UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB

CENTRO DE TECNOLOGIA – CT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA – DEQ

BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

LAÍS LÍDIA DOMINGOS DA SILVA

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO BAIRRO DO MARACUJÁ NO MUNICÍPIO DE ITAMBÉ-PE.

JOÃO PESSOA – PB

2023

LAÍS LÍDIA DOMINGOS DA SILVA

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO BAIRRO DO MARACUJÁ NO MUNICÍPIO DE ITAMBÉ-PE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Química Industrial do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, como parte dos requisitos obrigatórios, para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Orientadora: Profª. Dra. Ana Flávia Santos Coelho.
Coorientador: Profº. Dr. Rênnio Felix de Sena.

JOÃO PESSOA – PB

2023

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586p Silva, Laís Lídia Domingos da.
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO BAIRRO DO MARACUJÁ NO MUNICÍPIO DE ITAMBÉ-PE / Laís Lídia Domingos da Silva. - João Pessoa, 2023.
40 f.

Orientação: Ana Flávia Santos Coelho.
Coorientação: Rênnio Felix de Sena.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Potabilidade. 2. Qualidade da água. 3. Abastecimento. 4. Saneamento básico. 5. Análises físico-químicas. 6. Análises microbiológicas. I. Coelho, Ana Flávia Santos. II. Sena, Rênnio Felix de. III. Título.

UFPB/CT/BSCT CDU 66.01(043.2)

Elaborado por ONEIDA DIAS DE PONTES - CRB-15/198

LAÍS LÍDIA DOMINGOS DA SILVA

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA DISTRIBUÍDA NO BAIRRO DO MARACUJÁ NO MUNICÍPIO DE ITAMBÉ-PE.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do curso de Química Industrial do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, como parte dos requisitos obrigatórios, para obtenção do título de Bacharel em Química Industrial.

Aprovada em 05 / 10 /2023.

Profª. Dra. Ana Flávia Santos Coelho
Orientadora – DEQ/UFPB

Profº. Dr. Rênnio Felix de Sena
Coorientador – DEQ/UFPB

Profº. Dr. Adriano Duarte Tavares
Examinador – DEQ/UFPB

Ma. Millena Barbosa Ribeiro Tavares
Examinadora – DEQ/UFPB

JOÃO PESSOA – PB

2023

À minha querida irmã, Larissa Domingos, que sempre me ouviu em momentos de angústias, me incentivou e apoiou a persistir nos meus objetivos, aos meus pais, Lindinalva Domingos e Ronaldo Domingos, por serem meu alicerce e por me darem todo o suporte na vida e nesta conquista acadêmica.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Sou grata à minha mãe Lindinalva Domingos, que em todas as situações da minha vida está ao meu lado, das boas às ruins, intercedendo por mim e acreditando no meu potencial.

Agradeço a minha amada irmã (e segunda mãe) Larissa Domingos, que nunca me deixou desacreditar que eu seria capaz, que move montanhas por mim, e que por muitas noites e madrugadas esteve ao meu lado nessa jornada acadêmica, enxugando minhas lágrimas, me encorajando e fazendo eu dar a volta por cima.

Agradeço ao meu pai Ronaldo Domingos, por toda sua colaboração, em especial pelas tantas vezes que me poupou de realizar atividades corriqueiras para que assim eu pudesse ter tempo de qualidade para dedicar aos estudos.

Agradeço também ao meu namorado Carlos Alberto, que torce verdadeiramente pelo meu crescimento e sucesso e se prontificou a ser minha calmaria durante momentos difíceis, principalmente durante meus anseios na realização deste trabalho.

Externo minha imensa gratidão a minha orientadora Profª. Dra. Ana Flávia Santos Coelho e ao meu coorientador Profº. Dr. Rênnio Felix de Sena, que desde o início caminharam junto comigo. A contribuição de vocês foi fundamental para concretização deste ciclo.

Estendo ainda minha gratidão as minhas amigas Amanda Madureira e Bianca Amaral, pela amizade verdadeira estabelecida durante a caminhada acadêmica e por torcerem e se alegrarem por cada novo passo que dou em minha vida.

“Vai, vai lá, não tenha medo do pior
Eu sei que tudo vai mudar
Você vai transformar o mundo ao seu redor.”

Projota (2016)

RESUMO

A quantidade e qualidade da água às quais o ser humano tem acesso é pauta de preocupação mundial, tendo em vista que o acesso à água potável afeta diretamente a qualidade de vida da população. O município de Itambé-PE está localizado na Mata Norte Pernambucana e tem atualmente uma população estimada de 35.398 habitantes que sofre com o fracionamento do abastecimento de água, com a precariedade e a inexistência de um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Diante de tal realidade e da hipótese de contaminação da água, este estudo avaliou, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, a qualidade da água de abastecimento residencial fornecida pelo sistema municipal no bairro do Maracujá, em Itambé-PE e comparou com os parâmetros estipulados pela Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021. Inicialmente foram avaliados a cor aparente, a turbidez e o potencial hidrogeniônico (pH) da água por meio de medições diretas, também foi realizado a pesquisa do Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes através da análise em tubos múltiplos. Os resultados obtidos nas análises físico-químicas mostraram que em relação a cor aparente todas as análises ultrapassaram o valor máximo permitido estabelecido pela portaria vigente, já a turbidez apresentou-se conforme em apenas duas das seis amostras analisadas, enquanto os resultados obtidos para o pH apresentaram-se todos dentro do padrão estabelecido. Já para as análises microbiológicas tanto os coliformes totais como os coliformes termotolerantes obtiveram o NMP/100mL >23, encontrando-se fora dos limites exigidos pela legislação. As análises realizadas evidenciaram que a estação de tratamento não tem cumprido eficientemente com a sua função, tendo em vista que, mesmo após todo o processo no Sistema de Tratamento de Água “Grilo”, a água distribuída aos moradores do bairro do Maracujá não alcança os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 888/21 do Ministério da Saúde.

Palavras-chave: potabilidade; qualidade da água; abastecimento; saneamento básico; análises físico-químicas; análises microbiológicas.

ABSTRACT

The quantity and the quality of water to which humans have access are global rivet, given that the access to clean water directly affects population quality of life. Itambé-PE, a municipality located in the Mata Norte Pernambucana region, currently has an estimated population of 35,398 inhabitants who suffer of poor water supply rationing, as well as the inadequacy and the lack of a Municipal Basic Sanitation Plan (PMSB). In light of this reality and the hypothesis of water contamination, this study evaluated the quality of residential water supply in the Maracujá neighborhood of Itambé-PE as a result of physical-chemical and microbiological analyses, comparing it with the parameters former established by Portaria GM/MS nº 888, dated May 4, 2021. Initially, apparent color, turbidity, and hydrogen ion potential (pH) of the water were evaluated by direct measurements, and the Most Probable Number (MPN) of total coliforms and thermotolerant coliforms was determined via multiple tube analysis. The results of the physical-chemical analyses showed that, regarding the apparent color, all analyses exceeded the maximum allowable value established by the current regulation, while turbidity was within the standards in only two out of six samples that were analyzed, the pH results were all within the established standards. However, whereas microbiological analyses, both total coliforms and thermotolerant coliforms had MPN/100mL >23, exceeding the limits required by legislation. The analyses conducted indicate that the treatment plant has not been efficiently fulfilling its function, for, even after undergoing an entire process, the "Grilo" Water Treatment System's water distributed to the residents of the Maracujá neighborhood does not meet the potability standards established by Portaria nº 888/21 of the Ministry of Health.

