,05
CONTAGIO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS:	16,0 UFC/mL	< 500 UFC por 1 mL da amostra	COLORO RESIDUAL mg/L Total: - Livre: Ausência
OBS: UFC (Unidade Formadora de Colônia)			

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Com relação à qualidade microbiológica da água consumida pela residência 1, foi detectada presença de coliformes totais. Resultado que indica

provável contato desta fonte de água com esgotos domésticos e ou, dejetos excretados por animais. A avaliação da evolução desse parâmetro demonstra-se de suma importância, visto que os usuários fazem uso desta água sem a devida correção deste parâmetro microbiológico, como anteriormente aventado, não há presença de cloro residual nesta água consumida pela Residência 1. Apesar da detecção de coliformes totais na água de consumo, esta não guarda uma relação conclusiva com contaminação ou recontaminação de origem fecal, assim, a detecção eventual de coliformes totais na fonte de abastecimento utilizada, não necessariamente é indicativa de contaminação. Por outro lado, coliformes totais servem como indicador da integridade da fonte de água utilizada, como, por exemplo, ocorrência de infiltrações e rupturas nas paredes que compõe a estrutura deste poço que guarda este manancial subterrâneo, podendo resultar em contaminação da água, nesse sentido, amostras positivas podem significar situações de perigo (BRASIL, 2006).

Ainda a respeito do resultado obtido no exame da água utilizada na residência 1, apresentando valor para coliformes totais acima de 200 UFC/100mL, ultrapassando o que preconiza a Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), que recomenda a ausência de células em 100mL de amostras examinadas, vale ressaltar que, esses coliformes são bactérias em forma de Bacilos Gram Negativos, a este grupo pertencem os gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* (BRASIL, 2000). Vários são as razões para a sua presença na água, dentre estas destacam-se, o lançamento de dejetos domésticos, a localização dos poços subterrâneos nas zonas de percolação de águas residuárias lançadas em fossas sépticas, assim como sua construção e profundidade (FERNANDES, 2012). Todavia, os coliformes totais são vinculados à presença de fezes, destacando assim a provável proximidade do poço subterrâneo com possíveis soluções individuais de destinação dos esgotos domésticos, o que sinaliza a desconformidade na qualidade da água impedindo que a mesma seja considerada como fonte de uso sem tratamento (SOUSA, 2019).

É preciso estar alerta, e propor imediatamente, ações de tratamento para adequar a qualidade desta água utilizada na Residência 1 ao padrão potável estabelecido pela Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021). Para Oliveira (2008), uma água com presença de coliformes totais, se consumida, poderá acometer risco para a saúde dos seus

consumidores, com possíveis sintomas de dores abdominais, diarreia, náuseas, vômitos e doenças de veiculação hídrica como febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera.

4.1.3 Resultados físico-químicos – amostras da água de consumo da Residência 2

A Tabela 8, apresenta os resultados das análises físico-químicas realizados nas amostras de água, provenientes de poço, utilizadas como fonte de abastecimento da residência 2.

Tabela 8 – Resultados físico-químicos para as amostras de água coletadas na Residência 2.

RESIDÊNCIA 2				
TEMPERATURA °C	COR: [*1]	SABOR: [*2]	ODOR: [*2]	ASPECTO:
AMOSTRA: 28,0	< 0,1	NO	NO	LÍMPIDO
AMBIENTE: 29,0				
PARÂMETROS ANALISADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF PORTARIA PRC 5 MS		
		VMP [*3]	UNIDADE	
Alcalinidade em bicarbonetos	141,55	-		mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade carbonatos	0,00	-		mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade hidróxidos	0,00	-		mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade total	141,55	-		mg CaCO ₃ /L
Cálcio	85,93	-		mg Ca 2+/L
Cloretos	117,69	250		mg Cl -/L
Condutividade elétrica	1,040	-		mS/cm
Co ₂ livre	14,00	-		mg CO ₂ /L
Dureza de cálcio	214,93	-		mg CaCO ₃ /L
Dureza de magnésio	66,65	-		mg CaCO ₃ /L
Dureza total	281,58	500		mg CaCO ₃ /L
Ferro total	0,06	0,3		mg Fe/L
Fluoretos	0,22	1,5		mg F-/L
Magnésio	16,21	-		mg Mg ²⁺ /L
Nitratos	15,24	10,0		mg N-NO ₃ /L
Nitritos	< 0,01	1,0		mg N-NO ₂ /L
Oxigênio dissolvido	5,39	-		mgO ₂ /L
pH	7,25	6,0 a 9,5		Recomendado
Potássio	21,0	-		mg K+/L
Residual de cloro	Ausência	2		mg Cl ₂ /L
Sódio	104,0	200		mg Na+/L
Sólidos dissolvidos	884,45	1000		mg/L
Salinidade	0,05	0,05		%
Turbidez	0,85	5,0		UNT [*4]
[*1] UH - Unidade da escala de Hazen (Platina Cobalto) VMP: 15,0 UH			[*2] NO - Não objetável	
[*3] VMP - Valor Máximo Permissível pela Legislação			[*4] UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os resultados físico-químicos obtidos para as amostras de água de consumo coletadas na residência 2, estão dispostos na Tabela 8. Observa-se que, diferente das amostras analisadas na água da Residência 1, a água se apresenta com excelente nível de cor, com 0,1 uH dentro dos limites estabelecidos pela Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), a qual estabelece limite máximo de 15uH para o parâmetro cor.

Seguindo esta boa condição apresentada na cor analisada, o parâmetro turbidez para a água utilizada na Residência 2 também se apresentou abaixo do valor verificado na Residência 1 e, bem reduzido em comparação com a legislação. Tendo apresentado 0,85 uT, enquanto que o limite máximo estabelecido pela Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), é de até 5 uT.

Quanto ao nitrato, parâmetro já mencionado presente na água da Residência 1, analisada com concentração superior ao máximo estabelecido pela Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), este também foi encontrado para a água da Residência 2. Em alta concentração o nitrato obtido foi de 15,24 mg N-NO₃/L, ultrapassando 50% do valor aceito pela legislação supracitada, representando alto risco à saúde dos usuários desta água na Residência 2, uma vez que esta pode ocasionar metemoglobinemia em recém nascidos, e em adultos podem ocasionar deficiência de enzimas, câncer de estômago e esôfago (MAGALHÃES; BROTTTO, 2014).

Também foi verificado na amostra analisada para a água da Residência 2, altas concentrações de sólidos dissolvidos, representando um valor de 884,45 mg/L, estando bem próximo do limite de 1000 mg/L descrito na Portaria. Quanto mais próxima do limite, torna-se mais prejudicial e inaceitável para o consumo humano. Os sólidos dissolvidos se dividem em voláteis e fixos, a entrada dessas partículas na água pode ser o resultado de lançamento de lixo e esgoto nas mediações do poço (BRASIL, 2006).

Outro parâmetro a ser destacado para a água da Residência 2, é o índice de cloreto, que apresentou valor de 117,69 mg Cl⁻/L. O limite normativo é 250 mg Cl⁻/L, segundo ao que está preconizado pela Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021). A sua presença também é um indicador da contaminação por esgoto sanitário, já que o ser humano expele grande quantidade de íons cloreto pela urina, fezes e suor. O cloreto pode provocar corrosão de tubulações e sabor salgado na água (CETESB, 2016).

Assim como nas amostras de água analisadas para a Residência 1. A água consumida pela Residência 2, também não foi detectado há presença de cloro residual, não havendo nenhuma mediação oxidativa para fazer frente as ameaças microbiológicas presentes.

