



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO TRÊS RIOS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**ALTERNATIVA PARA REMOÇÃO DE FERRO E ATENDIMENTO**  
**DOS PADRÕES ORGANOLÉPTICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**  
**PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM TRÊS RIOS - RJ**

**Gisely Salvado Ribeiro**

**ORIENTADOR: Olga Venimar de Oliveira Gomes**

**COORIENTADOR: Monique de Carvalho Bento**

**TRÊS RIOS - RJ**

**JULHO – 2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO TRÊS RIOS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**ALTERNATIVA PARA REMOÇÃO DE FERRO E ATENDIMENTO  
DOS PADRÕES ORGANOLÉPTICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM TRÊS RIOS - RJ**

**Gisely Salvado Ribeiro**

Monografia apresentada ao curso de Gestão Ambiental,  
como requisito parcial para obtenção do título de  
bacharel em Gestão Ambiental da UFRRJ, Instituto Três  
Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**TRÊS RIOS - RJ**  
**JULHO – 2023**

Ribeiro, Gisely Salvado, 2023.

Alternativa para remoção de ferro e atendimento dos padrões organolépticos das águas subterrâneas para abastecimento público em Três Rios-RJ/ Gisely Salvado Ribeiro. Três Rios, 2023.

86f. : graf., tabs.

Orientador: Profa. Dra. Olga Venimar de Oliveira Gomes

Monografia (bacharelado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Instituto Três Rios, Três Rios, 2023.

1. Contaminação natural, padrões de potabilidade, sistemas de tratamento. I. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto Três Rios. II. Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO TRÊS RIOS**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

**ALTERNATIVA PARA REMOÇÃO DE FERRO E ATENDIMENTO  
DOS PADRÕES ORGANOLÉPTICOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM TRÊS RIOS - RJ**

**Gisely salvado Ribeiro**

Monografia apresentada ao Curso de Gestão Ambiental como pré-requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Aprovada em 26/07/2023

Banca examinadora:

  
\_\_\_\_\_

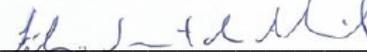
Prof. Orientadora Olga Venimar de Oliveira Gomes

  
\_\_\_\_\_

Coorientadora e Gestora Ambiental Monique de Carvalho Bento

  
\_\_\_\_\_

Prof. Fábio Cardoso de Freitas

  
\_\_\_\_\_

Prof. Fábio Souto de Almeida

**TRÊS RIOS – RJ**

**JULHO – 2023**

*Dedicatória*  
“À minha filha Isabel, para sua inspiração e à minha avó Carmem (In memoriam), pela  
minha gratidão.”

## AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus pais, Valdir e Célia, por todo amor incondicional, dedicação integral, esforço e crédito depositado em mim desde o início de minha vida. Obrigada pai por estar sempre ao meu lado, sempre prestativo, atencioso e divertido. Você sempre será o meu botafoguense preferido. Obrigada mãe por acreditar em mim quando eu já não podia, que além de força sempre me deu um colo e incentivo, e pela companhia constante nas noites de sextas feiras. O meu amor por vocês não tem medida, vai além do infinito. Palavras não são suficientes para agradecer por tanto!

Isabel, minha melhor, minha vida, meu mundo. Obrigada por ser minha filha e companheira, por desculpar minhas ausências e por ser sempre o meu sopro de esperança. Você está se tornando uma pessoa fantástica e sua caminhada, que está apenas no começo, com certeza será brilhante. É por você que todo dia agradeço, e é a você que dedico minha vida e tudo que realizo. Minha te ama mais do que macaco gosta de banana.

Agradeço também ao meu irmão Giulliano, meu exemplo de serenidade, que me deu ainda, junto com a Tamires, minha sobrinha Lia. Sou feliz por saber que sempre estará lá por mim. À você minha eterna gratidão por ainda estar aqui.

Agradeço a toda família Salvado, mesmo em momentos de divergência, sabemos que podemos contar um com o outro. Obrigada pelo apoio sempre, em especial minha tia Cláudia, minha Dinda por sempre me incentivar e apoiar com carinho e amor.

Não posso deixar de ressaltar minha gratidão aos amigos Yuri e Daiana, obrigada por tornarem esses anos mais leves, divertidos e agradáveis. Encontrar vocês no caminho fez de mim uma pessoa melhor.

Yuri, obrigada pela força, pelo encorajamento, pelas nossas conversas sempre edificantes: de reality show ao sentido da vida, com toques de divas pop. E principalmente, por dividir comigo as tarefas, alegrias e problemas nesses anos de ITR. Você é luz, e sempre ilumina os que estão à sua volta.

Daiana, obrigada por partilhar essa experiência comigo, pelo seu companheirismo, por nossas constantes e infindáveis conversas no hall e por ser uma boa ouvinte para o meu tantão de lamúrias.

Obrigada Olga, minha orientadora, pelo suporte, pelas suas correções e incentivos; mas principalmente por ser o momento de calma em meio à tempestade.

Agradeço ao SAAETRI pela oportunidade de estágio e pelo reconhecimento da minha dedicação ao trabalho. Aos funcionários que me acolheram e tanto me ensinaram, em especial Waldeci, Flaviana, João, Angélica e o Diretor Jean, o meu muito obrigado. Um agradecimento mais que especial ao Elso, Clésio e o Teleco, obrigada por todo o suporte e ensinamentos, e pelo imenso auxílio na minha pesquisa.

Um capítulo especial para minha “chefinha” Monique. Acredito que a vida nos escolheu e nos aproximou, nos dando de presente a amizade. Nesses dois anos pudemos partilhar alegrias e tristezas, sucessos e fracassos, expectativas e decepções, e de todas essas experiências, saímos mais fortes. Você para mim é um exemplo: mulher batalhadora e obstinada, acolhedora e amiga. Obrigada pelas conversas, conselhos e fofocas. Obrigada por me deixar fazer parte do projeto Bemposta, pelas inúmeras contribuições e orientação nesta pesquisa. Obrigada pela sua amizade e companheirismo sempre.

O meu sincero agradecimento à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Instituto Três Rios e a todos os professores e demais pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Esse é mais um ciclo fechado da minha vida, para que um novo aconteça e a vida se renove. Sou grata por esses anos na universidade, onde fui imensamente feliz, e por tudo que aprendi. É isso, a vida é um eterno aprendizado.

*“Não, não tenho caminho novo.  
O que tenho de novo  
é o jeito de caminhar.  
Aprendi  
(o que o caminho me ensinou)  
a caminhar cantando  
como convém  
a mim  
e aos que vão comigo.  
Pois já não vou mais sozinho.”  
(Thiago de Mello)*

## RESUMO

A água para ser distribuída a população deve estar enquadrada nos parâmetros estabelecidos pela portaria em vigência, acerca de sua potabilidade. Esta pesquisa procurou caracterizar a água subterrânea no município de Três Rios, realizar e comparar os ensaios de adsorção de ferro e manganês nas águas subterrâneas para abastecimento no distrito de Bemposta, bem como analisar possíveis indicadores para avaliação da adsorção do ferro e manganês. Os dados para caracterização da água subterrânea de Três Rios (RJ) foram obtidos junto ao INEA. As coletas de amostras foram realizadas nas águas subterrâneas “*in natura*” e nas tratadas e consumidas em Bemposta. Os parâmetros analisados foram o cloro livre residual, turbidez, pH, cor, além do teor de ferro e manganês. Foi possível verificar a existência de contaminação natural de ferro e manganês nas águas subterrâneas de Três Rios. De acordo com a análise dos resultados das amostras coletadas, foi possível verificar a maior eficiência do tratamento realizado com meio filtrante catalítico Controll M.F. 574® (Sistema 2), para remoção de ferro, reduzindo seus teores em 94,55% na saída da ETA e em 88,68% na rede de distribuição; bem como a redução dos parâmetros cor e turbidez na água distribuída à população. Os sistemas de tratamento testados não foram eficazes na redução do manganês apresentando média dos resultados acima do permitido pela legislação vigente. Os resultados obtidos não possibilitaram a designação de indicadores para avaliação da adsorção de ferro e manganês, carecendo para tanto de um número mais expressivo de amostras. Recomenda-se através dessa pesquisa o monitoramento contínuo dessas águas consumidas, bem como manutenção e limpeza periódica dos poços de captação, a fim de minimizar as possíveis incrustações de ferro e manganês na rede de distribuição.

Palavras-chave: Contaminação natural, padrões de potabilidade, sistemas de tratamento.

## **ABSTRACT**

The Water to be distributed to the population must comply with the parameters established by the ordinance in force regarding its potability. This research sought to characterize groundwater in the municipality of Três Rios, carry out and compare iron and manganese adsorption tests in groundwater for supply in the district of Bemposta, as well as analyze possible indicators for evaluating the adsorption of iron and manganese. The data for characterizing the groundwater in Três Rios were obtained from INEA. Samples were collected from groundwater and treated water consumed at Bemposta. The parameters analyzed were residual free chlorine, turbidity, pH, color, in addition to iron and manganese content. It was possible to verify that there is a relevant natural contamination of iron and manganese in the groundwater of Três Rios. According to the analysis of the results of the collected samples, it was possible to verify the greater efficiency of the treatment performed with catalytic filter medium Controll M.F. 574® (System 2), for removing iron, reducing its contents by 94.55% at the ETA outlet and by 88.68% in the distribution network; as well as the reduction of color and turbidity parameters in the water distributed to the population. The tested treatment systems were not effective in reducing manganese, presenting average results above what is allowed by current legislation. The results obtained did not allow the designation of indicators to evaluate the adsorption of iron and manganese, lacking a more expressive number of samples. It is recommended, through this research, the continuous monitoring of these consumed waters, as well as the periodic maintenance and cleaning of the collection wells, in order to minimize the possible incrustations of iron and manganese in the distribution network.