Keywords: potability; water quality; supply; basic sanitation; physical-chemical analyses; microbiological analyses.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Esquema do tratamento convencional de água 19
Figura 2- Fluxograma dos processos realizados durante o tratamento convencional de água 19
Figura 3- Mapa da cidade de Itambé-PE 25
Figura 4- Delimitações do bairro do Maracujá, situado em Itambé-PE 25
Figura 5- Espectrofotômetro DR 6000^{TM} UV-VIS da marca Hach 27
Figura 6- Turbidímetro 2100 N da marca Hach 27
Figura 7- pHmetro 206 da marca Testo 28
Figura 8- Esquema de análise de coliformes totais e termotolerantes em água pelo método do NMP APHA/AWWA/WEF 9221:2012 29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Valores da cor aparente das amostras de água coletadas no bairro do Maracujá, no município de Itambé-PE, no primeiro semestre de 2023.....32
Gráfico 2- Valores de turbidez das amostras de água coletadas no bairro do Maracujá, no município de Itambé-PE, no primeiro semestre de 2023.....33
Gráfico 3- Valores de pH das amostras de água coletadas no bairro do Maracujá, no município de Itambé-PE, no primeiro semestre de 2023.....34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores de referência dos parâmetros físico-químicos de potabilidade da água....21
Tabela 2- Número Mais Provável (NMP) e intervalo de confiança a nível de 95% de probabilidade, para diversas combinações de tubos positivos e negativos na inoculação de 10 alíquotas de 10g ou ml da amostra por tubo.....30
Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos amostrados no primeiro semestre de 2023 no bairro do Maracujá em Itambé-PE.....31
Tabela 4 - Parâmetros microbiológicos amostrados no primeiro semestre de 2023 no bairro do Maracujá em Itambé-PE.....34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Padrões Bacteriológicos da Água para Consumo Humano 23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
CT	Centro de Tecnologia
DEQ	Departamento de Engenharia Química
EC	*E. coli*
ETA	Estação de Tratamento de Água
LaMI	Laboratório de Microbiologia Industrial
LST	Lauril Sulfato Triptose
LTQ	Laboratório de Tecnologia Química
NMP	Número Mais Provável
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial Hidrogeniônico
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
SAA	Sistema de Abastecimento de Água para Consumo Humano
SAC	Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento de Água para Consumo Humano
SAI	Solução Alternativa Individual de Abastecimento de Água para Consumo Humano
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
uH	Unidade Hazen (mgPt-Co/L)
uT	Unidade de Turbidez
UV-VIS	Ultravioleta Visível
VB	Verde Brilhante Bile 2%
VMP	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15

2 OBJETIVOS 17

2.1 Objetivo Geral 17

2.2 Objetivos específicos 17

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 18

3.1 Tratamento de água municipal 18

3.2 Qualidade de água potável 20

3.2.1 Legislação 20

3.2.2 Parâmetros físico-químicos 21

3.2.3 Parâmetros microbiológicos 22

4 MATERIAIS E MÉTODOS 25

4.1 Análises físico-químicas 27

4.1.1 Cor Aparente 27

4.1.2 Turbidez 27

4.1.3 pH 28

4.2 Análises microbiológicas 28

4.2.1 Pesquisa do NMP de Coliformes Totais e Termotolerantes 28

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 31

5.1 Comparativo das análises físico-químicas 31

5.2 Comparativo das análises microbiológicas 34

5.3 Tratamento de água municipal 35

6 CONCLUSÃO 37

REFERÊNCIAS 38

1 INTRODUÇÃO

A quantidade e qualidade da água às quais o ser humano tem acesso é pauta de preocupação mundial, tendo em vista que o acesso à água potável afeta diretamente a qualidade de vida da população. Para garantir a potabilidade da água é necessário a existência e eficiência dos sistemas públicos de saneamento básico, que devem cumprir com os padrões estabelecidos pela Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021).

Além de ser o elemento fundamental à vida, se não estiver dentro dos padrões adequados para o consumo humano, a água pode ser a causadora de diversas doenças, tais como: febre tifoide, disenteria bacilar, disenteria amebiana, cólera, hepatite infecciosa, giardiose (RICHTER; NETTO, 2018).

> A cidade de Itambé é abastecida pela barragem Muzumbo, que recebe água de nascentes de vários riachos, a água captada segue para a estação de tratamento, no Sistema de Tratamento de Água "Grilo", onde a água passa pelos seguintes processos: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, após todo o processo de tratamento, a água é encaminhada para a reservação, ficando armazenada em reservatórios até o momento de ser distribuída à população. (informação verbal)[1]

O município de Itambé-PE está localizado na Mata Norte Pernambucana e tem atualmente uma população estimada de 35.398 habitantes que sofre com o fracionamento do abastecimento de água, com a precariedade e a inexistência de um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) (SNIS, 2020). De acordo com a Lei Federal nº 11.445/2007, o saneamento básico é o "conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas" (BRASIL, 2007), sendo esse um direito garantido pela Constituição Federal.

Em 2010 a Organização das Nações Unidas (ONU) reafirmou a importância do acesso à água potável e ao saneamento básico como "condição para o gozo pleno da vida e dos demais direitos humanos" (ONU, 2010). Entretanto, tal direito não vem sendo garantido no município de Itambé-PE, tendo em vista que, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020) o município sequer possui Plano Municipal de Saneamento Básico.

Além de não haver um planejamento no que diz respeito à eficiência do sistema de saneamento básico, é possível perceber, antes mesmo da realização das análises, que a água que chega às torneiras dos itambeenses apresenta características organolépticas em níveis capazes

[1] Notícia fornecida por funcionário responsável, há 50 anos, pelo Sistema de Abastecimento de Água do munícipio de Itambé, em Itambé-PE, em maio de 2023.

de provocar estímulos sensoriais que comprometem a aceitação para consumo humano, a exemplo da cor aparente.

Diante de tal realidade e da hipótese de contaminação da água, este trabalho apresentará os resultados de análises físico-químicas e microbiológicas da água que é distribuída pelo sistema municipal de abastecimento no bairro Maracujá, localizado no município de Itambé-PE.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, a qualidade da água de abastecimento residencial fornecida pelo sistema municipal no bairro do Maracujá, em Itambé-PE e comparar com os parâmetros estipulados pela Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a cor aparente, a turbidez e o potencial hidrogeniônico (pH) da água.
- Pesquisar o Número Mais Provável (NMP) de Coliformes Totais e Termotolerantes.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Presente em diversos processos biológicos, físicos e químicos (TUNDISI, 2003) a água é essencial para a manutenção da vida das inúmeras espécies existentes na Terra. Além disso, a água potável constitui-se como elemento primordial para o suprimento das necessidades básicas do ser humano, a exemplo da hidratação, da higiene pessoal e do preparo de alimentos.

Devido às mudanças climáticas e ao uso não sustentável desse recurso natural por parte da sociedade, pode-se perceber uma rarefação desse recurso, tanto no que diz respeito à quantidade como à perda de sua qualidade, o que é preocupante, pois a água deve estar presente não somente em quantidade adequada, mas também com qualidade satisfatória para sanar as necessidades dos seres vivos (BRAGA *et al.*, 2009).

Para constatar a potabilidade da água é necessário averiguar seus padrões físicos, químicos e biológicos e, para que tais parâmetros estejam adequados é necessário a gestão dos recursos hídricos de forma eficaz, desde os reservatórios de água até a rede de saneamento básico (LIBÂNIO *et al.*, 2005). O consumo de água não potável pode trazer sérios riscos à saúde, podendo ocasionar uma série de doenças, tais como: febre tifoide, disenteria bacilar, disenteria amebiana, cólera, hepatite infecciosa, giardiose (RICHTER; NETTO, 2018).

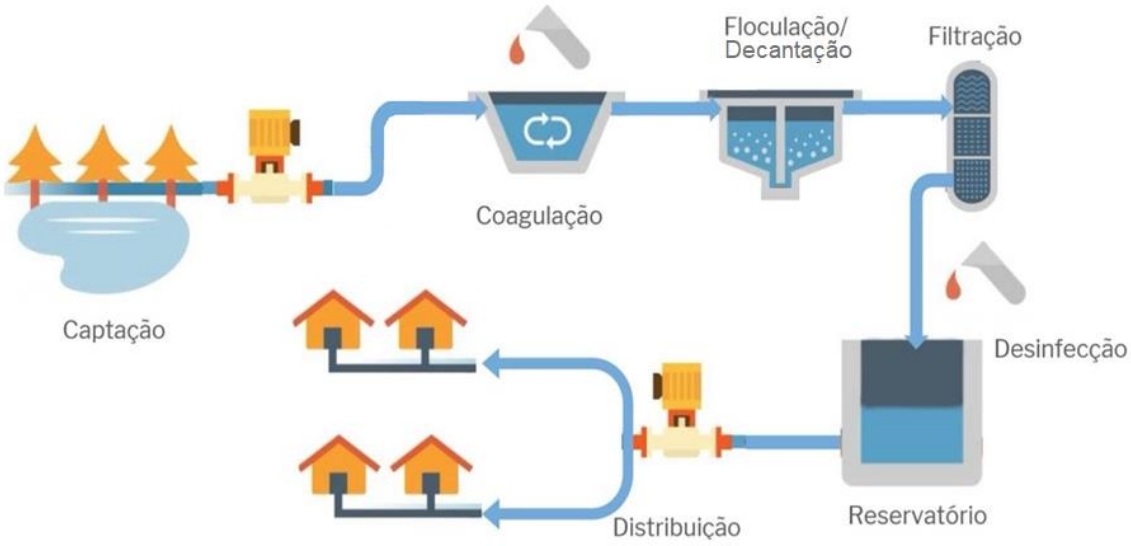
Assim, oportunizar o acesso à água para o consumo humano é dever do poder público instituído pela Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), o acesso à água potável constitui-se ainda como uma medida eficaz de saúde pública no combate às doenças causadas em decorrência do consumo de água contaminada.