4.1.4 Resultados microbiológicos – amostras da água de consumo da Residência 2

A Tabela 9, apresenta os resultados dos exames microbiológicos realizados nas amostras de água, provenientes de poço, utilizadas como fonte de abastecimento da residência 2.

Tabela 9 – Resultados microbiológicos para os exames realizados na água da Residência 2.

RESIDÊNCIA 2			
EXAMES REALIZADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF	OUTROS PARAMETROS EXAMINADOS
COLIMETRIA PARA COLIFORMES TOTAIS:	> 300,00 UFC / 100 mL	100 mL da amostra	TEMPERATURA °C Amostra: 28,0 Ambiente: 29,0
COLIMETRIA PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES:	Ausência UFC / 100 mL	100 mL da amostra	ASPECTO DA AGUA LIMPIDO Ph 7,25
CONTAGIO DE BACTERIAS HETEROTRÓFICAS:	> 200,0 UFC/mL	< 500 UFC por 1 mL da amostra	COLORO RESIDUAL mg/L Total: - Livre: Ausência
OBS: UFC (Unidade Formadora de Colônia)			

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os exames microbiológicos realizados nas amostras de água de consumo para a Residência 2, constataram concentração de coliformes totais, com valores maiores que 300 UFC para cada 100 mL de amostra. Quando se compara com o exigido pela legislação, percebe-se o mesmo comportamento das amostras examinadas para as águas da Residência 1, os valores ultrapassam o que preconiza a Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), que recomenda a ausência de células de bactérias do grupo coliformes totais para cada 100mL de amostras examinadas. A *Escherichia coli* é pertencente a este grupo, que se habitua bem com o intestino humano e pode causar doenças do tipo febre tifoide, cólera, diarreias agudas, gastroenterite e infecções urinárias (NASCIMENTO, 2018).

Ainda para a água de consumo da Residência 2, obteve-se concentração para as bactérias heterotróficas, concentração superior a 200 UFC por cada 100 mL de amostra examinada. A Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), recomenda para o padrão de potabilidade concentração de até 500 UFC para cada 100 mL de amostras examinadas. Este valor obtido encontra-se dentro do aceitável, mas precisa ser monitorado pois o valor encontrado pode demonstrar uma tendência de elevação, pelo histórico aventado para a qualidade desta água de estudo. Essas bactérias Heterotróficas se alimentam

de matéria orgânica de outros seres vivos, são parasitas que podem causar doenças como gonorreia, sífilis, coqueluche, cólera etc. (LABOPRIME, 2019).

4.1.5 Resultados físico-químicos – amostras de água de consumo da Residência 3

A Tabela 10, apresenta os resultados das análises físico-químicas realizadas nas amostras de água, provenientes de poço, utilizadas como fonte de abastecimento da residência 3.

Tabela 10 – Resultados físico-químicos para as amostras de água coletadas na Residência 3.

RESIDÊNCIA 3				
TEMPERATURA °C	COR: [*1]	SABOR: [*2]	ODOR: [*2]	ASPECTO:
AMOSTRA: 29,5	1,0	NO	NO	LÍMPIDO
AMBIENTE: 29,2				
PARÂMETROS ANALISADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF PORTARIA PRC 5 MS VMP [*3] UNIDADE		
Alcalinidade em bicarbonetos	10,22	-		mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade carbonatos	0,00	-		mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade hidróxidos	0,00	-		mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade total	10,22	-		mg CaCO ₃ /L
Cálcio	17,47	-		mg Ca 2+/L
Cloretos	106,16	250		mg Cl ⁻ /L
Condutividade elétrica	0,564	-		mS/cm
Co ₂ livre	> 100,0	-		mg CO ₂ /L
Dureza de cálcio	43,71	-		mg CaCO ₃ /L
Dureza de magnésio	18,58	-		mg CaCO ₃ /L
Dureza total	62,29	500		mg CaCO ₃ /L
Ferro total	0,03	0,3		mg Fe/L
Fluoretos	0,20	1,5		mg F ⁻ /L
Magnésio	4,52	-		mg Mg ²⁺ /L
Nitratos	7,08	10,0		mg N-NO ₃ /L
Nitritos	< 0,01	1,0		mg N-NO ₂ /L
Oxigênio dissolvido	5,19	-		mgO ₂ /L
pH	4,82	6,0 a 9,5		Recomendado
Potássio	17,0	-		mg K ⁺ /L
Residual de cloro	Ausência	2		mg Cl ₂ /L
Sódio	86,0	200		mg Na ⁺ /L
Sólidos dissolvidos	403,78	1000		mg/L
Salinidade	0,03	0,05		%
Turbidez	0,97	5,0		UNT [*4]
[*1] UH - Unidade da escala de Hazen (Platina Cobato) VMP: 15,0 UH			[*2] NO - Não objetável	
[*3] VMP - Valor Máximo Permissível pela Legislação			[*4] UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Nos resultados físico-químicos para as amostras de água de consumo da residência 3, conforme apresentados na Tabelas 10, observou-se um valor de pH de caráter ácido, corroborando para uma água propícia a corrosão com valor de 4,82; não se enquadrando com os valores recomendados para consumo humano (6,0 a 9,5) conforme preconiza a Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021). Segundo Rodrigues (2012), água de pH variando

de entre 3,0 – 5,0, notadamente ácidas, são consumidas na região Norte do Brasil. E nestas localidades existe uma alta incidência de gastrite e câncer gástrico, bem acima da média nacional (INCA, 2018). Portanto, há uma suspeita de que o caráter ácido da água de consumo possa potencializar o surgimento dessas enfermidades.

Diferentemente dos resultados encontrados para as amostras de águas das residências 1 e 2, o nível de nitrato para as águas analisadas da Residência 3 apresentou-se com valor de 7,06 mg N-NO₃/L, de um limite normativo de 10 mg N-NO₃/L.

Assim como, nas amostras de águas analisadas das Residências 1 e 2 não foram detectados vestígios da presença de residual de cloro, também não foi encontrado para as amostras da Residência 3. Tal constatação reforça o risco de se consumir estas águas na Residência estudadas, contrariando a própria legislação a Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), que em seu Art. 32 preconiza ser obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual, com vista a garantir uma proteção contra possíveis contaminações que possam vir a ocorrer nesta água, até que seja consumida. Para Manfrini (1974); D Bernardo (2005); Pádua; Heller (2016); o residual de cloro na água de consumo proporciona uma barreira contra o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Caso haja uma presença indesejada na água por conta de uma poluição moderada, o cloro residual poderá garantir a desinfecção desta água no sistema de distribuição.

Desta forma, entende-se ser de extrema importância que os usuários de águas subterrâneas, principalmente, no uso de fontes presentes em áreas urbanizadas e sem rede de coleta de esgoto, façam uso do oxidante cloro para mitigar os efeitos de uma eventual contaminação microbiológica, do contrário a água se tornará um meio de disseminação de doenças de veiculação hídrica.

4.1.6 Resultados microbiológicos – amostras da água de consumo da Residência 3

A Tabela 11, apresenta os resultados dos exames microbiológicos realizados nas amostras de água, provenientes de poço, utilizadas como fonte de abastecimento da residência 3.

Tabela 11 – Resultados microbiológicos para os exames realizados na água da Residência 3.