**Keywords:** Natural contamination, potability standards, treatment systems.

## **LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLO**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANVISA - Agência de Vigilância Sanitária

BSB – Brasil/Brasília

CRC - Cloro Residual Combinado

CRL - Cloro Residual Livre

DOU – Diário Oficial da União

EEMGG - Escola Estadual Municipalizada Guilhermina Guinle

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ETA - Estação De Tratamento De Água

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

NBR – Norma Brasileira

OD - Oxigênio Dissolvido

OMS – Organização Mundial da Saúde

OPAS - Organização Panamericana de Saúde

P/A - Presença e Ausência

SAAETRI - Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Três Rios

SVS - Secretaria de Vigilância em Saúde

UBS - Unidade Básica de Saúde

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

VMD - Valor Máximo Desejável

VMP - Valor Máximo Permitido

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Normas brasileiras de potabilidade da água para consumo humano.....	18
<b>Figura 2.</b> Evolução da quantidade de parâmetros das portarias brasileiras de potabilidade.....	22
<b>Figura 3.</b> Aerador do tipo cascata.....	26
<b>Figura 4.</b> Aerador do tipo tabuleiro.....	26
<b>Figura 5.</b> Aerador do tipo repuxo.....	26
<b>Figura 6.</b> Mapa de localização do Município de Três Rios/RJ.....	32
<b>Figura 7.</b> Poço da Fazenda.....	35
<b>Figura 8.</b> Poço do Campo.....	35
<b>Figura 9.</b> Poço do Barreiro.....	36
<b>Figura 10.</b> Mapa de localização dos poços utilizados na captação de água no distrito de Bemposta, Três Rios - RJ.....	36
<b>Figura 11.</b> Ponto de coleta 1 – ETA, distrito de Bemposta, Três Rios - RJ.....	38
<b>Figura 12.</b> Ponto de coleta 2 – UBS, distrito de Bemposta, Três Rios - RJ.....	38
<b>Figura 13.</b> Ponto de coleta 3 – Subprefeitura, distrito de Bemposta, Três Rios - RJ.....	38
<b>Figura 14.</b> Ponto de coleta 4 – EEMGG, distrito de Bemposta, Três Rios - RJ.....	38
<b>Figura 15.</b> Colorímetro Microprocessado Digital.....	40
<b>Figura 16.</b> Turbidímetro Microprocessado Digital.....	40
<b>Figura 17.</b> pHmetro Microprocessado.....	40
<b>Figura 18.</b> Fotômetro Multi-parâmetros com CQC.....	41
<b>Figura 19.</b> ETA Bemposta em 2014.....	46
<b>Figura 20.</b> Esquema do Sistema 1 de tratamento.....	46
<b>Figura 21.</b> Torre de aeração da ETA Bemposta.....	47
<b>Figura 22.</b> Cisterna – ETA Bemposta.....	47
<b>Figura 23.</b> ETA Bemposta em 2021. ....	48

<b>Figura 24.</b> Meio filtrante catalítico Controll M.F. 574®.....	49
<b>Figura 25:</b> Esquema de tratamento da água com Controll M.F. 574®.....	50
<b>Figura 26.</b> Tanque equalizador.. .....	50
<b>Figura 27.</b> Filtro pressurizado.....	50
<b>Figura 28.</b> Gráfico dos resultados do índice de ferro por localidade no distrito de Bemposta.....	61
<b>Figura 29.</b> Gráfico dos resultados do índice de manganês por localidade no distrito de Bemposta.....	63
<b>Figura 30.</b> Gráficos de dispersão para água bruta.....	64
<b>Figura 31.</b> Gráficos de dispersão para o Sistema 1.....	66
<b>Figura 32.</b> Gráficos de dispersão para o Sistema 2.....	67
<b>Figura 33.</b> Gráficos de dispersão para o Monitoramento do Sistema 2.....	69

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Evolução do Valor Máximo Permitido de alguns parâmetros nas portarias de padrões de potabilidade.....	22
<b>Tabela 2</b> – Nível estático e dinâmico, vazão e coordenadas dos poços utilizados na captação de água subterrânea no Distrito de Bemposta.....	34
<b>Tabela 3</b> – Dados das coletas de amostras para análise.....	37
<b>Tabela 4</b> - Parâmetros físico-químicos dos poços outorgados em Três Rios.....	42
<b>Tabela 5</b> - Resultado das análises da água bruta.....	51
<b>Tabela 6</b> – Resultados das análises para o parâmetro Ferro.....	53
<b>Tabela 7</b> – Resultados das análises para o parâmetro Manganês.....	54
<b>Tabela 8</b> – Resultados das análises para o parâmetro Cloro Residual Livre.....	56
<b>Tabela 9</b> – Resultados das análises para o parâmetro Turbidez.....	57
<b>Tabela 10</b> – Resultados das análises para o parâmetro pH.....	58
<b>Tabela 11</b> – Resultados das análises para o parâmetro Cor.....	59

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Descrição geral dos equipamentos utilizados na realização das análises.....	39
--	----

# SUMÁRIO

<b>1.1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1. OBJETIVO GERAL.....	17
1.1.1. Objetivos Específicos.....	17
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
2.1. UMA BREVE ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO DE POTABILIDADE .....	17
2.2. ÍONS METÁLICOS DE FE E MN EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO.....	23
2.2.1. Ferro .....	23
2.2.2. Manganês .....	24
2.2.3. Métodos convencionais de remoção de Fe e Mn para águas subterrâneas. .	25
2.2.3.1. Aeração-filtração.....	25
2.2.3.2. Cloração-filtração .....	27
2.2.3.3. Oxidação com agentes oxidantes fortes seguida da filtração.....	28
2.2.4. Métodos não convencionais de remoção de ferro e manganês .....	29
2.2.4.1. Filtração biológica .....	29
2.2.4.2. Filtração em membranas .....	30
2.2.4.3. Filtração Adsorviva.....	31
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDO .....	31
3.2. SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA .....	34
3.3. COLETA DE AMOSTRAS .....	36
3.4. ANÁLISES DAS AMOSTRAS .....	39
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	41
4.2. SISTEMA 1 - TRATAMENTO COM FILTRO DE CARVÃO ATIVADO.....	45
4.3. SISTEMA 2 - TRATAMENTO COM FILTRO COM CONTROLL M.F. 574®. ...	48
4.4. MONITORAMENTO DO SISTEMA 2.....	50
4.5. ÁGUA BRUTA.....	51

4.6. COMPARATIVO DAS MÉDIAS ENTRE OS SISTEMAS DE TRATAMENTO.	52
4.7. ÍNDICE DE FERRO POR LOCALIDADE .....	60
4.8. ÍNDICE DE MANGANÊS POR LOCALIDADE .....	62
4.9. ANÁLISE DA DISPERSÃO PARA INDICADORES .....	64
4.9.1. Água Bruta .....	64
4.9.2. Sistema 1 .....	65
4.9.3. Sistema 2 .....	67
4.9.4. Monitoramento Sistema 2 .....	69
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>70</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>79</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A água é indispensável para a sobrevivência de todos os seres vivos. Além do seu papel fundamental na manutenção dos ecossistemas, seus aspectos quali-quantitativos são essenciais para o desenvolvimento de uma sociedade. A importância da disponibilidade e qualidade hídrica para as sociedades pode ser demonstrada pelo fato das grandes civilizações da antiguidade, precursoras socioculturais e ainda referências na atualidade, terem se desenvolvido pautadas na agricultura que tiveram suporte em grandes corpos hídricos como o rio Nilo no Egito, rio Amarelo na China, rio Tigre e Eufrates na Mesopotâmia (Yofee 2013).

Apesar do planeta possuir abundância de água, com cerca de 70% de sua superfície coberta por esse líquido, a maior parte, cerca de 97% consiste em água salgada, encontrada nos oceanos. Apenas a água doce subterrânea e superficial são factíveis de serem compartilhadas por bilhões de pessoas em todo o mundo, como recursos hídricos, sendo utilizadas para uma variedade de fins: consumo humano, agricultura, indústria e geração de energia (UNESCO, 2019). Diante disso, uma pequena fração, aproximadamente 3% do total no planeta é água doce, sendo que grande parte (2,31 %) está concentrada nas geleiras e não podem ser exploradas, 0,66% são águas subterrâneas e apenas 0,03% são águas superficiais (Midões 2001).

Além do recurso hídrico mais abundante, a água subterrânea tende a ser estratégica para situações de escassez hídrica no futuro. Considerando o consumo humano, é importante destacar que as águas naturais podem conter substâncias, elementos químicos e microrganismos que devem ser eliminados ou reduzidos a concentrações seguras, a fim de não representarem riscos à saúde humana. A presença dos íons de ferro e manganês em águas destinadas ao abastecimento resulta em uma água com gosto e odor desagradáveis e podem ocasionar a formação de depósitos e incrustações na rede de distribuição; podem ainda ser responsáveis pelo crescimento de bactérias ferruginosas prejudiciais nas redes de distribuição (Di Bernardo 2017).

No município de Três Rios, Rio de Janeiro, o abastecimento público de água é feito pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Três Rios (SAAETRI). Criado em 26 de junho de 1967, o SAAETRI é uma autarquia municipal que presta serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no município. Atualmente, a autarquia atende a 30.155 domicílios, estando presente em todos os bairros e no distrito de Bemposta. Para realizar o

atendimento à população, o SAAETRI conta com quatro estações de tratamento de água (ETA) com captação em manancial superficial: ETA Cantagalo, ETA Ge, ETA Rua Direita e ETA Moura Brasil; e uma estação de tratamento com captação de água subterrânea: ETA Bemposta (SAAETRI 2023).

No Distrito de Bemposta, localizado na zona rural do município, o tratamento da água distribuída à população era realizado de forma convencional, com a utilização do método de aeração-filtração. Porém durante anos a água apresentava coloração marrom-amarela, turva e com gosto adstringente, causando transtornos à população abastecida.

O estudo apresenta a mudança do método de tratamento da água subterrânea consumida no distrito de Bemposta, com maior remoção de ferro e manganês, bem como discutir sua eficácia. Para além do município de Três Rios, muitos poços que exploram águas subterrâneas na região sudeste apresentam anomalias de ferro e manganês. Diante disso, compreender a contaminação natural de ferro e manganês, empreender medidas de mitigação que ofereçam água de melhor qualidade para consumo humano e processos industriais são medidas extremamente importantes.