Para ser viável ao consumo humano a água deve atender variados padrões de qualidade, dentre os quais: os parâmetros da turbidez, do pH, e o Número Mais Provável de Coliformes Totais e Termotolerantes.

3.1 Tratamento de água municipal

Para que a água bruta vinda dos mananciais se torne adequada ao consumo humano é necessário que essa passe por uma estação de tratamento de água (ETA), a qual tem por objetivo oferecer os devidos processos de tratamento a fim de que a água atenda aos padrões de potabilidade. De acordo com Vieira (2018), compreende-se tratamento de água como uma série de operações encadeadas que visam adequar as características físicas, organolépticas, químicas e bacteriológicas, com intuito de torná-la propícia ao consumo humano.

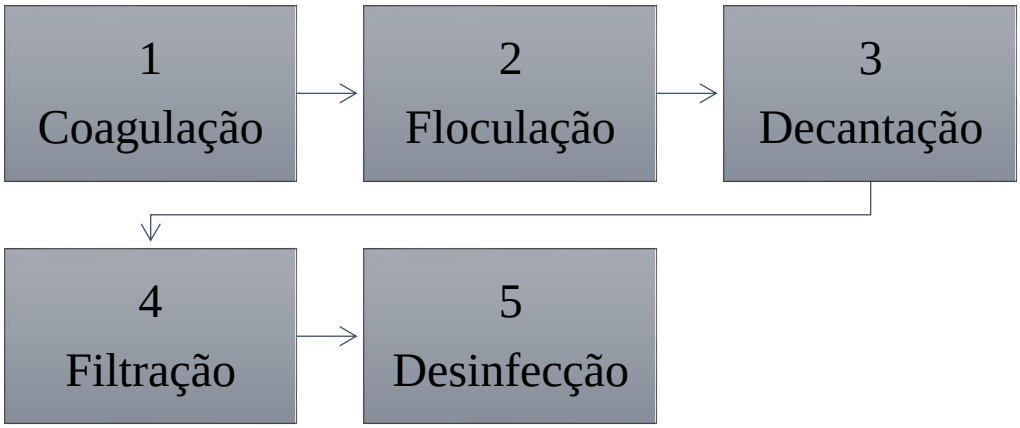
Figura 1- Esquema do tratamento convencional de água



Fonte: Adaptado de Águas e Efluentes (2021)

O tratamento convencional (Figura 1) realizado em uma estação de tratamento de água é composto pelas seguintes etapas: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (Figura 2). Tais etapas realizadas de maneira correta, são fundamentais para resultar em uma água de qualidade e que não apresente risco à saúde.

Figura 2- Fluxograma dos processos realizados durante o tratamento convencional de água



Fonte: Autoral (2023)

De acordo com Ferreira Filho (2022, p. 22), numa ETA tem-se a etapa de coagulação como a operação unitária inicial, sendo essa "responsável pela desestabilização das partículas coloidais em um sistema aquoso, preparando-as para sua remoção nas etapas subsequentes do processo de tratamento."

Dando seguimento ao processo tem-se a etapa de floculação, uma das mais importante no processo de tratamento, visto que sua função é expor partículas coloidais em contato uma

com as outras, proporcionando assim a aglomeração dessas, permitindo assim que possam ser eliminadas da fase líquida por processos de separação sólido-líquido (HOWE *et al.*, 2016).

Ulteriormente é essencial garantir a remoção das partículas coloidais da fase líquida, portanto, emprega-se o processo de decantação que consiste na remoção das partículas indesejáveis da fase líquida por meio de sedimentação gravitacional, que se estabelece pela "utilização das forças gravitacionais para separar partículas de densidade superior à da água, depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento." (RICHTER; NETTO, 2018, p. 148).

Sendo o último processo da fase da retirada de impurezas presentes na água, a filtração consiste na passagem da água por um leito filtrante, cuja finalidade é garantir a produção de água filtrada com características estéticas dentro dos padrões de potabilidade, geralmente o material filtrante é constituído por areia ou areia e carvão mineral (VIEIRA, 2018).

A desinfecção é o último processo realizado na ETA, sendo de extrema relevância, pois tem como função assegurar a remoção de microrganismos patógenos presentes na água, como por exemplo, bactérias, protozoários e vermes (VERGÍNIA, 2017). Na desinfecção é necessário que o agente desinfetante atenda alguns requisitos, sendo estes: capacidade de destruição dos microrganismos patógenos em um tempo aceitável, sem causar cheiro nem sabor na água (ROCHA *et al.*, 2011 *apud* MOURA, 2021).

Conforme descrito por Vergínia (2017, p. 26):

> Entre os agentes da desinfecção o mais frequentemente empregado na purificação da água é o cloro, pois, além de ser barato, pode ser facilmente aplicado devido sua alta solubilidade. O cloro deixa um resíduo em solução, de concentração que pode ser facilmente determinado, sendo que, não são perigosos para o homem e é capaz de destruir a maioria dos microrganismos patogênicos presentes na água.

3.2 Qualidade de água potável

3.2.1 Legislação

Considera-se água potável aquela que atende aos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e radioativos e que não acarreta danos à saúde humana. Tais padrões são estabelecidos pela Portaria nº 888/2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

3.2.2 Parâmetros físico-químicos

Dentre os principais parâmetros físico-químicos utilizados para verificar a qualidade da água destacam-se as análises de: sabor e odor, cor aparente, turbidez, pH, alcalinidade e cloro residual livre.

Os parâmetros físicos encontram-se relacionados aos padrões organolépticos, sendo esses caracterizados por causar estímulos sensoriais que geram, muitas vezes, rejeição por parte do consumidor.

Conforme descrito pela Vigilância e Controle da Água para Consumo Humano (2006, p.45):

> A conceituação de sabor envolve uma interação de gosto [...] com o odor. No entanto genericamente usa-se a expressão conjunta: sabor e odor. Sua origem está associada tanto à presença de substâncias químicas ou gases dissolvidos, quanto à atuação de alguns microrganismos, notadamente algas. Neste último caso são obtidos odores que podem até mesmo ser agradáveis, além daqueles repulsivos. [...] Para consumo humano e usos mais nobres, o padrão de potabilidade exige que a água seja completamente inodora.

De acordo com a Vigilância e Controle da Água para Consumo Humano (2006, p.45), "a cor da água é gerada em decorrência da reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferiores a 1 µm – denominadas coloides – finamente dispersas, de origem orgânicas [...] ou mineral [...]", a presença da cor na água é indesejável, pois pode resultar em uma resistência de aceitação para o seu consumo.

Na Tabela 1 encontram-se expressos os valores de referência estipulados pela Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde, para análise de cor aparente, turbidez e pH.

Tabela 1- Valores de referência dos parâmetros físico-químicos de potabilidade da água

Parâmetro	Valor Mínimo Permitido	Valor Máximo Permitido	Unidade
Cor Aparente	-	15	uH (1)
Turbidez	-	1,0	uT (2)
pH	6,0	9,0	-

Fonte: Autoral, elaborada com base na Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde (2023)

Notas:
(1) Unidade Hazen (mgPt-Co/L).
(2) Unidade de Turbidez.

De acordo com Roberto *et al*. (2017 *apud* REIS *et al.*, 2022, p. 335)

> A turbidez também está ligada à qualidade da água. O alto nível de turbidez está intimamente relacionado à existência de matéria orgânica e argilas suspensas na água,

> em que, a agregação desses componentes dá origem a coloides que interferem na penetração da luz.

Baseado na Tabela 1, temos como Valor Máximo Permitido (VMP) de turbidez 1,0 unidade de Turbidez (uT) em 95% das amostras e 2,0 uT no restante das amostras mensais coletadas para águas tratadas pós-filtração lenta.

"O pH representa a concentração de íons hidrogênio, H^+, dando uma indicação das condições de acidez, neutralidade e basicidade da água. Trata-se de um parâmetro de caráter operacional importante e deve ser acompanhado para otimizar os processos de tratamento" (BAIRD, 2004 *apud* SILVA *et al.*, 2018, p. 51). As estações de tratamento de água devem manter o controle de pH numa faixa de 6,0 a 9,0, conforme indicado na Tabela 1, a fim de evitar que se tornem ácidas ou básicas.