RESIDÊNCIA 3				
EXAMES REALIZADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF	OUTROS PARAMETROS EXAMINADOS	
COLIMETRIA PARA COLIFORMES TOTAIS:	> 214,00 UFC / 100 mL	100 mL da amostra	TEMPERATURA °C	Amostra: 29,5 Ambiente: 29,2
COLIMETRIA PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES:	Ausência UFC / 100 mL	100 mL da amostra	ASPECTO DA AGUA	LIMPIDO
CONTAGIO DE BACTÉRIAS HETEROTRÓFICAS:	2,0 UFC/mL	< 500 UFC por 1 mL da amostra	Ph	4,82
			COLORO RESIDUAL mg/L	Total: - Livre: Ausência
OBS: UFC (Unidade Formadora de Colônia)				

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Nos resultados do exame microbiológico para as amostras de água de consumo da Residência 3, observou-se a presença de bactérias do grupo Coliformes Totais, com 214 UFC por cada 100 mL de amostra examinada. Este resultado corrobora com os encontrados também nas amostras de água das Residências 1 e 2, onde todas apresentaram presença para este grupo de microrganismo indicador de contaminação biológica. A Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), estabelece ausência de células de bactérias do grupo Coliformes Totais para cada 100mL de amostras examinadas.

Para Nascimento (2018), a fonte de abastecimento apresenta uma água com qualidade microbiológica questionável, pois, apresenta provável contaminação por dejetos, sobretudo por este grupo de bactérias do grupo Coliformes Totais representarem microrganismos causadores de doenças do trato intestinal humano e de outros animais. As bactérias patogênicas são responsáveis por algumas doenças de veiculação hídrica, como enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas, com níveis leves e até letais.

A falta de esgotamento sanitário de forma adequada pode resultar na introdução, no solo e estes percolarem para os lençóis freáticos, conduzindo microrganismos patogênicos a estes aquíferos. Ou ainda, atingir as águas subterrâneas por desordenadas perfurações e falta de monitoramento e manutenção de poços particulares, abrindo caminho para a percolação de despejos originados por fossas sépticas, redes de esgotos com manutenção deficiente, ou compostos tóxicos de depósitos industriais e rampas de lixo, além da utilização indevida de antigas cacimbas transformadas em fossas (SILVA *et al.*, 2014).

4.1.7 Resultados físico-químicos – amostras de água do Rio Ceará.

Os resultados das análises das amostras coletadas no Rio Ceará seguem apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 – Resultados físico-químicos para as amostras de água coletadas no Rio Ceará.

RIO CEARÁ				
TEMPERATURA °C	COR: [*1]	SABOR: [*2]	ODOR: [*2]	ASPECTO:
AMOSTRA: 28,9	81,0	SALOBRE	TERRA/ VEGETAL	LEVEMENTE CORADO
AMBIENTE: 35,0				
PARÂMETROS ANALISADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF RES. CONAMA 357 SALUBRE CLASSE II		
		VMP [*3] UNIDADE		
Alcalinidade em bicarbonetos	158,79	-	-	mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade carbonatos	0,00	-	-	mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade hidróxidos	0,00	-	-	mg CaCO ₃ /L
Alcalinidade total	158,79	-	-	mg CaCO ₃ /L
Cálcio	371,94	-	-	mg Ca 2+/L
Cloretos	14882,11	-	-	mg Cl -/L
Condutividade elétrica	35,900	-	-	mS/cm
Co ₂ livre	13,00	-	-	mg CO ₂ /L
Dureza de cálcio	930,32	-	-	mg CaCO ₃ /L
Dureza de magnésio	3790,95	-	-	mg CaCO ₃ /L
Dureza total	4721,27	-	-	mg CaCO ₃ /L
Ferro total	0,76	0,3	-	mg Fe/L
Fluoretos	1,74	1,4	-	mg F-/L
Magnésio	921,96	-	-	mg Mg ²⁺ /L
Nitratos	1,39	0,7	-	mg N-NO ₃ /L
Nitritos	0,03	0,2	-	mg N-NO ₂ /L
Oxigênio dissolvido	5,13	> 4,0	-	mg O ₂ /L
pH	7,27	5,0 a 9,0	-	Recomendado
Potássio	750,0	-	-	mg K+/L
Residual de cloro	Ausência	-	-	mg Cl ₂ /L
Sódio	9900,0	-	-	mg Na+/L
Sólidos dissolvidos	30530,51	-	-	mg/L
Salinidade	1,40	> 0,05 a <3,0	-	%
Turbidez	8,40	-	-	UNT [*4]
[*1] UH - Unidade da escala de Hazen (Platina Cobalto) VMP: 15,0 UH			[*2] NO - Não objetável	
[*3] VMP - Valor Máximo Permissível pela Legislação			[*4] UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez	

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para se estabelecer uma comparação, também estão informados a classificação dada pela Resolução CONAMA N° 357/2005, que estabelece uma hierarquia para os corpos hídricos segundo sua qualidade de água apresentada, promovendo uma classificação de uso da água. Ou seja, após as análises e exames a água de um manancial pode ser destinada ao abastecimento humano após tratamento, e ou serem utilizadas para recreação, irrigação, agricultura, atividades pesqueiras e navegação (BRASIL, 2005). Vale ressaltar que, fatores naturais e antrópicos influenciam as características das águas, podendo alterar parâmetros físico-químicos e biológicos, alterando a composição da água (LUÍZ; PINTO; SCHEFFER, 2012).

As modificações na qualidade do rio, devido à contaminação pelo lançamento de esgoto doméstico, afetam expressivamente a saúde dos seus usuários (MORAES; JORDÃO, 2002). Na tabela 12 foram destacados os indicadores que ultrapassam o valor máximo permitido, sendo denominada de situação de inconformidade e, para as características que apresentaram concentrações altas, foi denominada de situação preocupante.

Conforme apresentado na Tabela 12, o laudo conclusivo para a qualidade da água do Rio Ceará, após a análise realizada, o enquadra como água salobre Classe 2. Observa-se, também, que os parâmetros de Ferro total, Fluoretos e Nitratos, representam concentrações além dos limites máximos, portanto, impróprios para o consumo humano, acrescentando ainda, uma preocupante característica de sólidos dissolvidos.

Vale ressaltar que, a contaminação da água por ferro é considerada indesejável porque podem propiciar coloração amarela e turva, com sabor amargo. A sua exposição no corpo hídrico de uso humano pode ser prejudicial podendo causar o aparecimento de bactérias ferruginosas nocivas nas redes de distribuição, insuficiência cardíaca, diabetes, cirrose e tumores hepáticos (CHO, 2005; CHATURVEDI; DAVE, 2012; YUCE; ALPTEKIN, 2013).

4.1.8 Resultados dos exames microbiológicos para o Rio Ceará

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 13, observa-se que para todos os grupos de bactérias examinados ocorre a presença, o que contraria a Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021), que estabelece ausência de células para estes grupos de bactérias para cada 100mL de amostras examinadas.

Tabela 13 – Resultados dos exames microbiológicos para o Rio Ceará.