## **1.1. OBJETIVO GERAL**

O estudo visou a apresentar um processo eficiente de remoção de Ferro e Manganês para águas subterrâneas utilizadas para o abastecimento público no município de Três Rios.

### **1.1.1. Objetivos Específicos**

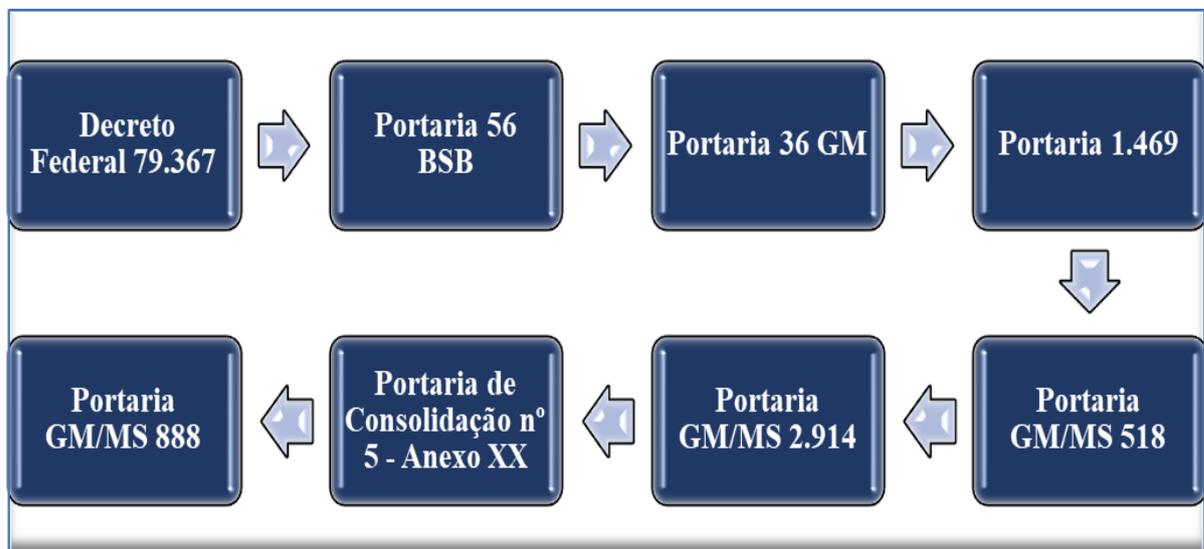
- Caracterizar as águas subterrâneas do município de Três Rios – RJ;
- Analisar os ensaios de adsorção de águas subterrâneas para abastecimento;
- Determinar os possíveis indicadores para avaliação da adsorção do Ferro e Manganês nas águas subterrâneas na área de estudo.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. UMA BREVE ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO DE POTABILIDADE**

No Brasil, a legislação sobre a potabilidade da água foi sendo construída ao longo dos anos, em resposta às demandas da sociedade e às pressões da saúde pública. A atenção das autoridades de saúde no Brasil acerca da qualidade da água destinada ao consumo humano iniciou-se a partir da década de 1920, com a criação do Departamento Nacional de Saúde Pública (DNSP). O DNSP foi instituído pelo Decreto-Lei nº 3.987, em consonância com a "Reforma Carlos Chagas", que reorganizou os serviços de saúde no país. Somente algumas décadas depois, em 1961, o Governo Federal promulgou o Código Nacional de Saúde por meio do Decreto nº 49.974/1961, que regulamentou a Lei nº 2.314/1954 estabelecendo normas mais amplas sobre defesa e proteção à saúde, ampliando à área de atuação da vigilância sanitária e ambiental (Formaggia 2007).

Na década de 1970, o Decreto Federal 79.367 de 09 de março de 1977 (BRASIL 1977) atribuiu ao Ministério da Saúde a competência de elaborar normas e estabelecer padrões de potabilidade da água para consumo humano para todo o território nacional, bem como realizar a fiscalização do cumprimento desses padrões estabelecidos. A Figura 1 apresenta um breve resumo da evolução das normas brasileiras de potabilidade da água para consumo humano.



**Figura 1.** Normas brasileiras de potabilidade da água para consumo humano.

Tendo como base o decreto de 79.367/1977 foram elaboradas e aprovadas diversas legislações sobre a água para consumo humano, incluindo a Portaria nº 56 / BSB de 14 de

março de 1977, a primeira legislação federal brasileira sobre potabilidade de água para consumo humano editada pelo Ministério da Saúde.

A Portaria n.º56/BSB/1977 estabelecia os padrões de potabilidade de água para consumo humano, de acordo com características microbiológicas e parâmetros físico, químico e organolépticos. Nesta portaria foram normatizadas 13 substâncias organolépticas, 11 substâncias químicas inorgânicas, 13 agrotóxicos, 1 padrão microbiológico e 1 padrão radiológico, estabelecendo ainda a realização do plano de amostragem com análises periódicas da qualidade da água, indicando número mínimo de amostras a serem coletadas para tanto, e tomar medidas para corrigir eventuais problemas identificados (Bastos 2020). Para alguns parâmetros foram instituídos dois valores de referência, o VMD (valor máximo desejável) e VMP (valor máximo permitido) (Fernandes Neto 2010).

Em 1988, ocorreu uma reunião em Florianópolis entre o Ministério da Saúde, todas as secretarias de Saúde do Brasil, as empresas estaduais de saneamento e os órgãos de controle ambiental com o objetivo de discutir o papel do setor de saúde na fiscalização e acompanhamento da qualidade da água destinada ao consumo humano. Como resultado dessas discussões, constatou-se a necessidade de revisão da Portaria BSB nº 56 de 1977. A Portaria N° 36 MS/GM, de 19 de janeiro de 1990 é então o fruto dessa revisão e foi realizada seguindo orientação do guia publicado pela OMS na década de 80, fundamentada nos padrões de potabilidade dos Estados Unidos e Canadá (Soares 2021).

A Portaria n° 36/1990 incluiu a definição dos termos vigilância, controle da qualidade da água para consumo humano, serviço e sistema de abastecimento de água. Estabeleceu que mensalmente os dados referentes às análises realizadas de acordo com plano de amostragem, fossem enviados pelos serviços responsáveis pelo abastecimento de água às Secretarias Estaduais de Saúde, a fim de comprovar o cumprimento da legislação. Ficaram estabelecidos somente os valores máximos permitidos (VMP) para os parâmetros, considerando 18 substâncias organolépticas, 11 substâncias químicas inorgânicas, 21 substâncias químicas orgânicas (incluindo os agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários de desinfecção), 2 padrões microbiológico e 2 padrões radiológicos; definindo dessa forma, o teor mínimo de cloro residual livre (CRL) a ser mantido na rede de distribuição e a faixa de pH permitida para água potável. Apresentou a oficialização do teste P/A (presença e ausência) como indicador qualitativo bacteriológico e a recomendação da contagem de bactérias heterotróficas. Houve ainda, mudança na proposta de amostragem para avaliação da qualidade da água,

condicionando o número de amostras e sua frequência de acordo com o parâmetro e a população abastecida (BRASIL 1990).

Após dez anos, foi realizada uma revisão na legislação promovida pelo Ministério da Saúde, por meio da Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, com o apoio da Organização Panamericana de Saúde – OPAS, contando ainda com uma equipe de consultores oriundos de Laboratório, órgão ambiental, saúde e universidade, levando em consideração ainda a segunda edição do Guia da OMS lançado em 1993 (Formaggia 2021). A Portaria 1.469 de 29/12/2000 oriunda dessa revisão estabeleceu, entre outras normas, os deveres e responsabilidades nos níveis federais, estaduais e municipais no que se refere à vigilância da qualidade da água para consumo humano, bem como as penalidades para o não cumprimento da legislação. Estabeleceu a classificação dos tipos de abastecimento, definindo sistema de abastecimento coletivo e alternativo. Também realizou a incorporação de parâmetro microbiológico para análise de cianobactérias e cianotoxinas. Além disso, estabeleceu não somente o teor mínimo de CRL na rede de distribuição e a definição do teor máximo de CRL na rede de distribuição. Promoveu a ampliação dos elementos e substâncias químicas que representam risco à saúde a serem monitorados, subdivididos em subdivididos em 13 substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde, 12 substâncias químicas orgânicas que representam risco à saúde, 22 agrotóxicos, 6 desinfetantes e produtos secundários de desinfecção, 4 padrões microbiológico, 1 padrão para cianobactérias, 1 padrão para cianotoxinas, 2 padrões radiológicos e 20 componentes que afetam a qualidade organoléptica da água. Realizou a incorporação de parâmetro microbiológico para análise de cianobactérias e cianotoxinas. Estabeleceu não somente o teor mínimo de CRL na rede de distribuição e como definiu o teor máximo de CRL na rede de distribuição, redefinindo ainda, a faixa de pH recomendável para a água potável (BRASIL 2000).

A Portaria GM/MS nº 518 de 25/03/2004 foi publicada devido ao fato da atribuição para legislar e fazer cumprir a legislação sobre potabilidade da água para consumo humano ter sido transferida da FUNASA para a SVS - Secretaria de Vigilância em Saúde sendo mantido o conteúdo técnico da Portaria 1.469/2000, não realizando dessa forma ampliação nos padrões de monitoramento. Houve também a prorrogação dos prazos para o cumprimento da norma estabelecida já na legislação anterior (BRASIL 2004).