A alcalinidade é outro parâmetro de grande importância na avaliação da qualidade da água, isso porque é em função do seu teor que é definido a dosagem de produtos químicos utilizados (BRASIL, 2009). Tal parâmetro não está relacionado com a transmissão de doenças, mas, influencia diretamente no gosto da água, podendo torná-la amarga.

A medição do cloro é um parâmetro muito importante, sendo esse utilizado para monitorar a dosagem aplicada e também acompanhar sua evolução durante o tratamento, uma vez que o método de cloração é o mais empregado no processo de desinfecção da água. A Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde, determina a "obrigatoriedade da manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede) e nos pontos de consumo" (BRASIL, 2021).

3.2.3 Parâmetros microbiológicos

A análise dos parâmetros microbiológicos é realizada através da investigação da presença de coliformes, que podem ser: coliformes totais e coliformes termotolerantes. "O grupo coliforme é considerado um indicador realista da eficiência do tratamento da água, e indica a possível presença de patógenos no sistema de distribuição desta" (COVERT *et al.*, 1989 *apud* MARQUEZI, 2010, p. 37).

Segundo Silva *et al*. (2018, p. 142):

> No grupo dos coliformes totais estão apenas as enterobactérias capazes de fermentar a lactose com produção de gás a 35 ºC. Mais de 20 espécies se encaixam nessa definição, dentre as quais encontrando-se tanto bactérias originárias do trato gastrintestinal de humanos e outros animais de sangue quente (*Escherichia coli*),

> como também bactérias não entéricas (espécies de *Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella e Serratia*, dentre outras).

Já os coliformes termotolerantes são um subgrupo dos coliformes totais, limitados aos membros capazes de fermentar a lactose a 44,5-45,5 ºC com produção de gás (SILVA *et al*. 2018). Durante muito tempo os coliformes termotolerantes foram relacionados exclusivamente as enterobactérias originárias do trato gastrintestinal, por isso, eram também chamados de coliformes fecais. Todavia, foi comprovado que estes podem ser encontrados também em plantas, solos e efluentes que contenham matéria orgânica. Com a comprovação de membros de origem não fecal no grupo (várias cepas *Klebsiella pneumoniae, Pantoea agglomerans, Enterobacter cloacae* e *Citrobacter freundii*), têm-se evidenciado a nomenclatura coliformes termotolerantes a coliformes fecais.

Para avaliar os parâmetros microbiológicos analisa-se ainda a presença *Escherichia coli*, que "está incluída tanto no grupo dos coliformes totais quanto no dos coliformes termotolerantes" (SILVA *et al*., 2018, p. 143). Tendo essa o trato intestinal de animais de sangue quente como habitat natural, embora possa ser encontrada em alimentos, introduzida a partir de fontes não fecais.

Para análise de tais parâmetros utiliza-se o Quadro 1 como referência.

Quadro 1- Padrões Bacteriológicos da Água para Consumo Humano (continua)

Formas de abastecimento		Parâmetros		VMP (1)
SAI(5)		*Escherichia coli* (2)		Ausência em 100 mL
SAA e SAC	Na saída do tratamento.	Coliformes totais (3)		Ausência em 100 mL
	Sistema de distribuição e pontos de consumo.	*Escherichia coli* (2)		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20000 habitantes.	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, poderá apresentar resultado positivo.

Quadro 1- Padrões Bacteriológicos da Água para Consumo Humano (conclusão)

Formas de abastecimento		Parâmetros		VMP (1)
		Coliformes totais (4)	Sistemas ou soluções alternativas a partir de 20000 habitantes.	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável pelo abastecimento ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água.

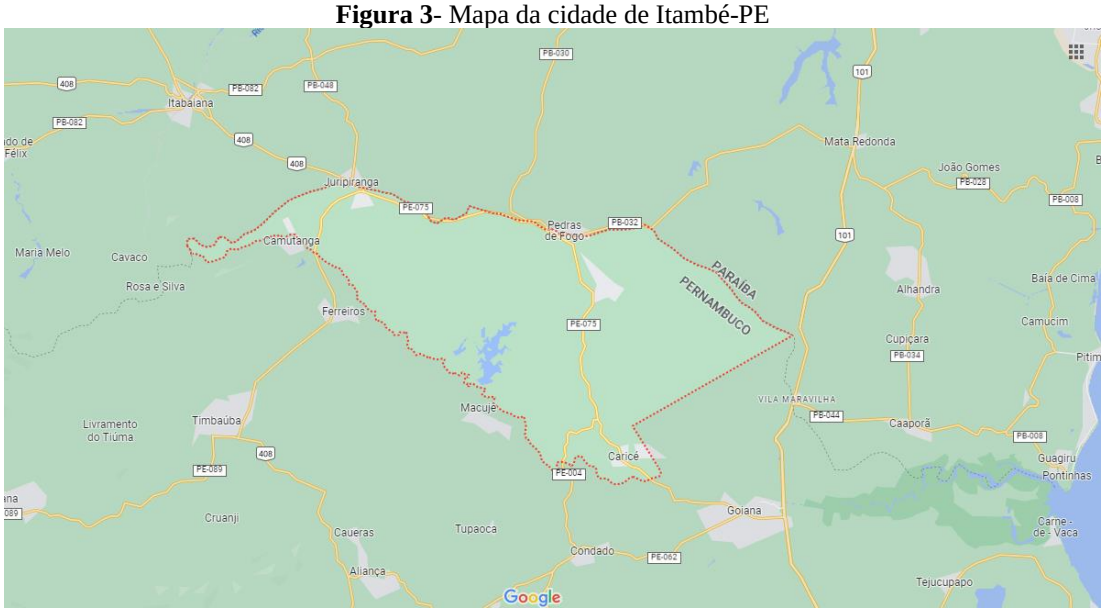
Fonte: Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde.

Notas:
(1) Valor Máximo Permitido
(2) Indicador de contaminação fecal.
(3) Indicador de eficiência de tratamento.
(4) Indicador da condição de operação e manutenção do sistema de distribuição de sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA) e pontos de consumo e reservatório de solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC), em que a qualidade da água produzida pelos processos de tratamento seja preservada (indicador de integridade).
(5) Solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

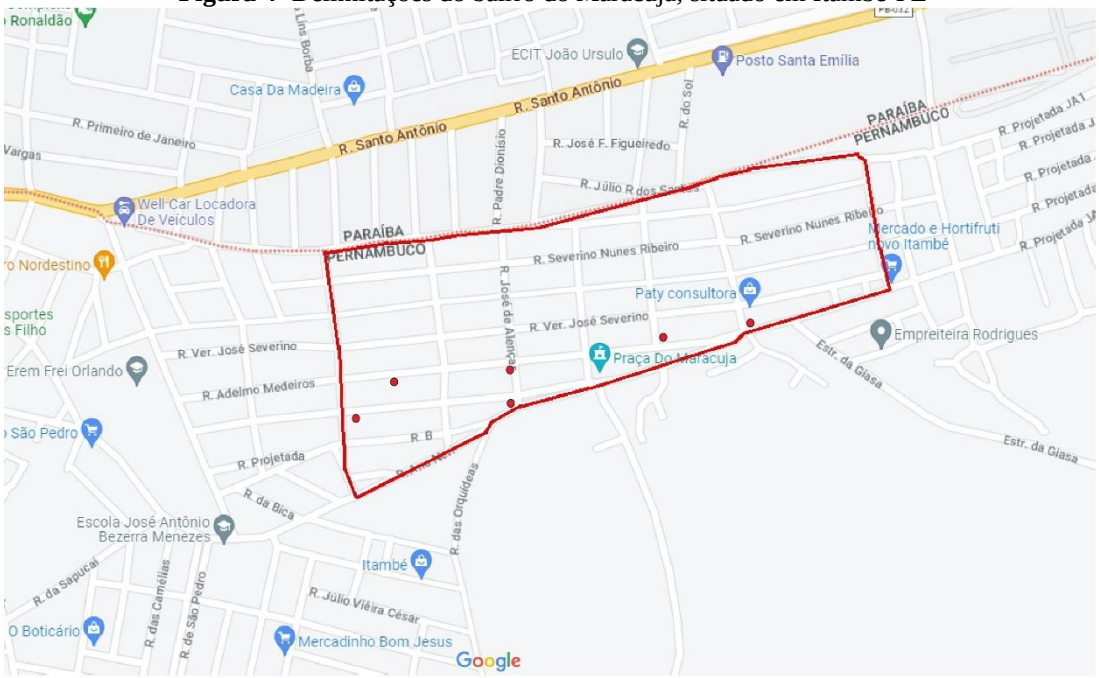
A coleta de amostras de água foi realizada no primeiro semestre de 2023, as amostras foram coletadas por meio de um estudo de campo na zona periférica da cidade de Itambé-PE (Figura 3), em residências localizadas no bairro do Maracujá (Figura 4), que sofre com o racionamento da água, com um serviço de abastecimento precário, além da inexistência de um Plano Municipal de Saneamento Básico (SNIS, 2020).