RIO CEARÁ				
EXAMES REALIZADOS	VALORES DETERMINADOS	VALORES DE REF	OUTROS PARAMETROS EXAMINADOS	
COLIMETRIA PARA COLIFORMES TOTAIS:	> 1500,00 UFC / 100 mL	100 mL da amostra	TEMPERATURA °C	Amostra: 28,9 Ambiente: 35,0
COLIMETRIA PARA COLIFORMES TERMOTOLERANTES:	32,0 UFC / 100 mL	100 mL da amostra	ASPECTO DA AGUA	LEVEMENTE CORADO
			Ph	7,27
CONTAGIO DE BACTERIAS HETEROTRÓFICAS:	> 500,0 UFC/mL	< 500 UFC por 1 mL da amostra	COLORO RESIDUAL mg/L	Total: - Livre: -
OBS: UFC (Unidade Formadora de Colônia)				

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Vale destacar que a bactéria *Escherichia coli*, por exemplo, representante do grupo dos Coliformes, é um indicador de contaminação fecal, já que este pode ser encontrado no intestino de animais, podendo até se associar a infecções de trato intestinal em crianças e/ou adultos (SCHUROFF et al., 2014). Inúmeras epidemias e doenças gastrointestinais podem ser causadas pelo consumo de água poluída com esgoto, podendo conter diversos microrganismos como bactérias do grupo coliformes, vírus e vermes (DA SILVA et al., 2014).

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução N° 001/86, o impacto ambiental é qualquer alteração das características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, sendo esta provocada, diretamente ou indiretamente, por ação humana (BRASIL, 1986). O meio ambiente relaciona-se com a população local de diversas formas, podendo provocar impactos ambientais nas águas e receber efeitos do mesmo, podendo ocorrer com a ingestão da água, o uso desta para lavar utensílios de cozinha ou alimentos que ou o banho em água contaminada.

Para entender o que pode ocorrer com o uso da população das águas do Rio Ceará e da orla marítima da praia da Barra do Ceará, é necessário o entendimento do conceito de balneabilidade, que significa a qualidade das águas destinadas à recreação, como exemplo às atividades de mergulho ou esportes aquáticos. Indicadores como a densidade de coliformes fecais, podem alterar a balneabilidade de um corpo hídrico. As doenças mais comuns em banhistas de águas contaminadas estão à disenteria, hepatite A, cólera e febre tifoide. (CETESB, 2021) Em 1999, VIERA E SILVA, apresentaram um estudo de Colimetria na Praia da Barra do Ceará, onde apresentou uma água imprópria para o lazer.

Além do lazer, existe a problemática em relação à pesca nesses mananciais, onde é necessário estudar a qualidade dos pescados capturados em uma água contaminada por microrganismos. Estudos mostram que a pesca nesses locais, onde a vida marítima, provavelmente está imprópria para o consumo, poderá gerar risco para a ingestão de peixe cru ou cozido indevidamente (VIEIRA, 2000).

A definição do grau de contaminação de um corpo hídrico pode ser feita através dos microrganismos indicadores de contaminação fecal, do grupo dos coliformes (FRANCO, 2003). A *E. coli* é a evidência mais significativa para essa contaminação por fezes e esgotos, podendo impactar, na comunidade que interage com essa água, com distúrbios gastrointestinais, infecções urinárias, colite hemorrágica, síndrome hemolítica-urêmica, infamação da bexiga, meningite etc (ARAÚJO et al., 2014).

4.1.9 Resultados dos exames virais em todas as amostras de água estudadas

A Tabela 14 demonstra os resultados dos exames virais, para detecção do Adenovírus Humano e o SARS-CoV-2, realizados em todas as amostras de água, as coletadas nas residências com abastecimento exclusivo de poço e da água do Rio Ceará. Para todas as amostras realizadas não foi detectado o Adenovírus humano e o SARS-CoV-2.

Tabela 14 – Exames virais.

AMOSTRA	EXAMES REALIZADOS	RESULTADO
Residência 1	Adenovírus Humano	Não foi detectado
	SARS-CoV-2	Não foi detectado
Residência 2	Adenovírus Humano	Não foi detectado
	SARS-CoV-2	Não foi detectado
Residência 3	Adenovírus Humano	Não foi detectado
	SARS-CoV-2	Não foi detectado
Rio Ceará	Adenovírus Humano	Não foi detectado
	SARS-CoV-2	Não foi detectado

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os vírus são microrganismos desprezados nas análises cotidianas para qualidade de uma água, tendo em vista a dificuldade da sua detecção, deixando assim uma nitradúvida em relação a sua existência no corpo hídrico. É necessário

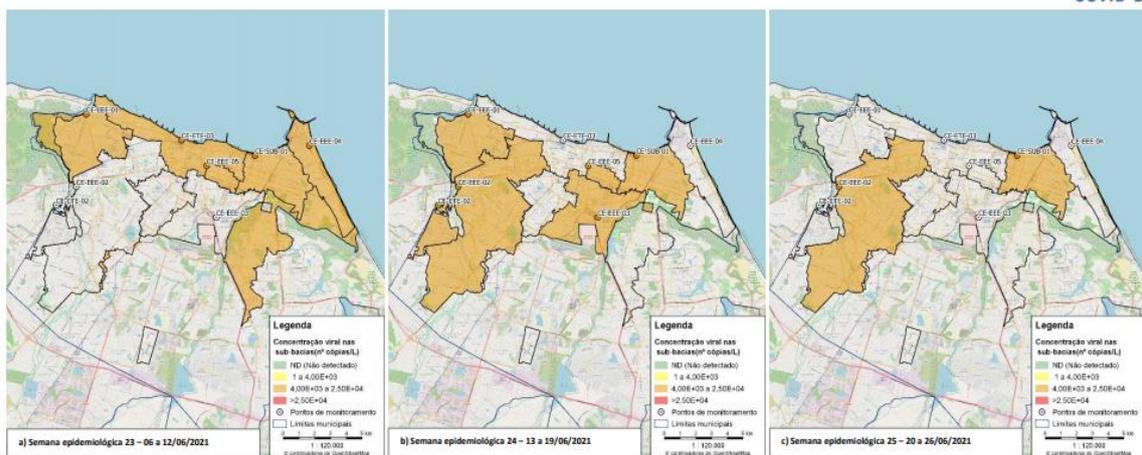
destacar também, que esses patógenos, são resistentes aos tratamentos de água (KOOPMANS et al., 2002; BOSCH et al., 2008). Normalmente, esses organismos são eliminados ao meio ambiente através da rota fecal-oral, os mais comuns são os: enterovírus, norovírus, vírus da hepatite A, adenovírus, rotavírus e os astrovírus (WU et al., 2011).

Frequentemente, os vírus se apresentam em baixas concentrações no meio ambiente, para a sua análise, primeiramente, é necessário à recuperação e concentração do maior número de partículas virais (SILVA et al., 2011). A escolha do método mais eficaz vai depender do tipo de amostra e de qual vírus será isolado, os dispositivos mais utilizados para esse tipo de investigação, são: ultracentrifugação, adsorção-eluição em membranas de microfiltração polarizadas e ultrafiltração (SILVA, 2013). A análise realizada nesse estudo teve como finalidade o estudo do Adenovírus humano utilizando o método adsorção-eluição e o vírus SARS-CoV-2 utilizando o método RT-PCR Real Time com o meio de ultracentrifugação.

Apesar de não terem sido identificadas nas amostras estudadas, não se pode descartar uma contaminação futura. Nesta pesquisa foi visto indícios de esgoto doméstico nas águas de abastecimento, e em uma nova pesquisa, realizada pela ANA, foi detectada o SARS-CoV-2 no esgoto de 70 bairros da cidade de Fortaleza.

A pesquisa foi executada em junho de 2021, realizada pela ANA, na cidade de Fortaleza em 10 pontos da cidade e detectou a presença de cópias do coronavírus no esgotamento sanitário da capital. Os resultados são apresentados em forma de mapas, como demonstrados na Figura 21, com a distribuição geográfica das concentrações do novo coronavírus, e em resposta, é possível detectar a presença do vírus, mas ainda não é possível apresentar as séries temporais das médias móveis das concentrações virais. A pesquisa foi realizada nas estações de tratamento, sub-bacias e estações elevatórias, dentre os locais, a ETE-01 da Barra do Ceará apresentou os resultados positivos para a carga viral nas duas fases do estudo.