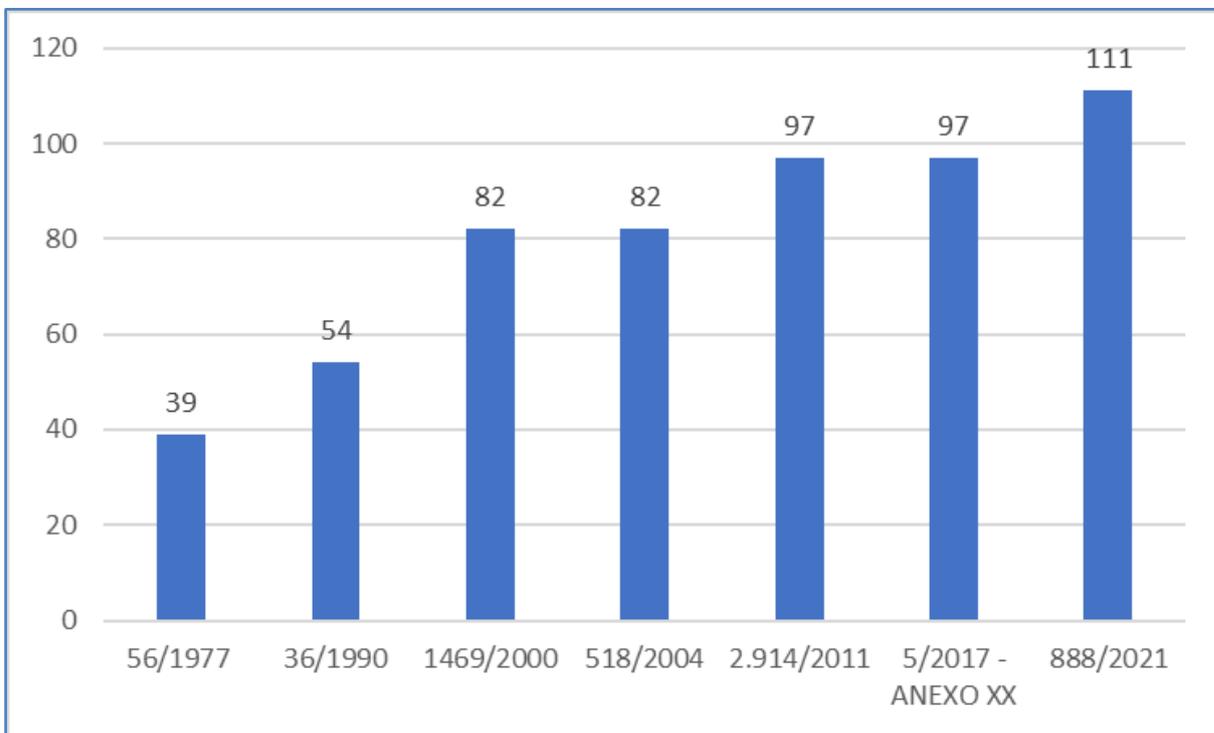
Em 2011, o Ministério da Saúde devido novos conhecimentos técnico-científicos e novas realidades realizou a revisão da legislação de potabilidade de água, publicando a

Portaria 2.914/2011 em 12/12/2011. A portaria em questão trouxe a redefinição do conceito de "água potável". Além disso, estabeleceu as competências da Secretaria Especial de Saúde Indígena, da Fundação Nacional de Saúde - FUNASA e da Agência de Vigilância Sanitária – ANVISA. Estabeleceu parâmetros operacionais para o processo de desinfecção, como a relação de tempo de contato, temperatura, pH e concentração do desinfetante. Além disso, definiu teores mínimos de cloro residual livre (CRL), cloro residual combinado (CRC) e dióxido de cloro a serem mantidos na rede de distribuição e estabeleceu teores mais rígidos para turbidez após filtração. Estabeleceu o VMP para 15 substâncias químicas inorgânicas que representam risco à saúde, 15 substâncias químicas orgânicas que representam risco à saúde, 27 agrotóxicos, 7 desinfetantes e produtos secundários de desinfecção, 7 padrões microbiológico, 1 padrão para cianobactérias, 2 padrão para cianotoxinas, 2 padrões radiológicos e 21 componentes que afetam a qualidade organoléptica da água (BRASIL 2011).

Através do Suplemento DOU nº 190, em 03 de outubro de 2017, foi publicada a Portaria de Consolidação nº 5 de 28/09/2017, que revogou a Portaria nº 2914/2011 por meio do Art. 864, inciso CXXXIII. A Portaria nº 5/2017 consolidou as normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde, com isso, todo o conteúdo da Portaria 2.914/2011 passou a ser incluído no Anexo XX da referida Portaria (BRASIL 2017).

A Portaria GM/MS nº 888, publicada em 4 de maio de 2021, representa a revisão da legislação sobre a potabilidade da água para consumo humano, ocorrida quase dez anos após a publicação da Portaria 2.914. A elaboração do novo texto teve início em 2020 e foi submetida a consulta pública pela Internet. A nova portaria apresenta um aumento significativo de definições consideradas necessárias para o perfeito entendimento da legislação, além de introduzir padrões para cilindrospermopsinas. A atualização e ampliação do rol de elementos e substâncias químicas a serem analisadas incluem 14 substâncias inorgânicas, 16 substâncias orgânicas, 40 agrotóxicos e metabólitos e 10 subprodutos do processo da desinfecção, 7 padrões microbiológicos, 1 padrão para cianobactérias, 3 padrões para cianotoxinas, 2 padrões radiológicos. A portaria prevê ainda, o padrão organoléptico de potabilidade para 17 parâmetros e introduz padrão de turbidez para filtração por membrana. O plano de amostragem para avaliação bacteriológica foi alterado para diferentes faixas populacionais em relação à portaria 2.914/2011 e prevê plano de amostragem diferenciado para povos indígenas e comunidades tradicionais (BRASIL 2021).

A Figura 2 ilustra a evolução no número de parâmetros contemplados nas portarias brasileiras de potabilidade da água.



**Figura 2.** Evolução da quantidade de parâmetros das portarias brasileiras de potabilidade.

A Tabela 1 apresenta os limites máximos permitidos de alguns parâmetros constantes nas portarias de padrões de potabilidade já editadas no Brasil.

**Tabela 1** – Evolução do Valor Máximo Permitido de alguns parâmetros nas portarias de padrões de potabilidade.

Parâmetro	56/77	36/90	1469/00	518/04	2.914/11	5/17 - ANEXO XX	888/21
<b>Turbidez (uT)</b>	5	1	5	5	5	5	5
<b>Cor Aparente (uH)</b>	20	5	15	15	15	15	15
<b>Dureza Total</b>		500	500	500	500	500	300

<b>(mg/L CaCO<sub>3</sub>)</b>							
<b>Ferro Total (mg/L)</b>	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Manganês (mg/L)</b>	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<b>pH</b>		6,0 a 8,5	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	6,0 a 9,5	6,0 a 9,0
<b>Arsênio (mg/L)</b>	0,01	0,05	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
<b>Alumínio (mg/L)</b>	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>Cloro residual (mg/L)</b>			5	5	5	5	5

## 2.2. ÍONS METÁLICOS DE Fe E Mn EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO

As águas subterrâneas podem possuir naturalmente ferro e manganês em sua composição em decurso do processo de lixiviação principalmente dos minerais do solo e das rochas (Terrel 2007). Esses metais podem se apresentar nas formas: dissolvida, coloidal ou ainda particulada. De maneira primária, o ferro e manganês existentes no material geológico podem ser lixiviados ou dessorvidos através das águas naturais (água da chuva, água do solo, águas subterrâneas e superficiais). Nesse processo, a acidez da água (pH) e a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) desempenham um papel importante na quantidade e na forma dos íons lixiviados. Quanto maior acidez e mais altos os níveis do oxigênio dissolvidos durante a lixiviação, maior oxidação e, portanto, maior a mobilidade dos íons para as águas subterrâneas (Chatuverdi & Dave 2012).

### 2.2.1. Ferro

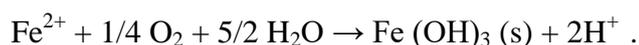
O ferro é um dos metais mais abundantes da crosta terrestre e comumente é encontrado em minerais de silicatos presentes nas rochas ígneas, na forma de diversos óxidos como a magnetita, hematita e limonita. Sua presença em águas subterrâneas em níveis elevados deve-se ao processo de lixiviação de solos e rochas supracitadas. Nas águas naturais, o ferro é encontrado principalmente nas formas de bicarbonato ferroso ( $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ),

hidróxido férrico (Fe(OH)<sub>3</sub>) e sulfato ferroso (FeSO<sub>4</sub>). O bicarbonato e o sulfato são encontrados em solução, produzindo íons ferrosos por dissociação, enquanto o hidróxido fica em suspensão coloidal. (Madeira 2003).

Em águas naturais, tanto superficiais quanto subterrâneas apresenta-se de duas formas: dissolvido na água, na forma de íon ferroso Fe<sup>2+</sup> ou íon férrico Fe<sup>3+</sup> de forma insolúvel como de óxidos ou hidróxidos de ferro (Folzke 2013).

Em presença de oxigênio, os íons ferrosos (Fe<sup>2+</sup>) são oxidados e transformam-se em íons férricos insolúveis (Fe<sup>3+</sup>). Geralmente, a presença de ferro dissolvido pressupõe baixo teor de oxigênio e uma concentração elevada de dióxido de carbono, condições que são comuns em águas subterrâneas (Madeira 2003).

Com níveis elevados de Fe dissolvidos na água dá-se a formação de precipitados de hidróxido de ferro insolúvel (Fe(OH)<sub>3</sub>) quando as formas reduzidas dos metais são oxidadas. A equação mostra a oxidação do Fe bem como a formação do composto precipitado.



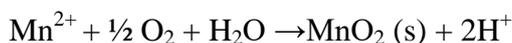
Dessa forma, as águas subterrâneas contendo ferro geralmente apresentam-se cristalinas imediatamente após sua captação, no entanto, após um período de exposição ao ar, que pode variar de 10 minutos a algumas horas, dependendo do pH, elas tornam-se turvas e marrom-avermelhada devido a reações de oxidação (Di Bernardo 2017).