Figura 3- Mapa da cidade de Itambé-PE



Fonte: *Google Maps* (2023)

Figura 4- Delimitações do bairro do Maracujá, situado em Itambé-PE



Fonte: Adaptado do *Google Maps* (2023)

Com base na Figura 4, pode-se perceber que as amostram concentraram-se na parte inferior do bairro do Maracujá, isso ocorreu pelo fato do município de Itambé sofrer com o racionamento de água, o que tornou a coleta de amostras na parte superior do bairro inviável, uma vez que, os dias de distribuição de água nessa porção do bairro não respeitariam o intervalo máximo de 30 horas entre a coleta e a análise.

As coletas das amostras foram realizadas em torneiras abastecidas diretamente da rede de distribuição municipal. Para realização desse procedimento, utilizou-se as orientações descritas no primeiro capítulo do Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água (2018), que consiste em:

> [...] Limpar a área externa da saída com uma solução de hipoclorito de sódio a 100 mg/l ou com etanol 70%, flambando, se o material for resistente ao fogo. Abrir totalmente a torneira e deixar a água fluir por 2 a 3 minutos, para limpar a tubulação. Reduzir o fluxo para coletar a amostra sem respingos para fora do frasco de coleta. (SILVA *et al.*, 2018, p. 30)

Tendo em vista que as amostras são de água clorada, para a realização das análises microbiológicas, antes da esterilização dos frascos de vidro utilizados para coleta, foi adicionado 0,1 mL de uma solução de 10 % tiossulfato de sódio para cada 100 mL de água que se pretendia coletar, a fim de neutralizar o efeito do cloro residual, impedindo assim o seu efeito bactericida sobre a microbiota presente. Para essa análise foram coletados 200 mL de água, sendo as amostras acondicionadas em caixas isotérmicas sob refrigeração menor que 8º C sem congelar, e transportadas para o Laboratório de Microbiologia Industrial – LaMI, do Departamento de Engenharia Química (DEQ), do Centro de Tecnologia (CT), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no *Campus I*, João Pessoa-PB, sendo respeitado o intervalo de até 30h entre a coleta e a análise.

Para realização das análises físico-químicas coletou-se 200 mL de água em frascos plásticos esterilizados, os quais foram previamente lavados três vezes com água do local que se desejava analisar. As amostras foram acondicionadas em caixas isotérmicas sob refrigeração menor que 8º C sem congelar, e transportadas para o Laboratório de Tecnologia Química (LTQ), do Departamento de Engenharia Química – DEQ/CT/UFPB, no *Campus I*, João Pessoa-PB.

4.1 Análises físico-químicas

4.1.1 Cor Aparente

A cor aparente foi determinada de forma direta pelo método espectrofotométrico. Utilizou-se duas cubetas de vidro de 10 mL, uma contendo a amostra e a outra uma solução padrão de água destilada. O equipamento utilizado foi um Espectrofotômetro DR 6000^{TM} UV-VIS da marca *Hach* (Figura 5), nele foi selecionado o programa 125 – Cor 465 nm (500 units), o aparelho foi zerado com a solução padrão e em seguida foi colocada a amostra para a realização da leitura.

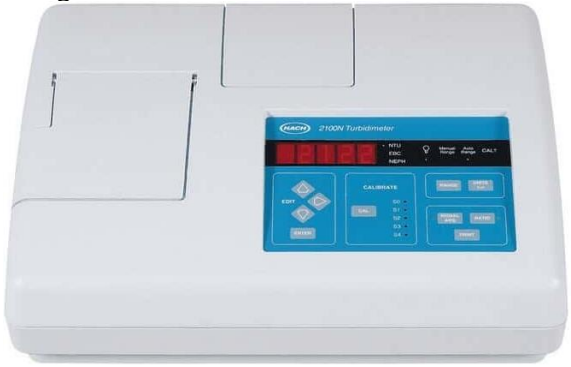
Figura 5- Espectrofotômetro DR 6000^{TM} UV-VIS da marca *Hach*

Fonte: *Hach* (2023)

4.1.2 Turbidez

A turbidez das amostras foi determinada de maneira direta através do Turbidímetro 2100 N da marca *Hach* (Figura 6), que havia sido previamente calibrado com as soluções padrões de < 0,1, 20, 200, 1000 e 4000 NTU. Essa determinação consiste na utilização de feixes de luz que refletem as partículas em suspensão da amostra em questão.

Figura 6- Turbidímetro 2100 N da marca *Hach*



Fonte: *Hach* (2023)

4.1.3 pH

O pH foi analisado utilizando-se o pHmetro digital portátil da marca *Testo* (Figura 7), previamente calibrado com soluções tampão 4,0 e 7,0. A medida foi obtida através da imersão do eletrodo em cerca de 50 mL de amostra de água.

Figura 7- pHmetro 206 da marca *Testo*

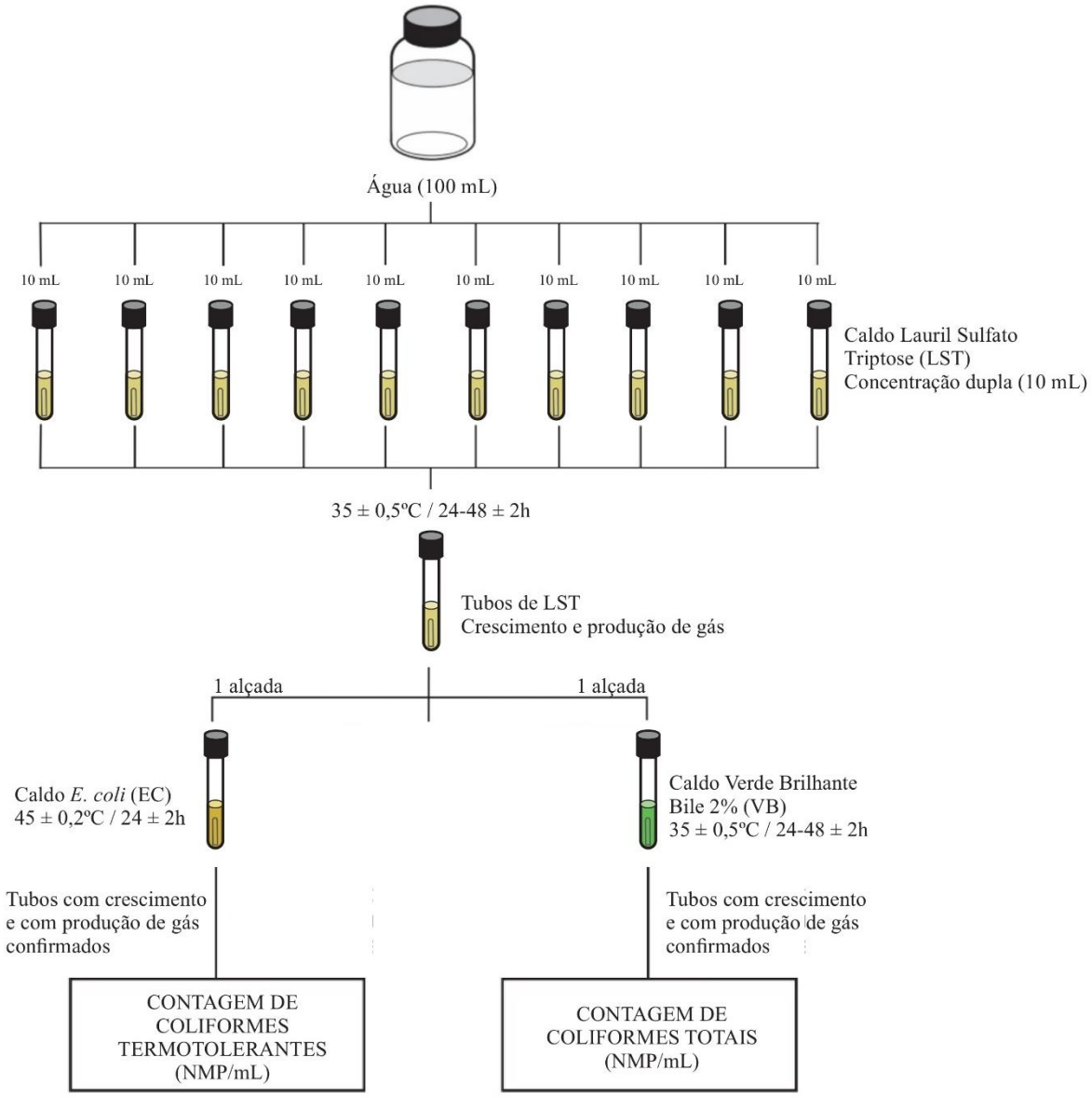
Fonte: *Testo* (2023)

4.2 Análises microbiológicas

4.2.1 Pesquisa do NMP de Coliformes Totais e Termotolerantes

As análises do NMP de Coliformes Totais e Termotolerantes seguiram o esquema ilustrado na Figura 8.