Figura 21 – Mapa estudo da carga viral do SARS-CoV-2 em Fortaleza.



Fonte: ANA (2021).

5 CONCLUSÃO

A água é um recurso natural fundamental à existência e à sobrevivência do ser humano, contudo, precisa possuir qualidade para o uso, caso contrário, poderá gerar prejuízos à saúde humana. A poluição das águas, sejam superficiais ou subterrâneas, pode ser ocasionada pelo crescimento populacional, o que leva às ações antrópicas, como por exemplo, o despejo incorreto de esgoto doméstico. A água de consumo deve cumprir requisitos mínimos para sua potabilidade, esses parâmetros se dividem em físico-químicos e microbiológicos. Para impedir e mitigar a propagação de surtos é necessário a realização de medidas de controle e monitoramento sanitário dessas águas.

Os resultados obtidos nesta pesquisa suportam as conclusões a respeito do potencial risco das águas subterrâneas utilizadas como fontes de abastecimento no bairro Barra do Ceará, cidade de Fortaleza – Ceará, e podem assim, apresentar no contexto atual, as resoluções a seguir.

- Há vulnerabilidade da qualidade das águas subterrâneas estudadas, utilizadas como fonte de abastecimento no bairro Barra do Ceará, na cidade de Fortaleza-Ce, apresentando-se impróprias para consumo humano, pois contrariam o padrão de potabilidade estabelecido na Portaria no. 888, do Ministério da Saúde do Brasil de 04 de maio de 2021.
- Em todas as amostras de água coletadas e analisadas das residências e do rio Ceará, houve a constatação de alterações das suas qualidades físicas-químicas e bacteriológicas. Com base nos resultados apresentados, conclui-se que, possivelmente, os aquíferos estejam contaminados por soluções individuais de esgotamento sanitário, onde as premissas dos resultados averiguados levam a uma provável conexão entre o esgoto com a água consumida.
- Conclui-se ainda que, não sendo detectada nenhuma ação por parte dos usuários das águas estudadas, quanto à desinfecção utilizada como medida de mitigar impacto das contaminações previamente apontadas capacita estes consumidores a se tornarem potenciais desenvolvedores da sintomatologia e também

disseminadores de enfermidades de origem hídrica, com destaque para o câncer do estômago e do esôfago, doença conhecida como a “Síndrome do bebê azul”, dores abdominais, diarreia, náuseas, vômitos, febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar, gastroenterite, infecções urinárias e cólera, além de provocar corrosão nas tubulações que distribuem a água consumida.

- Nas amostras analisadas para as águas do Rio Ceará, foi possível concluir a evidente presença das contribuições ali identificadas de esgoto doméstico. Fato que traduz a desconformidade total com o padrão de potabilidade preconizado pela legislação para águas utilizadas no consumo humano, e acende-se um alerta de preocupante, haja vista que a mesma vem sendo utilizada para diversos fins, bem como para pesca e banho. Desta forma, além da incidência de doenças, pode-se ter a eutrofização, alteração nas atividades realizadas no rio, aumento do custo para tratamento dessa água, degradação do habitat de espécies aquáticas, alteração das comunidades biológicas, degradação da paisagem, redução da pesca e da renda de pescadores.
- Quanto a possível presença viral nas águas estudadas, onde foram escolhidos dois tipos virais: Adenovírus Humano e o SARS-CoV-2 para identificação, conclui-se que não houve a constatação de presença destes vírus avaliados.
- A referida pesquisa ainda corrobora para que se tenha a conclusão de que, é preciso que o poder público estabeleça ações mais efetivas para fazer frente a esta realidade, estabelecendo medidas que impliquem na melhoria das condições de saneamento básico das parcelas mais pobre da população que se encontram a reboque dos preceitos mínimos de qualidade de vida, e que traduz a realidade de abandono, principalmente, aos que não tem acesso ao esgotamento sanitário.

REFERÊNCIAS

- ABAS, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **O que são águas subterrâneas**. 2020. Disponível em: <https://www.abas.org/aguas-subterraneas-o-que-sao/> Acesso em: 22 ago. 2020.
- AGÊNCIA BRASIL. **No Brasil. 45% da população ainda não têm acesso a serviço adequado de esgoto**. 2017. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-09/no-brasil-45-da-populacao-ainda-nao-tem-acesso-servico-adequado-de-esgoto> Acesso em: 20 set. 2020.
- AGÊNCIA BRASIL. **Veja as principais mudanças no novo marco legal do saneamento**. 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-07/veja-principais-mudancas-no-novo-marco-legal-do-saneamento> Acesso em: 27 out. 2020.
- ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. 1998. Revista de Saúde Pública, v. 32, n. 2, p. 160–165.
- ALMEIDA, Marília Cunha; SILVA, Maiara Macêdo; PAULA, de Marcelo. **Avaliação do desempenho de uma estação de tratamento de água em relação à turbidez, cor e Ph da água**. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais. 2017. GESTA, v.5, n.1.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Atlas Esgoto: Despoução de Bacias Hidrográficas**. 2013. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos> Acesso em: 31 out.2020.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água no mundo**. 2018. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo> Acesso em: 22 ago. 2020.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura Brasil – Recursos Hídricos**. 2019. Informe anual. Brasília – DF.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Panorama das águas**. 2020a. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo> Acesso em: 22 de ago. 2020.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Água subterrânea**. 2020b. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>. Acesso em: 22 ago. 2020.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Qualidade da água**. 2020c. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/qualidade-da-agua>. Acesso em: 22 ago. 2020.
- ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Boletim de acompanhamento nº 3**. Rede de monitoramento – COVID Esgotos. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/acontece-na->

ana/monitoramento-covid-esgotos/boletins-monitoramento-covid-esgotos/boletim-de-acompanhamento-no3_rede-monitoramento-covid-esgotos.pdf Acesso em: 16 jul. 2021.

APHA - American Public Health Association. AWWA - American Water Works Association. WEF - Water Environmental Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 2017. 23th ed. APHA/AWWA/WEF: Washington.

ARAÚJO, Jean Aquino de, et al. **Controle de qualidade da água do rio do coco localizado no município de Governador Nunes Freire – MA**. 2014. Congresso Nacional de Meio ambiente de Poço de Caldas. v. 6, n.1.

AYACH, Lucy Ribeiro, *et al.* **Contaminação das águas subterrâneas por coliformes: Um estudo na cidade de Anastácio-MS**. 2009. CLIMEP – Climatologia e estudos da paisagem Rio Claro. v. 4, n. 1.

BACARO, Fernanda. **Vulnerabilidade natural e risco à contaminação do aquífero livre da área urbana do município de Rio Claro – SP**. 2015. Trabalho de conclusão de curso – Eng, Ambiental. Universidade Estadual Paulista. 68 f.

BAZZOLI, N., **O Uso da Desinfecção no Combate à Cólera**. 1993. Apostila da Fundação Nacional de Saúde – Coordenação Region de Minas Gerais. Recife: FNS/Opas.