O excesso de ferro na água ocasiona problemas estéticos, como odor, gosto metálico e cor marrom-avermelhada, e operacionais, pois a deposição nos sistemas de distribuição de água causam depósitos e incrustações, que levam à alta turbidez e favorecem o crescimento de bactérias ferruginosas nos sistemas de distribuição (Moruzzi 2012).

### **2.2.2. Manganês**

O manganês é predominantemente encontrado em rochas metamórficas e sedimentares, e seus dióxidos, como a manganita (Mn<sup>+3</sup>O(OH)) e a pirolusita (Mn<sup>4+</sup>O<sub>2</sub>), se acumulam nos solos por meio da lixiviação dos constituintes mais solúveis. Embora menos abundante na natureza que o ferro, o manganês é um elemento essencial para a vida dos seres vivos, e pode ser encontrado naturalmente na água, através da dissolução de minerais, muitas vezes associado ao ferro (Madeira 2003).

O Mn pode se apresentar na forma dissolvida ( $Mn^{+2}$ ) e em sua forma insolúvel ( $Mn^{+4}$ ), sendo uma preocupação com níveis elevados Mn dissolvidos na água, a formação de precipitados de dióxido de manganês ( $MnO_2$ ) quando as formas reduzidas dos metais são oxidadas. A equação mostra a oxidação do Mn e a consequente formação do composto precipitado.



Para ocorrer a precipitação em compostos do manganês, por consequência, da aeração é necessário que o pH da água seja elevado para acima de 8,0; dessa forma surgirá um precipitado a princípio uma aparência leitosa e em seguida de cor castanho-escuro ou quase negra, característica de óxidos de manganês (Di Bernardo 2017).

A presença de manganês em teores excedentes de 0,10 mg/L na água pode causar diversos transtornos aos usuários, juntamente com o ferro, conferem à água um gosto metálico adstringente e coloração marrom-amarelada e turva, decorrente da oxidação. Além disso, provocam manchas em sanitários e roupas, e também favorecem o crescimento de bactérias, depósitos em tubulações, perturbações em processos industriais (como lavanderias, curtumes, fábricas de bebidas e de papel) e desenvolvimento de bactérias no interior das canalizações distribuidoras (Vistuba 2010).

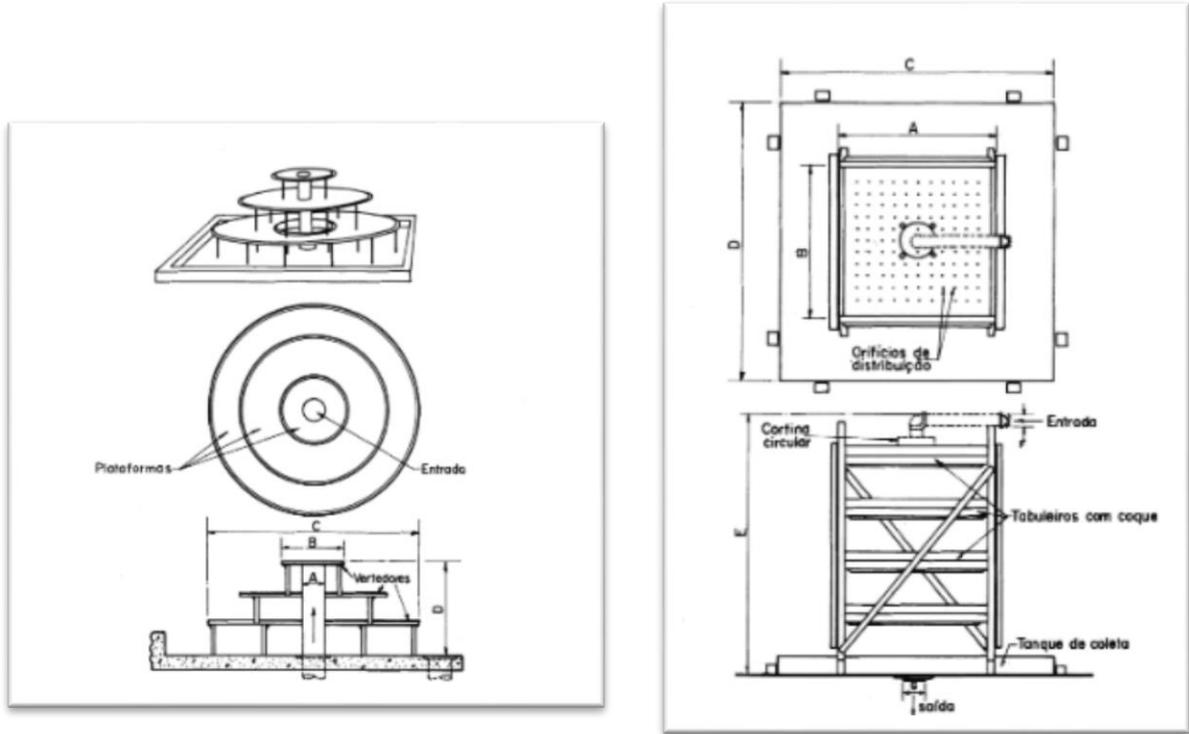
### **2.2.3. Métodos convencionais de remoção de Fe e Mn para águas subterrâneas.**

Em geral, o processo de remoção de ferro e manganês no tratamento da água inclui duas etapas que dependem entre si: a oxidação para formação de precipitado e a remoção do precipitado formado. Os processos mais comumente utilizados para remoção de ferro e manganês no tratamento de água para o abastecimento público são: a aeração-filtração, a cloração-filtração e a oxidação com agentes oxidantes forte seguida da filtração (Moruzzi 2012).

#### **2.2.3.1. Aeração-filtração**

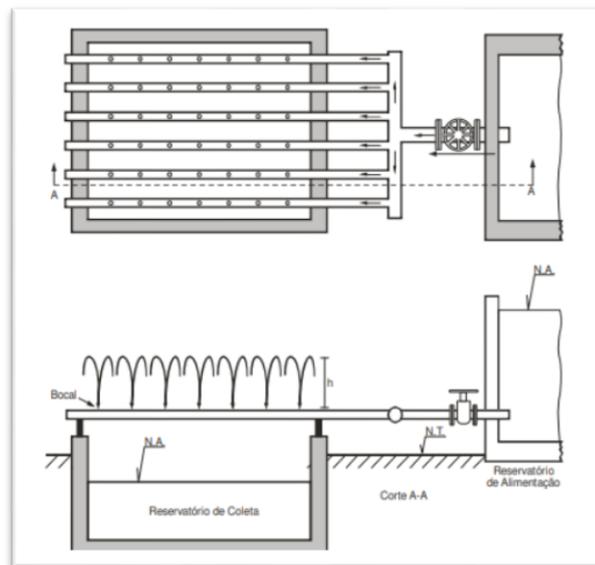
A aeração-filtração é um processo mais comum no tratamento de água em sistemas de abastecimento público e privado. O processo de aeração consiste em um contato da água e de uma fase gasosa, normalmente o oxigênio, ocorrendo então a oxidação para formação de

precipitado (Richter 1991). Nesse processo é necessária a utilização de aeradores. Os aeradores mais comuns são os de queda, por gravidade podendo estes ser do tipo cascata (Figura 3) ou de tabuleiros (Figura 4); ou aeradores de repuxo (Figura 5) (Souza 2007).



**Figura 3.** Aerador do tipo cascata. Fonte: Richter 1991.

**Figura 4.** Aerador do tipo tabuleiro. Fonte: Richter 1991.



**Figura 5.** Aerador do tipo repuxo. Fonte: Souza 2007.

Durante o processo de aeração ocorrem as seguintes reações químicas para o ferro e o manganês (Moruzzi 2012):



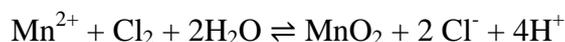
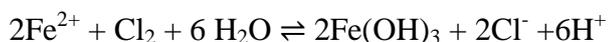
A segunda etapa, filtração, consiste em passar a água através de um meio filtrante, como areia, cascalho ou carvão ativado para remoção do precipitado formado. O meio filtrante remove partículas suspensas na água, bem como bactérias e outros microrganismos. A remoção eficiente de partículas suspensas, partículas coloidais e microrganismos presentes na água dependerá dos atributos do meio filtrante e das características hidráulicas. A escolha do meio filtrante para preenchimento do filtro será realizada de acordo com as características apresentadas na água a ser tratada. À medida que a água passa pelo meio filtrante, ela é purificada e se torna mais clara e limpa. Em alguns casos é necessário um processo intermediário de decantação para a separação das partículas suspensas nas águas formadas pelo processo de aeração. Essas partículas tendem a depositar-se no fundo do tanque decantador (Di Bernardo 2017).

Após a filtração, a água pode ser tratada com produtos químicos, como cloro ou ozônio, para garantir a eliminação completa de microrganismos patogênicos. Em seguida, a água pode ser armazenada em reservatórios e distribuída para uso humano.

### **2.2.3.2. Cloração-filtração**

O processo de cloração-filtração consiste em duas etapas principais: cloração e filtração.

A primeira etapa, cloração, envolve a adição de produtos químicos como cloro ou hipoclorito de sódio à água para formação de precipitado, auxiliando na remoção de ferro e manganês. Esses agentes oxidantes transformam compostos ferrosos em compostos férricos insolúveis. Além de realizar a remoção de ferro e manganês, a aplicação de cloro na água realiza também a desinfecção da água, o controle do gosto e odor da água e ainda, a remoção de alguns gases como amônia ( $\text{NH}_3$ ) e sulfeto de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{S}$ ). No processo de aeração ocorrem as seguintes reações químicas entre o cloro, o ferro e o manganês (Moruzzi 2012):



A segunda etapa, filtração, consiste em passar a água através de um meio filtrante, como areia, cascalho ou carvão ativado, para remover partículas em suspensão, como sedimentos, argila e outros sólidos. Após a etapa de filtração, a água pode ser tratada com produtos químicos adicionais, como flúor, para melhorar a saúde dental, ou produtos químicos que ajudem a equilibrar o pH da água (Di Bernardo 2017).