Figura 8- Esquema de análise de coliformes totais e termotolerantes em água pelo método do NMP APHA/AWWA/WEF 9221:2012



Fonte: Adaptado de Hunt, 2012 *apud* SILVA *et al.*, 2018

Para o teste presuntivo foram utilizados dez tubos contendo respectivamente 10 mL de caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) com concentração dupla e tubo de Durham, sendo em cada tubo adicionado 10 mL da amostra. Os tubos foram incubados a uma temperatura 35 ± 0,5ºC por 24 – 48 ± 2h, nos quais foram observados ocorrência de crescimento refletida pela turvação do meio e produção de gás.

Para a quantificação do NMP para Coliformes Totais, transferiu-se uma alçada bem carregada de cada cultura positiva dos tubos de LST para tubos de ensaio contendo em seus interiores tubo de Durham e 10 mL de caldo Verde Brilhante Bile 2% (VB), sendo esses incubados a uma temperatura de 35 ± 0,5 ºC por 24 – 48 ± 2h e verificado se houve crescimento

com produção de gás. O NMP de Coliformes Totais/100mL foi determinado por meio da quantidade de tubos que se apresentaram positivos, tomando como referência a Tabela 2.

Já para os Coliformes Termotolerantes a análise foi feita através da transferência de uma alçada bem carregada de cada tubo positivo de LST para tubos de ensaio contendo em seu interior tubo de Durham e 10 mL de caldo *E. coli* (EC), os quais foram incubados a uma temperatura de 45 ± 0,2ºC por 24 ± 2h, a fim de observar se houve episódio de crescimento com produção de gás. A determinação do NMP de Coliformes Termotolerantes/100mL deu-se por meio da quantidade de tubos que positivaram, tomando como referência a Tabela 2.

Tabela 2- Número Mais Provável (NMP) e intervalo de confiança a nível de 95% de probabilidade, para diversas combinações de tubos positivos e negativos na inoculação de 10 alíquotas de 10g ou ml da amostra por tubo

Número de tubos positivos	NMP/100 mL	Intervalo de confiança (95%)	
		Mínimo	Máximo
0	<1,1	-	3,3
1	1,1	0,5	5,9
2	2,2	0,37	8,1
3	3,6	0,91	9,7
4	5,1	1,6	13
5	6,9	2,5	15
6	9,2	3,3	19
7	12	4,8	24
8	16	5,9	33
9	23	8,1	54
10	>23	12	-

Fonte: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed*. (Rice *et al*., 2012 *apud* SILVA *et al.*, 2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da qualidade da água distribuída pelo sistema de abastecimento no bairro do Maracujá, em Itambé-PE, consistiu na comparação dos dados quantitativos obtidos das amostras, com os valores estipulados pela Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde.

5.1 Comparativo das análises físico-químicas

A partir dos dados obtidos nas análises das amostragens, observou-se que os parâmetros cor aparente e turbidez apresentaram inadequações em relação ao valor estipulado pela Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde. Já no que diz respeito ao parâmetro pH, todos os valores apresentaram-se de acordo com o estipulado pela portaria vigente.

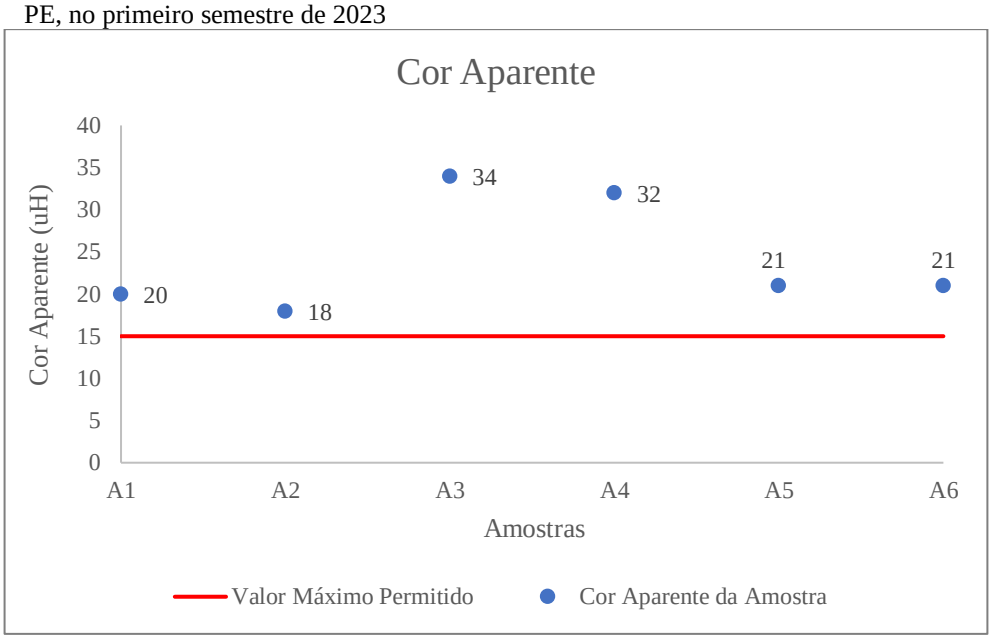
Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos amostrados no primeiro semestre de 2023 no bairro do Maracujá em Itambé-PE

Amostras	Cor Aparente (uH)	Turbidez (uT)	pH
A1	20	0,510	7,92
A2	18	0,487	7,75
A3	34	1,330	7,89
A4	32	1,300	7,72
A5	21	1,360	7,51
A6	21	1,060	7,55

Fonte: Autoral (2023)

Para o parâmetro físico cor aparente, foi possível constatar através dos dados expressos na Tabela 3 que todas as amostras apresentaram inadequações em relação ao valor estipulado pela Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde, que determina como VMP 15 uH (Tabela 1) (BRASIL, 2021). Nas amostras analisadas, a cor variou entre 18 e 34 uH (Gráfico 1). Embora a cor escura da água não esteja necessariamente relacionada com problemas de contaminação (PERPÉRTUO, 2014 *apud* SOUZA *et al.*, 2015), a presença de cor é indesejável, uma vez que está diretamente relacionada com o padrão organoléptico, podendo causar estímulos sensoriais que causem a rejeição por parte do consumidor, e ainda pode acarretar prejuízos em usos não potáveis, como, por exemplo, aumentar a probabilidade de manchar roupas e/ou superfícies claras.

Gráfico 1- Valores da cor aparente das amostras de água coletadas no bairro do Maracujá, no município de Itambé-PE, no primeiro semestre de 2023



Fonte: Autoral (2023)