BORGHETTI, Nádia Rita Boscardin, et al. **Aquífero Guarani: A verdadeira integração dos Países do MERCOSUL**. 2004. Curitiba

BOSCH, A; GUIX, S.; SANO, D.; PINTO, R. M. **New tools for the study and direct surveillance of viral pathogens in water**. 2008. Curr Opin Biotechnol, [S. l.], v. 19, p. 295-301.

BRASIL. LEIS ETC. **Normas e padrões da potabilidade das águas destinadas ao consumo humano**. 2000. Normas Regulamentadoras Aprovadas pela Portaria 1469, Brasília.

BRASIL, Ana Lúcia, *et al.* **Tratamento de Esgotos Domésticos em comunidades isoladas**. 2018. Biblioteca UNICAMP, Campinas, SP.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Lei do Saneamento Básico do Brasil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm . Acesso em: 5 set. 2020.

BRASIL, Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Marco legal do Saneamento Básico**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421> . Acesso em: 27 out. 2020.

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

BRASIL, Ministério da Saúde do. **Portaria GM/MS no. 888**. 2021. Brasília.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico: PLANSAB**. 2019. Secretaria Nacional de Saneamento. Versão Revisada. 226 p..

BRASIL. Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986. **Critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**. 1986. Brasília: DOU, p. 1-4.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento**. 2005. Diário Oficial da União, v. 1.

CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Produtos e serviços: Água**. 2020a. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/agua/> . Acesso em: 26 set. 2020.

CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Quem somos: História**. 2020b. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/quem-somos/historia/> . Acesso em: 29 out. 2020.

CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Fortaleza**. 2014. Prefeitura de Fortaleza.

CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Saneamento Básico – Um compromisso de todos por mais qualidade de vida**. 2016. 2º edição.

CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Sistema de esgotamento sanitário de Fortaleza: projeto executivo**. 2020c.

CAMPOS, Nilson; STUDART, Ticiania. **Gestão das águas: princípios e práticas**. 2001. Editora ABRH, 2º edição.

CEARÁ, Governo do Estado. **História do Ceará**. 2016. Tv Ceará. Disponível em: <https://www.tvceara.ce.gov.br/2016/08/23/historia-do-ceara/> Acesso em: 14 jun.2021

CEARÁ, Governo do Estado. Lei nº 162 de 20 de junho de 2016. **Política Estadual de Abastecimento de água e de esgotamento sanitário no estado do Ceará**. 2016. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=325200> Acesso em: 14 jun. 2020

CEARÁ, Governo do Estado. **Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos**. 2018. Disponíveis em: https://www.srh.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/90/2018/07/PLANO-DE-ACOES-ESTRATEGICAS-DE-RECURSOS-HIDRICOS-CE_2018.pdf Acesso em: 25 set.2020.

CETESB. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice D Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas**. 2016. São Paulo.

CETESB. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Balneabilidade e saúde**. 2020. São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/praias/balneabilidadeesaude/> Acesso em: 15 jun. 2021.

COSTA, A.B.; POSSELT, E.L.; MENEZES, C.M.; LOBO, E. A. **Desenvolvimento e aplicação de índices de qualidade da água**. 2012. Caderno de Pesquisa, Série Biologia, v. 24, n. 1, p.69-77.

COSTA, Luis Ricardo Fernandes. **Gestão de Recursos hídricos e sustentabilidade 5**. 2020. Editora Atena. Ponta Grossa, PR.

CUNHA, R. W.; GARCIA JÚNIOR, M. D. N.; ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C. **Qualidade de água de uma lagoa rasa em meio rural no sul do Brasil**. 2013. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 7, p.770-779.

CHATURVEDI, S.; DAVE, P. N. **Removal of iron for safe drinking water**. Desalination, 2012, v. 303, pp.1-11.

CHO, B. **Iron removal using an aerated granular filter**. 2005. Process Biochemistry, v. 40, pp. 3314– 3320.

DA SILVA, C. C. et al. **Análises do Perfil Bacteriológico das Águas do Ribeirão das Antas, no Município de Cambuí-MG, Como Indicador de Saúde e Impacto Ambiental**. 2014. Revista Agrogeoambiental.

DAMASIO, Gabriel Vanderlinde; D'OSWALDO, Carolina; OLIVEIRA, Jade Butturi de; PELISSARI, Maria Rogieri; BERTO, Vitor Sette; PINHATTI, Antonio Luiz; HIRATA, Ricardo. **Como contribuir e locar uma fossa séptica ambientalmente segura? Manual de auxílio ao usuário**. 2018. Anais do XX Congresso Brasileiro de Águas subterrâneas. São Paulo.

DIÁRIO DO NORDESTE, Verdes Mares. **Obras do projeto “Beira Rio” devem começar até março de 2020**. 2019. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/obras-do-projeto-beira-rio-devem-comecar-ate-marco-de-2020-1.2178217> Acesso em: 14 jun. 2021

DIÁRIO DO NORDESTE, Verdes Mares. **Barra do Ceará tem mais mortes por Covid do que 8 cidades cearenses com número maior de habitantes**. 2021. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/barra-do-ceara-tem-mais-mortes-por-covid-do-que-8-cidades-cearenses-com-numero-maior-de-habitantes-1.3053296> Acesso em: 20 abri. 2021

DIÁRIO DO NORDESTE, Verdes Mares. **Coronavírus é encontrado em amostrar de esgoto de mais de 70 bairros de Fortaleza**. 2021. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/coronavirus-e-encontrado-em-amostras-de-esgoto-de-mais-de-70-bairros-de-fortaleza-veja-mapa-1.3107428> Acesso em: 14 jul. 2021

DI BERNADO L, DI BERNADO A. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2005. 2 ed. São Carlos.: RIMA. P 1152-1312.

ELIAS, Talita Rios da Costa. **Avaliação da contaminação da água subterrânea de poços escavados em residências no bairro Lagomar, Município de Macaé/RJ**. 2014. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

ESGOTÉCNICA, Limpeza Técnica Ambiental. **Empresa prestadora de serviços com fossas**. 2020. São Paulo. Disponível em: <https://www.limpafossa.com.br/fossa-septica-pre-moldada-o-que-e-para-que-serve-e-quanto-custa/> Acesso em: 04 nov. 2020.

FAÚLA, Leandro Leão. **Fatores de virulência, sorotipos e susceptibilidade antimicrobiana de amostras de Escherichia coli isoladas de alimentos no estado de Minas Gerais, Brasil**. 2016. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

FAUSTINO, Adriana Soares. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestor e o impacto do seu uso no solo**. 2007. Universidade Federal de São Carlos.

FEACHEM, R.G.; BRADLEY, D.J.; GARELICK, H.; MARA, D.D.- **Sanitation and disease: health aspects of excreta and wastewater management**. 1983. Chichester: John Wiley, 501p.

FEITOSA, F. A. C; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 2008. 3 ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID – UFPE.

FERNANDES, Ângela .Maria Ferreira. **Diagnóstico da qualidade da água subterrânea em propriedade rural no município de Planalto, RS**. 2012. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/1150> Acesso em: 16 mai 2021.

FERNANDES, Laryssa Barbosa. **Modelagem hídrica do interceptor leste de Fortaleza utilizando o SWMM**. 2017. Universidade Federal do Ceará.

FIGUEIREDO, D.; SILVA, L.; BORBA-MIRANDA, L. **COVID-19 em dados: Brasil em perspectiva comparada**. 2020. Recife: MPCP.

FONG, T.T., GRIFFIN, D.W., LIPP, E.K. **Molecular assays for targeting human and bovine enteric viruses in coastal waters and their application for library-independent source tracking**. 2005. Applied and Environmental Microbiology, v.71, p.2070-2078.