O processo de cloração-filtração é amplamente utilizado em sistemas de tratamento de água em todo o mundo e é considerado uma das formas mais eficazes e econômicas de produzir água potável segura e limpa. As normas e regulamentos governamentais específicos geralmente regem a dosagem e o tempo de exposição do cloro na água, bem como a qualidade do meio filtrante utilizado, para garantir que a água tratada atenda aos padrões de qualidade estabelecidos.

### **2.2.3.3. Oxidação com agentes oxidantes fortes seguida da filtração.**

A oxidação com agentes oxidantes fortes seguida da filtração é um processo de tratamento de água que utiliza substâncias químicas oxidantes, como o permanganato de potássio, cloro, ozônio ou peróxido de hidrogênio, para oxidar compostos orgânicos e inorgânicos presentes na água. O permanganato de potássio ( $\text{KMnO}_4$ ) é um composto de função química sal inorgânico, formado pelos íons potássio ( $\text{K}^+$ ) e permanganato ( $\text{MnO}_4^-$ ). A oxidação ocorre através da transferência de elétrons de uma substância oxidante forte para a substância a ser oxidada, que é transformada em uma forma mais fácil de ser removida durante a filtração. Podendo ser observado na seguinte equação (Moruzzi 2012):



Durante a etapa de oxidação descrita pelas equações acima, a substância o oxidante forte, no caso o permanganato de potássio é adicionado à água e reagindo tanto com o ferro quanto com o manganês, oxidando-os e transformando-as em um estado mais fácil de ser filtrado. A reação pode ser rápida ou lenta, dependendo do agente oxidante utilizado e das condições de pH e temperatura da água.

Após a etapa de oxidação, a água é submetida a um processo de filtração, geralmente através de um meio filtrante de areia, cascalho ou carvão ativado, para finalizar a remoção das impurezas oxidadas (Di Bernardo 2017).

O processo de oxidação com agentes oxidantes fortes seguida da filtração é especialmente eficaz para remover compostos orgânicos e inorgânicos da água, como bactérias, vírus, cloroaminas, ferro e manganês, entre outros. A escolha do agente oxidante a ser utilizado dependerá das características da água e do nível de impurezas a serem removidas (Moruzzi 2012).

O processo é amplamente utilizado em sistemas de tratamento de água em todo o mundo e é geralmente regulado por normas e regulamentos governamentais específicos para garantir a qualidade e a segurança da água tratada.

Os métodos convencionais utilizados para remover íons metálicos de águas apesar de serem comumente utilizados por possuírem várias etapas podem apresentar alto custo, tanto com consumo de energia quanto com produtos químicos e consumo de energia, a adição de reagentes químicos também apresenta uma desvantagem: a formação de subprodutos que podem representar riscos à saúde da população e causar impactos secundários ao meio ambiente (Madeira 2003).

#### **2.2.4. Métodos não convencionais de remoção de ferro e manganês**

Existem numerosos produtos e técnicas não convencionais para a remoção de ferro e manganês. Dentre estes métodos, podem ser citados a filtração biológica, filtração por membranas e a filtração adsortiva.

##### **2.2.4.1. Filtração biológica**

Nos últimos anos, a biotecnologia tem recebido cada vez mais atenção como uma opção promissora no controle e remoção de metais, devido ao seu alto potencial de aplicação. Um dos processos que ilustram essa aplicação da biotecnologia é a biossorção, que utiliza espécies naturais, como bactérias, fungos e algas, conhecidas como biossorbentes. Os biossorbentes interagem com os contaminantes metálicos presentes na água ou em soluções aquosas. Essa interação pode ocorrer por meio de diversas metodologias, como troca iônica, complexação, adsorção, interações eletrostáticas, microprecipitação, entre outros mecanismos (Vijayaraghavan 2008).

Uma das vantagens da bioissorção é a utilização de materiais biológicos de baixo custo, que são naturalmente abundantes no meio ambiente. Além disso, os bioissorventes podem ser obtidos de fontes renováveis, como resíduos agrícolas e industriais, o que torna o processo mais sustentável. A bioissorção também é uma alternativa atrativa em comparação com outros métodos convencionais de remoção de metais, pois apresenta maior seletividade, eficiência e pode ser combinada com outros processos de tratamento. Uma das limitações significativas desse processo é o tempo prolongado necessário para o desenvolvimento e estabilização do biofilme bacteriano, que pode levar meses. Essa demora na formação do biofilme pode afetar a eficiência do tratamento inicialmente. Além disso, é crucial ter um controle cuidadoso das condições operacionais, uma vez que as bactérias são sensíveis às condições ambientais (Tekerekopoulou 2008).

#### **2.2.4.2. Filtração em membranas**

A membrana é uma barreira seletiva que separa duas fases, restringindo o transporte de espécies químicas presentes na água. Na década de 1960, o processo de filtração em membranas era utilizado para dessalinização da água do mar, somente na década de 1980 começou a ser empregada para remoção da dureza da água com o surgimento da nanofiltração (Di Bernardo 2017).

As membranas podem ser compostas de material orgânico (polímero) ou inorgânicos (cerâmica, metais, vidro, etc.), com diversas porosidades. São os poros responsáveis por separar partículas não dissipadas e para fracionar moléculas dissolvidas de diferentes massas molares. Existem diferentes tipos de membranas usadas na filtração de água, incluindo membranas de microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa. Cada tipo de membrana possui características distintas em termos de tamanho de poro e capacidade de remoção de contaminantes, o que permite sua aplicação em uma variedade de cenários (Dias 2006).

As vantagens da implantação de um sistema de filtração por membranas é a diminuição do uso de produtos químicos durante o processo de tratamento e a alta qualidade da água produzida. Porém, apesar de utilizada em muitos países, seu custo ainda é superior ao sistema de filtração convencional, principalmente pela necessidade de reposição das

membranas em média a cada três anos e no Brasil não há produção de membrana em larga escala (Maximila 2016).

#### **2.2.4.3. Filtração Adsorptiva**

O mecanismo de adsorção consiste no contato entre um sólido (adsorvente) e uma solução (adsorvato), com transferência de massa do adsorvato para o adsorvente. Este processo pode ocorrer de forma física, um fenômeno reversível onde ocorre a formação de multicamadas; ou de forma química através de interações iônicas entre o material adsorvente e o adsorvato, formando monocamadas. Os adsorventes são partículas sólidas porosas que possuem uma ampla área superficial e são dotados de sítios ativos, podendo ser carvão ativado, resinas de troca iônica, as zeólitas, óxidos de metais e alumina ativada (Di Bernardo 2017).

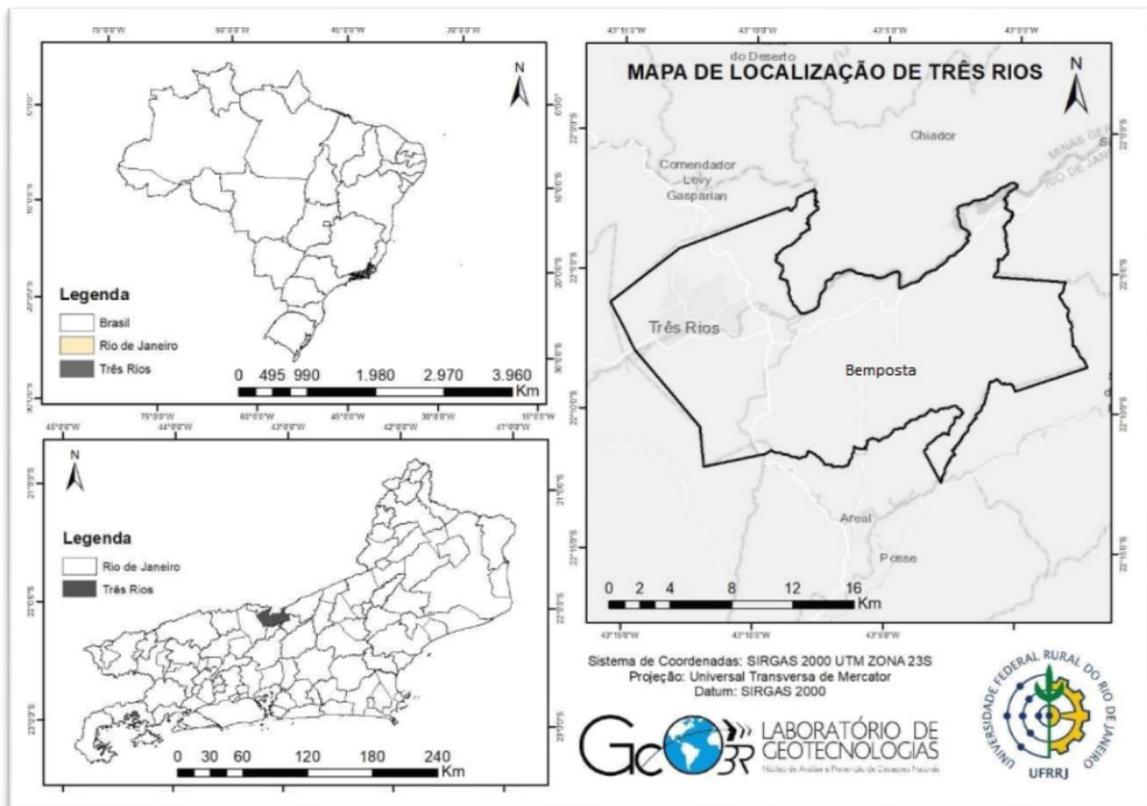
O processo de filtração adsorvente geralmente produz uma quantidade menor de lodo em comparação com outros métodos de tratamento, podendo ser aplicada para remover uma variedade de contaminantes, incluindo compostos orgânicos, metais pesados, substâncias químicas tóxicas e até mesmo microplásticos. possui um custo operacional reduzido podendo ser implementada em sistemas existentes ou projetada como uma unidade independente (Barbosa 2009).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. ÁREA DE ESTUDO**

O município de Três Rios (Figura 6) ( $22^{\circ}7'1''$  S,  $43^{\circ}12'32''$  W), localizado no Estado do Rio de Janeiro limita-se a noroeste com o município Comendador de Levy Gasparian/RJ; a nordeste com o estado de Minas Gerais, sendo o Rio Paraíba o limite natural; ao sul com o município de Areal/RJ; a sudeste com o município de São José do Vale do Rio Preto/RJ; a leste com o município de Sapucaia /RJ; e a oeste com o município de Paraíba do Sul/RJ (Da Silva, 2020). Pertencente a Região Centro-Sul Fluminense, a qual engloba outros nove municípios, a saber: Areal, Comendador Levy Gasparian, Engenheiro Paulo de Frontin, Mendes, Miguel Pereira, Paraíba do Sul, Paty do Alferes, Sapucaia e Vassouras. A área total

do município é de 322.843 km<sup>2</sup> e a população, de acordo com o censo de 2022, era de 78.346 habitantes, com densidade demográfica de 242,68 hab/km<sup>2</sup> (IBGE 2022). Possui 49 bairros e o distrito de Bemposta, onde se encontra a estação de tratamento pesquisada. O distrito de Bemposta possui estimativa populacional de 2.736 habitantes para o ano de 2020 (Três Rios 2019) e possui em 2023, de acordo com dados fornecidos pelo SAAETRI, 591 unidades consumidoras para o abastecimento de água.