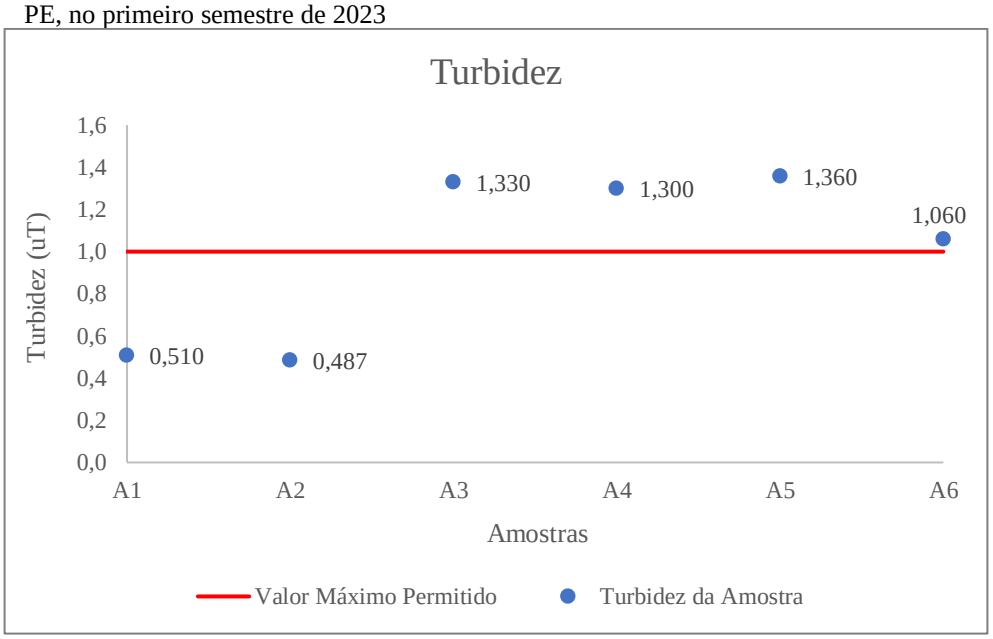
Reis *et al.* (2022) em seu trabalho sobre a Qualidade da água de abastecimento e fatores de risco à saúde na comunidade de Maria Jape em Ilhéus, Bahia, obtiveram resultados análogos ao dessa pesquisa, no qual foi observado que a cor aparente em 100% das amostras, estava acima dos valores máximos permitidos para potabilidade, constatando-se a necessidade de adequação da situação. Já no estudo realizado por Silva (2017) "Qualidade da água de abastecimento e aspectos sociais e comportamentais de seus consumidores no município de Mossoró/RN", os resultados obtidos foram divergentes ao da presente pesquisa, no qual o valor máximo encontrado foi na Zona Oeste (média de A e B 7,95 uH), estando assim, em conformidade com o padrão estabelecido.

De acordo com Scorsafava *et al.* (2013) inadequações no parâmetro cor aparente indicam sinais de contaminação, que podem estar relacionadas com a presença de sólidos dissolvidos em suspensão ou material em estado coloidal, e também com a elevada concentração de ferro.

Tratando-se da turbidez foi comparado os valores da Tabela 3 com o valor máximo permitido para tal parâmetro (Tabela 1), observou-se que apenas as amostras A1 (0,510 uT) e A2 (0,487 uT) estavam em conformidade com o VMP estabelecido (1,0 uT). As amostras A3, A4, A5 e A6 apresentaram valores de turbidez superiores a 1,0 uT, conforme pode-se observar no Gráfico 2, ficando essas fora do limite exigido. Foi possível constatar a influência da sazonalidade, visto que as quatro últimas amostras foram coletadas após períodos de ocorrência

de chuva, o que pode aumentar a presença de sólidos em suspensão na água, diminuindo assim a sua transparência.

Gráfico 2- Valores de turbidez das amostras de água coletadas no bairro do Maracujá, no município de Itambé-PE, no primeiro semestre de 2023

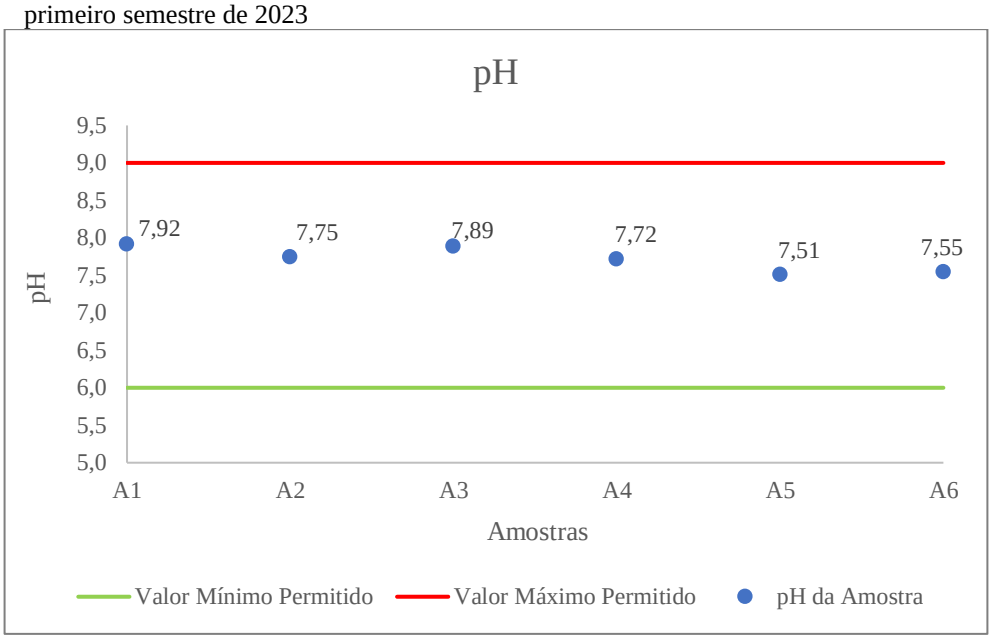


Fonte: Autoral (2023)

O aumento da turbidez resulta em uma aparência estética desagradável e “os sólidos em suspensão podem gerar abrigo para microrganismos patógenos” (PERPÉRTUO, 2014 *apud* SILVA, 2017, p. 57). De acordo com Guimarães *et al.* (2017) "a alta turbidez da água não a torna inviável somente para o consumo por parte do ser humano e dos animais, mas também, pode desencadear muitos problemas ao funcionamento do ecossistema natural.”

No que diz respeito ao pH (Gráfico 3), todos os valores amostrados (Tabela 3) estão dentro da faixa de 6,0 a 9,0 estipulada pela legislação vigente (Tabela 1), dessa forma, os valores encontrados podem ser considerados ótimos, uma vez que, valores acima de 7,0 elevam a possibilidade de incrustações na rede, e valores abaixo de 4,0 tornam a água mais corrosiva, provando a necessidade de sua monitorização (SOUSA *et al.*, 2016 *apud* SILVA, 2017).

Gráfico 3- Valores de pH das amostras de água coletadas no bairro do Maracujá, no município de Itambé-PE, no primeiro semestre de 2023



Fonte: Autoral (2023)

Valores similares ao encontrado nesse trabalho foram obtidos por Yasui (2015) ao realizar análises de amostras de água em residências localizadas no município de Pacaembu/SP, no qual todos os resultados obtidos ficaram dentro do padrão estipulado pela portaria vigente. Já nos resultados apresentados por Reis *et al*. (2022), o pH analisado, em média, está em conformidade com os padrões de potabilidade, entretanto, foi observado que no período mais chuvoso a água apresenta característica alcalina (valor máximo de pH = 9,77).

5.2 Comparativo das análises microbiológicas

As amostragens microbiológicas, conforme pode-se constatar na Tabela 4, apresentaram-se positivas para coliformes totais e termotolerantes, sendo, portanto, um indicativo que a água do sistema de abastecimento pode conter microrganismos patogênicos, que podem transmitir doenças de veiculação hídrica (MOURA *et al.*, 2009), dessa forma, não sendo ideal para o consumo humano.

Tabela 4 - Parâmetros microbiológicos amostrados no primeiro semestre de 2023 no bairro do Maracujá em Itambé-PE (continua)

Amostras	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
A1	>23	>23
A2	>23	>23
A3	>23	>23

Tabela 4 - Parâmetros microbiológicos amostrados no primeiro semestre de 2023 no bairro do Maracujá em Itambé-PE (conclusão)

Amostras	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)
A4	>23	>23
A5	>23	>23
A6	>23	>23

Fonte: Autoral (2023)

Em todas as amostras o resultado obtido para o NMP/100 mL para coliformes totais foi >23, comparando com o padrão determinado pela Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde (Quadro 1), a qual estabelece a ausência em 100 mL, constatou-se que todas as amostras ficaram fora do padrão de potabilidade. No que diz respeito aos coliformes termotolerantes obteve-se para todas as amostras analisadas o NMP/100 mL superior a 23, a presença desse grupo de coliformes na água, ainda mais em número elevado, é sugestivo para a contaminação de águas e solos com dejetos de humanos e de animais de sangue quente (VON SPERLING, 2005).

Os resultados das análises microbiológicas obtidos nesse estudo concordam com os de da Silva (2017) no qual foram confirmadas presença de coliformes totais e termotolerantes em todas as zonas em que as análises foram realizadas, estando em semelhança também com os resultados apresentados por Guimarães *et al.* (2017), em seu trabalho de "Avaliação do pH, turbidez e análise microbiológica da água do córrego Guará Velho em Guaraí, estado do Tocantins", em que as amostras analisadas, em sua totalidade, apresentaram presença de coliformes totais acima do permitido pela legislação.