FORTALEZA, Desentupidora. **Em que lugar deve ficar as fossas em relação aos poços**. 2020. Disponível em: <https://www.fortalezadesentupidora.com/em-que-lugar-deve-ficar-as-fossas-em-relacao-aos-pocos/> Acesso em: 04 nov. 2020.

FORTALEZA, Prefeitura Municipal de. **Plano Municipal de saúde de Fortaleza (2018 – 2021)**. 2017. Secretaria Municipal de Saúde.

FORTALEZA, Prefeitura Municipal de. Lei complementar nº 0270 de 02 de agosto de 2019. **Código da cidade do município de Fortaleza**. Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/codigo-da-cidade/codigo_da_cidade_-_lei_complementar_n_270_de_02_de_agosto_de_2019.pdf Acesso em: 16 ago 2020.

FORTALEZA, Prefeitura Municipal de. **Boletim Epidemiológico: Coronavírus**. 2021. Disponível em: <https://coronavirus.fortaleza.ce.gov.br/boletim-epidemiologico.html> . Acesso em: 05. nov. 2020.

FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles; MIYAZAKI, Caroline Kimie; MADRID, Lillo; PEÑA, Francisco José; MAGALHÃES, Taína Martins; TONETTI, Adriano Luiz. **Fossa absorvente ou rudimentar aplicada ao saneamento rural: solução adequada ou alternativa precária?** 2019. Artigos técnicos. Edição 220. n. 1824.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de melhorias sanitárias domiciliares**. 2013. Brasília.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 2020. 5º edição.

FLORENÇANO, José Carlos S. **Sistemas de tratamento e distribuição de água**. 2011. Universidade de Taubaté.

FRANCO, B. D. M. **Microbiologia dos Alimentos**. 2003. Ed. Atheneu, São Paulo.

FREITAS, M.B.; ALMEIDA, L.M. **Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário**. 1998. In: Anais.Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas. São Paulo.

GORMLEY, Michael; ASPRAY, Thomas J; A KELLY, David. **COVID-19: mitigating transmission via wastewater plumbing systems**. 2020. The Lancet Global Health, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 643.

GRIFFIN, J.S., PLUMMER, J.D., LONG, S.C. **Torque teno virus: an improved indicator for viral pathogens in drinking waters**. 2008. Journal Virology, v. 5, p. 112.

G1, Portal Globo-CE. **“Se não tem sabão, imagina álcool. É artigo de luxo”, diz moradora da periferia de Fortaleza**. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2020/04/28/se-nao-tem-sabao-imagina-alcool-e-artigo-de-luxo-diz-moradora-da-periferia-de-fortaleza.ghtml> . Acesso em: 12 nov 2020.

G1, Portal Globo-CE. **Mancha redonda e escura aparece em mar de na orla de Fortaleza**. 2020 Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2020/01/31/mancha-redonda-e-escura->

aparece-em-mar-na-orla-de-fortaleza-durante-as-fortes-chuvas-desta-sexta-veja-video.shtml . Acesso em: 07 nov 2020.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano** 2016. Editora UFMG, 3º edição. Belo Horizonte.

HIRATA, Ricardo *et al.* **Estudo de águas subterrâneas** – A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil. 2019. Instituto Trata Brasil.

HOLSHUE, M. L *et al.* **First case of 2019 novel coronavirus in the United States.** 2020. N Engl J Med, [S. l.], v,382, p. 929-936..

INCA. Instituto Nacional de Câncer. **Câncer de Estômago.** 2021. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/cancer-de-estomago>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

IPEA, Instituto da Pesquisa Econômica Aplicada. **Apontamentos sobre a dimensão territorial da pandemia da Covid-19 e os fatores que contribuem para aumentar a vulnerabilidade socioespacial nas Unidades de Desenvolvimento Humano de Áreas Metropolitanas Brasileiras.** 2020. Nota técnica. N.15. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=35497 . Acesso em: 05 de set. 2020.

JUNIOR, Antenor Rodrigues Barbosa. **Elementos de Hidrologia Aplicada.** 2007. Cap 11. UFOP, Universidade Federal de Ouro Preto.

KATAYAMA, H., SHIMASAKI, A., OHGAKI, S. **Development of a virus concentration method and its application to detection of enterovirus and norwalk virus from coastal seawater.** 2002. Applied and Environmental Microbiology, v.68, p.1033-1039.

KAUFFMANN, Márcia; ROSA, Ezer Uripia; ACCIOLY, Wagner; PIMENTEL DA SILVA, Luciene. **Águas subterrâneas e sustentabilidade: contribuição da legislação para controle de impactos urbanos nos aquíferos.** 2004 XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.

KOOPMANS, M. et al. **Foodborne viruses.** 2002. FEMS Microbiol Rev, v. 26, n. 2, p. 187-205.

LABOPRIME, Laboratório de análises de água, efluentes e agentes químicos. **Análise de bactérias heterotróficas.** 2019. Santa Catarina. Disponível em: <https://www.laboprime.com.br/analise-de-bacterias-heterotroficas/#:~:text=As%20bact%C3%A9rias%20heterotr%C3%B3ficas%2C%20amb%C3%A9m%20s%C3%A3o,%2C%20coqueluche%2C%20c%C3%B3leras%2C%20etc.> Acesso em:16 mai 2021.

LARSEN, D. **Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa. Estudo de caso: bacia contribuinte ao reservatório do rio Verde, região metropolitana de Curitiba, PR.** 2010. 182p. Dissertação. Universidade Federal do paraná. Curitiba.

- LEITE, Adriana de Oliveira Souza; SOARES, Karllany da Silva Soares. **Determinação da qualidade da água de galerias pluviais em ponto de boca de galeria em Fortaleza: Efeitos antrópicos sobre a biodiversidade das macroalgas.** 2013. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- LEY, V., HIGGINS, J., FAYER, R. **Bovine Enteroviruses as Indicators of Fecal Contamination.** 2002. Applied Environmental Microbiology, v.68, p.3455-3461.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 2010. 3ª ed. Campinas, São Paulo: Editora Átomo.
- LIRA, A. A. & BARROS, G.C. **Correlação entre a patogenicidade de Escherichia coli e doenças de origem hídrica.** 2001. Hig, Alim., São Paulo, v. 15, n.85, p. 57.
- LUÍZ, Ângela Marli Ewerling; PINTO, Maria Lígia Cassol Pínto; SHEFFER, Elizabeth Weinhardt de Oliveira. **Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul – PR.** 2012. Curitiba. Departamento de Geografia - UFPR
- LUCAS, A. A. T. **Impacto na irrigação da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins.** 2007. Tese. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MACHADO, João Luís de Almeida. **Esgoto a céu aberto: Um risco para a saúde da população.** 2019. Planeta Educação. Disponível em: <https://www.plannetaeducacao.com.br/portal/inspiracao/a/295/esgoto-a-ceu-aberto> . Acesso em: 04 nov. 2020.
- MAGALHÃES, Leila Cristina. BROTTTO, Maria Elizabeth. **Nitrato em água: Ocorrência e consequências.** 2014. Escola Superior de Química. Faculdade Oswaldo Cruz. São Paulo.
- MANFRINI, C. **Técnicas de cloração.** 1974. Desinfecção de águas, p 210, São Paulo: CETESB.
- MELO, Jose Geraldo de. **Impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal/RN.** 1995. Tese. Curso de Geologia. Universidade de São Paulo:p. 196.
- MELO, W.J; MARQUES, M.O. **Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas.** 2000. Embrapa Meio Ambiente.
- METCALF, T. G.; MELNICK, J. L.; ESTES M. K. **Environmental virology: from detection of virus in sewage and water by isolation by molecular biology – a trip of over 50 years.** 1995. Ann Rev Microbiol., [S, I.], v. 49, p. 461-487.
- MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q. **Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana.** 2002. Revista de Saúde Pública, v.36, n.3, p.370-374.