**Figura 6.** Mapa de localização do Município de Três Rios/RJ. Fonte: Fonseca Pinheiro 2019.

### **Cobertura e uso do solo**

A cidade de Três Rios está inserida no bioma da Mata Atlântica, e sua vegetação original é caracterizada pelos A área está inserida no bioma Mata Atlântica e sua vegetação original é a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, a Floresta Estacional Semidecidual Montana e a Floresta Ombrófila Densa Montana, em alguns pontos (Lima et al. 2011).

No entanto, o cenário atual de vegetação e uso do solo na área de estudo é dominado por pastagens, resultado do processo histórico de exploração do solo, com o cultivo do café no

século XIX e após o seu declínio as áreas já degradadas pela monocultura foram destinadas a pecuária extensiva. Podem-se observar pequenos fragmentos florestais, que incluem áreas reflorestadas e áreas de vegetação nativa, principalmente em altitudes mais elevadas e/ou em áreas rurais de difícil acesso desses municípios (Oliveira 2017).

### **Solo**

Na área de estudo pode-se identificar três tipos distintos de solos: o Argissolo Vermelho, o Latossolo Vermelho-Amarelo e o Cambissolo Háptico.

De forma geral, os Argissolos são solos constituídos por material mineral com argila de baixa ou alta atividade, combinada com baixa saturação por bases ou caráter alítico, e possuem um horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Além disso, devem atender aos seguintes requisitos: caso haja um horizonte plúntico, este não está acima nem coincide com a parte superficial do horizonte B textura e caso haja um horizonte glei, este não está acima nem coincide com a parte superficial do horizonte B textural. Os Latossolos também são solos formados por material mineral, formados principalmente pela ação de intemperismo, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente sob qualquer tipo de horizonte. Também constituídos por material mineral, os Cambissolos, apresentam horizonte B incipiente e não coincidente com horizonte glei dentro de 50cm da superfície do solo, não coincidente com horizonte plúntico, não coincidente com horizonte vértico dentro de 100cm da superfície do solo e também não apresente a conjugação de horizonte A chernozêmico e horizonte B incipiente com alta saturação por bases e argila de atividade alta (Embrapa 2006).

### **Geologia**

Em relação aos aspectos geológicos, a área de estudo possui um embasamento cristalino inserido na Faixa Ribeira, um cinturão orogênico. Esse cinturão, com aproximadamente 1400 km de extensão ao longo da costa do Brasil, apresenta uma orientação NE-SW. O município de Três Rios está localizado principalmente no terreno tectonoestratigráfico conhecido como Terreno Paraíba do Sul, também chamado de Klippe Paraíba do Sul, essa estrutura tectônica está sobreposta ao Terreno Ocidental e é caracterizada por duas unidades litológicas principais. A primeira consiste em ortognaisses paleoproterozoicos predominantemente graníticos a granodioríticos, enquanto a segunda é

composta por uma sequência metassedimentar siliciclástica que inclui gnaisses bandados e xistos pelíticos, contendo intercalações de mármore, calcissilicáticas e gonglitos (Valladares et al. 2012).

No município de Três Rios é evidente a presença de uma ampla diversidade de rochas, com composições mineralógicas que englobam plagioclásio, quartzo, mica, biotita, feldspato potássico, minerais ferromagnesianos, ortopiroxênios/hornblendas, bem como outros minerais característicos de rochas ígneas e metamórficas.

A área de estudo possui uma geomorfologia que está situada nos domínios do Planalto Atlântico e da Depressão Tectônica Mesozóica-Cenozóica, especificamente na unidade dos Alinhamentos de Cristas do Paraíba do Sul. O relevo é caracterizado por diversas formas morfológicas, destacando-se os domínios serranos. Em segundo lugar, temos os compartimentos de colinas e morros, sendo essas áreas propícias para a ocupação urbana, especialmente nas proximidades das planícies fluviais, onde os terrenos são mais planos (Valladares et al. 2012).

### **Clima**

De acordo com a classificação climática de Köppen, o município de Três Rios encontra-se na zona subtropical úmida. Essa zona é caracterizada por verões quentes e chuvosos, e invernos secos e frios. As temperaturas médias anuais variam de 20°C a 22°C, com máximas acima de 22°C e mínimas variando entre -3°C e 18°C. A média anual de precipitação é de está na faixa de 1300 a 1600 mm, sendo os meses mais chuvosos de novembro a janeiro, e o período de estiagem ocorre entre junho e agosto (Alvares et al. 2013).

## **3.2. SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA BRUTA**

A captação da água bruta pelo SAAETRI para o abastecimento do Distrito de Bemposta é realizada em três poços denominados: Poço da Fazenda, Poço do Campo e Poço do Barreiro. A tabela 2 apresenta os dados desses poços.

**Tabela 2** – Nível estático e dinâmico, vazão e coordenadas dos poços utilizados na captação de água subterrânea no Distrito de Bemposta.

	<b>Nível</b>	<b>Nível</b>	<b>Vazão na</b>	<b>Coordenadas</b>
--	--------------	--------------	-----------------	--------------------

	estático	dinâmico	bomba	Geográficas	
				Latitude	Longitude
<b>Poço da Fazenda</b>	7 metros	36,0 metros	7,5 m <sup>3</sup> /h	22°08'20"S	43°06'04"W
<b>Poço do Campo</b>	7 metros	30,0 metros	6 m <sup>3</sup> /h	22°08'40"S	43°05'54"W
<b>Poço do Barreiro</b>	36 metros	54,8 metros	20 m <sup>3</sup> /h	22°08'09"S	43°05'45"W

Os três poços de captação são tubulares profundos com diâmetro de 6". O poço da Fazenda (Figura 7) possui profundidade útil de 200 m, com uma motobomba submersível Ebara 6 HP, localizada a 66,0 m de profundidade e operando com vazão de 7,5 m<sup>3</sup>/h. No Poço do Campo (Figura 8) a profundidade total útil é de 106,0 metros, com bombeamento realizado por uma motobomba submersível Ebara 10 HP, localizada a 66,0 metros de profundidade, operando com vazão de 6,0 m<sup>3</sup>/h. O Poço do Barreiro (Figura 9), com profundidade total útil de 102,0 metros, possui uma motobomba submersível Ebara 10 HP, localizada aos 42,0 m de profundidade, operando com vazão média de 20,0 m<sup>3</sup>/h. A água é captada durante 24 horas. A Figura 10 indica a localização dos poços utilizados pela ETA para captação da água subterrânea.



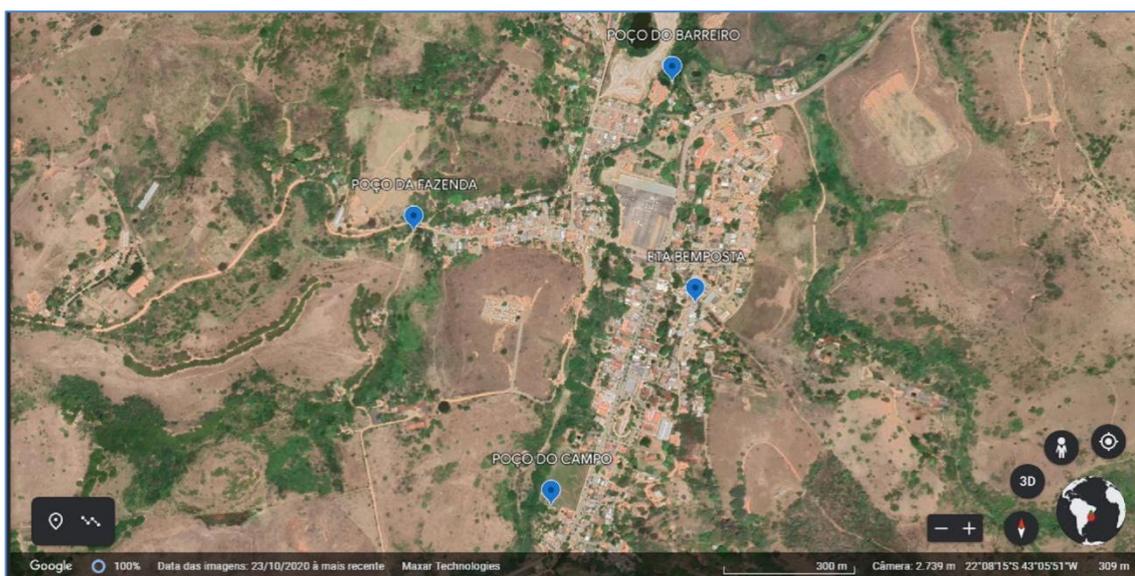
**Figura 7.** Poço da Fazenda



**Figura 8.** Poço do Campo



**Figura 9.** Poço do Barreiro



**Figura 10.** Mapa de localização dos poços utilizados na captação de água no distrito de Bemposta, Três Rios – RJ.

### **3.3. COLETA DE AMOSTRAS**

As coletas de amostras para análise de água foram realizadas no período de 06/01/21 a 12/12/2022, totalizando 298 amostras. A Tabela 3 especifica quantas amostras foram coletadas para cada sistema de tratamento e o período que foram realizadas as coletas. O

Sistema 1 é o sistema de tratamento com torre de aeração e carvão ativado, Sistema 2 é o sistema de tratamento com utilização do Controll M.F. 574® em filtro pressurizado.