A presença de coliformes totais e termotolerantes em todas as amostras é indicativo que os métodos de desinfecção utilizados no Sistema de Tratamento de Água "Grilo" demonstraram-se ineficientes na eliminação de microrganismos patógenos. Para assegurar uma boa qualidade da água distribuída, de forma que atenda aos padrões de potabilidade, o Ministério da Saúde requisita que análises físico-químicas e microbiológicas sejam executadas com periodicidade, proporcionando que a água distribuída corresponda aos padrões estabelecidos pela legislação, e que diante à ocorrência de erros no sistema possa possibilitar a sua correção o mais rapidamente possível, diminuindo assim os danos ao consumidor.

5.3 Tratamento de água municipal

Pôde-se constatar também que o município não possui sequer o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), estando assim em desacordo com a Lei nº 11.445/2007 (BRASIL,

2007). A referida lei determina aos municípios a elaboração de um PMSB que assegure: tratamento e distribuição de água potável; coleta e tratamento de esgoto; drenagem urbana das águas pluviais; coleta e destinação correta dos resíduos sólidos, esses correspondendo aos quatro serviços básicos de saneamento.

6 CONCLUSÃO

Pode-se concluir por meio dessa pesquisa que, em relação aos parâmetros físicos, a cor aparente apresentou resultados superiores ao estabelecido pela Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde, assim como a turbidez que apresentou resultados elevados em 4 (quatro) das 6 (seis) amostras realizadas no bairro do Maracujá, em Itambé-PE. As análises químicas de pH não apresentaram grandes variações e todas as amostras ficaram dentro da faixa estipulada pela referida portaria.

Os parâmetros físico-químicos têm relação direta nos processos de desinfecção da água, portanto, é de extrema importância que esses permaneçam dentro dos padrões estabelecidos pela legislação, assegurando assim, que a água se apresente com boa qualidade, evitando a ocorrência de corrosões ou incrustações na rede de distribuição.

Os resultados obtidos, mostram que os parâmetros microbiológicos analisados estão acima dos valores estipulados pela normativa, indicando que a água captada, tratada e distribuída pelo sistema municipal de abastecimento de Itambé ao bairro do Maracujá não atende aos critérios de potabilidade, indicando a possível presença de microrganismos patógenos e contaminação fecal, desta forma não sendo viável para o consumo.

Diante dos dados coletados, evidencia-se que a estação de tratamento não tem cumprido eficientemente com a sua função, tendo em vista que, mesmo após todo o processo no Sistema de Tratamento de Água “Grilo”, a água distribuída aos moradores do bairro do Maracujá não alcança os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde.

Frente aos resultados dessa pesquisa, sugere-se que a administração pública verifique os pontos críticos do sistema de abastecimento, bem como elabore um Plano Municipal de Saneamento Básico eficaz, que seja capaz de atender as reais necessidades do município, além de fazer a adesão ao monitoramento da qualidade da água pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), a fim de que o sistema de abastecimento de água ofereça aos itambeenses água de boa qualidade e que atenda aos padrões estabelecidos pela Portaria nº 888/2021, do Ministério da Saúde.

REFERÊNCIAS

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

BRASIL. Congresso Nacional. **Lei N° 11.445,** de 5 de Janeiro de 2007: Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água.** 3ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888**, de 4 de maio de 2021: Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2021.

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

BRASIL. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento.** Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto - 2020. Brasília: SNIS, 2020.

FERREIRA FILHO, S. S. **Tratamento de água**: concepção, projeto e operação de estações de tratamento - 1. ed. - [Reimpr.]. - Rio de Janeiro: GEN | Grupo Editorial Nacional. Publicado pelo selo LTC | Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2022.

GUIMARÃES, A. P. M.; ROBERTO, M. C.; RIBEIRO, J. L.; CARVALHO, A. V.; NERES, J. C. I.; CERQUEIRA, F. B. AVALIAÇÃO DO pH, TURBIDEZ E ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DO CÓRREGO GUARÁ VELHO EM GUARAÍ, ESTADO DO TOCANTINS. **Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, [S.L.], v. 4, n. 4, p. 3-14, 6 out. 2017. Universidade Federal do Tocantins. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/320357779_AVALIACAO_DO_pH_TURBIDEZ_E_ANALISE_MICROBIOLOGICA_DA_AGUA_DO_CORREGO_GUARA_VELHO_EM_GUARAI_ESTADO_DO_TOCANTINS. Acesso em: 04 jun. 2023.

HOWE, K. J.; HAND, D. W.; CRITTENDEN, J. C.; TRUSSELL, R. R.; TCHOBANOGLOUS, G. **Princípios de Tratamento de Água**. São Paulo: Cengage, 2016. 624 p. (1).

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. L.; NASCIMENTO, N. O. **A dimensão da qualidade de água:** avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública. Revista Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, v.10, n. 3, p. 219-228, 2005.

MARQUEZI, M. C. **Comparação de metodologias para a estimativa do número mais provável (NMP) de coliformes em amostras de água.** Piracicaba, 2010.

MOURA, R. F. V. B. **TÉCNICAS SIMPLICADAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA: ROTEIROS PARA UTILIZAÇÃO**. 2021. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/15670/2/Raquel_Fraga_Vilas_Boas_Moura.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

MOURA, R. S.; PELLI, A; TERRA, A. P.S; OKURA, M. H. Qualidade da água de minas em área urbana na cidade de Uberaba (MG). **Revista Baiana de saúde pública.** v. 33, n. 2. p. 231-242, 2009.

NAÇÕES UNIDAS. **Direito Humano à Água e ao Saneamento:** resolução da Assembleia da Assembleia Geral n°64/292. Nova Iorque: Assembleia Geral, A/RES/64/292, 28/07/2010.

REIS, F. A. S.; AMADO, F. D. R.; BENVENUTI, T. Qualidade da água de abastecimento e fatores de risco à saúde na comunidade de Maria Jape em Ilhéus, Bahia. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, [S.L.], v. 60, n. 1, p. 326-347, 02 fev. 2022. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Disponível em: http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6213. Acesso em: 27 abr. 2023.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de Água**: tecnologia atualizada. 13. ed. São Paulo: Blucher, 2018.

SCORSAFAVA, M. A.; SOUZA, A.; STOFER, M.; NUNES, C. A.; MILANEZ, T. V. Qualidade físico-química da água de abastecimento da região do Vale do Ribeira-SP, Brasil. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 72, n. 1, p. 81-86, 18 mar. 2013. Disponível em: https://periodicos.saude.sp.gov.br/RIAL/article/view/32899. Acesso em: 27 abr. 2023.

SILVA, A.B; BRITO, J.M; DUARTE, J.S; BRAZ, A.S; SILVA, R.A; FILHO, E. D. S. Análise Físico-Química da água utilizada para consumo nas escolas municipais da zona urbana de Esperança/PB. **Biota Amazônica Open Journal System**, Universidade Federal do Amapá. Macapá. Jul.2018. ISSN 2179-5746. Disponível em: https://periodicos.unifap.br/index.php/biota/article/viewFile/3762/v8n3p49-52pdf. Acesso em: 05 nov. 2022.

SILVA, M. M. **Qualidade da água de abastecimento e aspectos sociais e comportamentais de seus consumidores no município de Mossoró/RN**. 2017. 92 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Ambiente, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/709. Acesso em: 14 maio 2023.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M.. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. São Paulo: Blucher, 2018. p. 560. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521212263/pageid/4. Acesso em: 28 nov. 2022.

SOARES, E. M.; FERREIRA, R. L. **Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil**. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, [S. l.], v. 13, n. 6, 2017. Disponível em:

https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/762. Acesso em: 01 dez. 2022.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; CONDÉ, N. M.; CARVALHO, W. B.; CARVALHO, C. V. M. Análise das condições de potabilidade das águas de surgências em Ubá, MG. **Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science.** v. 10 n.3, p. 614-622, Jul./Set. 2015.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI:** enfrentando a escassez. 1 ed. São Carlos: Rima, IIE, 2003.

VERGÍNIA, F. D. **MONITORAMENTO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE IMBITUBA-SC**. 2017. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Química, Universidade do Sul de Santa Catarina-UNISUL, Tubarão, 2017. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/11539/1/completo%20-%20tcc.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

VIEIRA, R. P. O. **LEVANTAMENTO DE SERVIÇOS PARA O MELHOR DESEMPENHO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DO PLANO PILOTO – ETA BRASÍLIA**. 2018. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS, Brasília, 2018. Disponível em: https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/14000/1/21505741.pdf. Acesso em: 03 jun. 2023.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

YASUI, J. C. **ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE PACAEMBU/SP**. 2015. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/6803. Acesso em: 15 mar. 2023.