NASCIMENTO, Cleonilde Maria do **Doenças de transmissão hídrica e principais agentes etiológicos**. 2018. 54º Congresso da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.

NASCIMENTO, Luciana Silva. **Sistema de fossas sépticas biodigestor como tecnologia de saneamento básico em comparação ao sistema de fossas negras**. 2018. XV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Socia.

OLIVEIRA, Fabiano Costa de; ROHNELT, Nicole Mariele Santos; RITZEL, Rute Gabriele Fiscoeder; HECK, Tatiana Moraes da Silva; STAGGEMEIER, Rodrigo. **Viroses entéricas: Principais patologias de veiculação hídrica e suas manifestações clínicas**. 2020. Revista Conhecimento Online. Novo Hamburgo. a.12, v.1.

OLIVEIRA, M. R. B de. **Interpretação de dados geofísicos de eletrorrestividade e avaliação qualitativa da água subterrânea do Cemitério Parque Bom Jardim, Fortaleza - CE**. 2008. 123f. Monografia. Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PAIVA, Roberta Fernanda da Paz de Souza; SOUZA, Marcela Fernanda da Paz. **Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica**. 2018. Universidade Federal Fluminense.

PINHEIRO, Jaiane Rocha. **Qualidade de efluentes em algumas estações de tratamento de esgoto em Fortaleza, Ceara**. 2018. Universidade Federal do Ceará.

PORTAL, Tratamento de água. **Domícios de Fortaleza rede de esgoto**. 2018. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/domicilios-fortaleza-rede-esgoto/> . Acesso em: 07 nov 2020.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Indicadores de doenças de veiculação hídrica – Fortaleza, CE 2013-2016**. 2016. Disponível em: <https://2013-2016-indicadores.cidadessustentaveis.org.br/br/CE/fortaleza/doencas-de-veiculacao-hidrica> . Acesso em: 28 set. 2020.

RODRIGUES, E. D. S. F. **Águas Envasadas: Características Físico-Química, Processo de Produção E Comercialização no Nordeste Paraense** 2012.

SANTOS, Daniel Costa. **Gestão Integrada das Águas Urbanas**. 2016. Elsevier Editora Ltda.

SILVA, Débora Delatore da, et al. **Falta de saneamento básico e as águas subterrâneas em aquífero freático: região do Bairro Pedra Noventa**. 2014 Eng. Sanit. Ambiental v. 19, n. 1. p. 43-52.

SILVA, H. D. et al. **Análise virológica da qualidade da água: uma revisão das metodologias de concentração e detecção viral**. 2011. Revista Brasileira de Biociências, v. 9, n. 3, p. 405.

SILVA, Hugo Delleon. **Adenovírus humano em água tratada e avaliação da sua recuperação em solução com sólidos tropicais**. 2013. Universidade Federal de Goiás. UFG

SILVA, Luciene Pimentel da. **Hidrologia: Engenharia e meio ambiente**. 2015. Elsevier Editora. 1º Ed.

SOUSA, M.M, et al. **Análises microbiológica de água de poços para abastecimento urbano, na cidade de Campina Grande – Paraíba**. In: II Congresso Paraibano de Agroecologia & IV. Exposição Tecnológica, 2019. v. 9, n. 7, e-7044.

SOUZA, Karyne Francielle de Oliveira. **Fossas negras: Um problema para o meio ambiente e para a saúde pública**. 2015. Faculdade de Educação e Meio ambiente – FAEMA.

SUZUKI, Eliana. **Nitrato e os efeitos na saúde humana**. 2013. Divisão de doenças de transmissão hídrica e alimentar. Centro de vigilância epidemiológica.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto – 2018**. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf. Acesso em: 05 set. 2020.

SHIKLOMOV, I. A. RODDA, John C. **World water resources: A new appraisal and assessment for the 21º century**. 2003. Cambridge University Press. UNESCO. 76 p. International Hydrology Series.

SCHUROFF, P. A. et al. **Qualidade microbiológica da água do Lago Igapó de Londrina-PR e caracterização genotípica de fatores de virulência associados a Escherichia coli enteropatogênica (EPEC) e E. coli produtora de toxina Shiga (STEC)**. 2014. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde, Londrina, v. 35, n. 2, p. 11-20.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2011. 4º ed. DESA. UFMG, Belo Horizonte, p. 452.

TAVARES, Talissa de Moraes; CARDOSO, Divina das Dores de; BRITO, Wília Marta Elsner Diederichsen. **Vírus entéricos veiculados por água: Aspectos microbiológico e de controle de qualidade da água**. 2005. Revista de Patologia Tropical. vol 34. 85-104.

TEIXEIRA, Maria Dilma Souza; BENTO, Isla Adriana Barbosa; CARVALHO, Layane Santos de; CARVALHO, Marta Cristina Silva. **Impactos socioambientais provenientes do esgotamento sanitário a céu aberto**. 2018. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 5, n. 11, p. 849-858.

THEY, Ng Haig. **Você sabe o que é um vírus?** 2020. Microbiolango. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em:

<https://www.ufrgs.br/microbiologando/voce-sabe-o-que-e-um-virus/> Acesso em: 23 abr 2021.

TRATABRASIL. **O esgoto à céu aberto é um risco para a saúde da população.** 2017. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/10/31/esgoto-risco-para-saude/> Acesso em: 05 nov 2020.

TRATABRASIL. **Saneamento é saúde: O cenário do uso das águas subterrâneas no Brasil.** 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2019/05/30/o-cenario-do-uso-das-aguas-subterraneas-no-brasil/>. Acesso em: 05. out. 2020.

UNICEF, Fundo das Nações Unidas para a infância. **Saneamento e higiene têm papel fundamental na resposta à Covid-19, defendem UNICEF, Banco Mundial e SIWI.** 2020. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/saneamento-e-higiene-tem-papel-fundamental-na-resposta-a-covid-19> . Acesso em: 15 abr 2020.

Vieira, R. H. S. F.; Silva, P. R. F. G.; Lehugeur, L. G. & Sousa, O.V. **Colimetria da água da praia da Barra do Ceará - Fortaleza-Ceará.** 1999. Arq. Ciên. Mar, v. 32, p. 119- 122.

VIEIRA, Regine Helena Silva dos Fernandes. **Poluição microbiológica de algumas praias brasileiras.** 2000. Arq. Ciên. Mar, v. 33, p. 77- 84.

WU, J. et al. **A simple and novel method for recovering adenovirus 41 in small volumes of source water.** 2011. J Appl Microbiol, v. 110, n. 5, p. 1332-40.

WHO, World Health Organization. **Guidelines for Drinking-water Quality.** 2017. 4th ed., Switzerland. WHO Library Cataloguing in Publication Data.

XIAO, F. et al. **Evidence for gastrointestinal infection of SARS-CoV-2.** 2020. Gastroenterology, v. 158, p. 1831-1833.

YUCE, G.; ALPTEKIN, C. **In situ and laboratory treatment tests for lowering of excess manganese and iron in drinking water sourced from river-groundwater interaction.** 2013. Environmental Earth Sciences. pp.1-1.