**Tabela 3** – Dados das coletas de amostras para análise.

<b>Local</b>	<b>Período</b>	<b>Sistema</b>	<b>Total de amostras</b>
<b>Água bruta</b>	08/03/21 a 30/09/21	-	11
<b>ETA Bemposta</b>	06/01/21 a 18/08/21	1	56
<b>Rede de Distribuição</b>	06/01/21 a 18/08/21	1	87
<b>ETA Bemposta</b>	20/08/21 a 29/12/21	2	69
<b>Rede de Distribuição</b>	20/08/21 a 29/12/21	2	37
<b>ETA Bemposta</b>	24/08/22 a 29/12/22	2	21
<b>Rede de Distribuição</b>	24/08/22 a 29/12/22	2	17

Os procedimentos de coleta e preservação das amostras foram executados segundo a NBR 9898 (ABNT 1987). De maneira sucinta, foram coletados 300 ml de água em cada ponto de consumo em recipientes de polipropileno previamente esterilizados e identificados. Para a coleta realizou-se o procedimento de deixar a água escoar pela tubulação por cerca de dois minutos, tempo suficiente para eliminar água estagnada na tubulação. Após a coleta, os recipientes foram acondicionados em recipiente térmico e encaminhados ao laboratório para análise. As coletas foram realizadas preferencialmente no período da manhã.

A água bruta foi coletada na ETA, no início do tratamento da água, com as águas dos três poços já equalizadas.

Os pontos de coleta da água já tratada, tanto para o sistema 1 quanto para o sistema 2, foram estabelecidos na ETA Bemposta (Figura 11), localizada na Rua Paulo Silvério Magalhães, sn, logo após a saída do filtro. Na rede de distribuição foram realizadas coletas em três pontos distintos localizados na Unidade Básica de Saúde - UBS (Figura 12), na Praça Guilhermina Guinle, 143. Na Subprefeitura (Figura 13), localizada na Rua Werneck, 425 e na Escola Estadual Municipalizada Guilhermina Guinle – EEMGG (Figura 14), localizada na Rua Werneck, 302.



**Figura 11.** Ponto de coleta 1 – ETA, distrito de Bemposta, Três Rios - RJ.



**Figura 12.** Ponto de coleta 2 – UBS, distrito de Bemposta, Três Rios - RJ.



**Figura 13.** Ponto de coleta 3 - Subprefeitura, distrito de Bemposta, Três Rios - RJ.



**Figura 14.** Ponto de coleta 4 – EEMGG, distrito de Bemposta, Três Rios - RJ.

### 3.4. ANÁLISES DAS AMOSTRAS

Para a elaboração deste trabalho foram realizadas análises da água bruta e tratada nos dois sistemas, na ETA e na rede de distribuição, no laboratório do SAAETRI.

Para os parâmetros analisados no laboratório da Autarquia foram utilizados os equipamentos descritos no Quadro 1.

**Quadro 1:** Descrição geral dos equipamentos utilizados na realização das análises.

Parâmetro	Equipamento	Modelo	Marca	Descrição geral
<b>Cloro Livre</b>	Colorímetro Microprocessado Digital (Figura 15)	DLA CL	-Del Lab	Determinação do Cloro Livre em água pelo método DPD.
<b>Turbidez</b>	Turbidímetro Microprocessado Digital (Figura 16)	DLI 2500	-Del Lab	Método Nefelométrico 90°
<b>pH</b>	pHmetro Microprocessado Digital (Figura 17)	DLA pH	-Del Lab	Mede a concentração do íon hidrogênio ou sua atividade.
<b>Cor</b>	Colorímetro Visual	DLNH 100	-Del Lab	Discos colorimétricos
<b>Ferro</b>	Fotómetro Multi-parâmetros com CQC (Figura 18)	HI83399	Hanna instruments	Adaptação do método Fenantrolina da EPA 315B, para águas naturais e tratadas
<b>Manganês</b>	Fotómetro Multi-parâmetros com CQC	HI83399	Hanna instruments	Adaptação do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18ª Edição, método Periodato



**Figura 15.** Colorímetro Microprocesado Digital.



**Figura 16.** Turbidímetro Microprocesado Digital.



**Figura 17.** pHmetro Microprocesado. Digital.



**Figura 18.** Fotômetro Multi-parâmetros com CQC.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

A partir de outorgas do INEA foi possível realizar uma caracterização geral das águas subterrâneas extraídas no município. Um total de 16 poços foram outorgados entre 2011 e 2021, sendo analisados para esta pesquisa os íons maiores: cálcio, sódio, potássio, magnésio, cloreto, sulfato e bicarbonato. Todos os usuários são da modalidade industrial, com destaque para usuários de empresas alimentícias e de embalagens de alimentos. Além desses parâmetros, também foram analisados o pH, turbidez, condutividade elétrica e os metais ferro e manganês. A Tabela 4 apresenta os valores dos parâmetros identificados por poço outorgado.

**Tabela 4** - Parâmetros físico-químicos dos poços outorgados em Três Rios.

Identificação	Litologia	Profundidade (m)	Turbidez (uT)	pH	CE (µS/cm)	HCO <sub>3</sub>	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO <sub>4</sub>	Mn	Fe
						(mg/L)								
NESTLE	Material silteco-argiloso proveniente de gnaisse	259	5,0	7,1	689	200	-	-	17,1	-	4,1	4,3	0,11	1,28
	Material silteco-argiloso proveniente de granitos	174	5,7	7,1	452	212	-	-	22,7	-	38,8	56,2	0,22	1,6
LATAPACK	Material silteco-arenoso proveniente de gnaisse	124	8,3	6,3	628	298	18,16	4,57	27,74	2,071	22	12	0,209	0,96
	Material silteco-arenoso proveniente de gnaisse	246	29,5	7	660	286	14,73	3,68	33,57	3,003	13	29	0,67	2,4

PEDREIRA	Material argiloso proveniente de gnaisse	100	0,0	7,6	26,6	102	16,2	3,22	14,3	3,08	2,56	20,8	0,016	0,000 5
PLUMATEX	-	220	0,6	7,8	258	204	6,57	-	8,16	4,59	10	1	0,094	0,423
VADECAR	Material alterado proveniente do embasamento	84	0,0	6,7	-	85,05	39,9	6,78	33,61	5,12	67,9 9	6,4	0,037	0,004
BALL 2	Material alterado proveniente do embasamento e rocha sã	170	83,0	7,1	1138	167	84,5	41	76,1	6,73	69,6	87,2	1,54	0,005
BALL 5	Material siltico- argiloso proveniente de granitos	163	8,3	7,5	467	34	44,57	-	23,5	4,89	<4,0 0	38,4 7	0,44	1,58
GE poço 1	Gnaisse cinza - rocha sã	300	0,2	7,2	-	-	-	-	5,13	-	16,3 4	5,36	0,05	0,05
GE poço 2	Gnaisse cinza - rocha sã	200	0,1	7,6 1	-	-	-	-	8,87	-	15,3 8	4,3	0,05	0,05
Videplast	Solo residual jovem e	135	6,0	7,5 9	641	170	48	11,2	22,6	2,88	1,95	5,4	0,38	0,000 5

	ortogranulitos													
GREEN 02	Material siltico-arenoso proveniente de gnaisse	80	-	6,5	81,16	20	9	1,9	10,4	2,8	7,9	<0,7 1	0,012	0,05
GREEN 03	Material siltico-arenoso proveniente de gnaisse	90	-	6,7 3	131,6	52	7,1	1,8	14,9	3,1	9,9	1,3	0,021	0,05
GREEN 04	Material siltico-arenoso proveniente de gnaisse	80	-	6,7	150,4	37	22,1	4,8	13,9	3,3	10,8	4,5	0,008	0,05
GREEN 06	Material siltico-arenoso proveniente de gnaisse	80	-	6,8 4	169,2	40	25	5,9	14,7	3,5	11,9	4,3	0,009	0,05

As águas identificadas no município foram predominantemente bicarbonatadas cálcicas (50%), bicarbonatadas sódicas (38%) e cloretadas sódicas (12%), sendo a média do pH foi de 7,21 e a condutividade elétrica foi de 422 uSm/cm. De Oliveira (2021) identificou em sua pesquisa que a cidade de Três Rios está inserida na zona de descarga de água subterrânea da Região Hidrográfica IV (Piabanha), fato que justifica a identificação de águas mais enriquecidas em sódio, com maior tempo de residência no material geológico, referente a percolação em gnaisses intercalados tectonicamente com os ortogranulitos do Complexo Juiz de Fora. Também estima-se que os altos valores de condutividade elétrica para aquíferos fissurais acima de 250 USm/cm, (Cavalcante et al. 1998) identificados também nos poços de Três Rios se dêem pelo longo tempo de interação com aquíferos, característica de zonas de descargas.

Além dos íons maiores, as análises das concentrações de ferro e manganês foram caracterizadas e indicaram que 38% dos poços apresentam concentrações de ferro nos aquíferos acima do limite de potabilidade (0,3 mg/L), enquanto que 44% dos poços apresentam concentrações de manganês também acima do limite de potabilidade (0,1 mg/L). As concentrações de ferro variaram entre 0,001 e 2,40 mg/L, com média de 0,77 mg/L e mediana de 0,05 mg/L. Os valores de manganês variaram entre 0,01 e 1,54 mg/L, com média 0,39 mg/L e mediana de 0,07 mg/L.

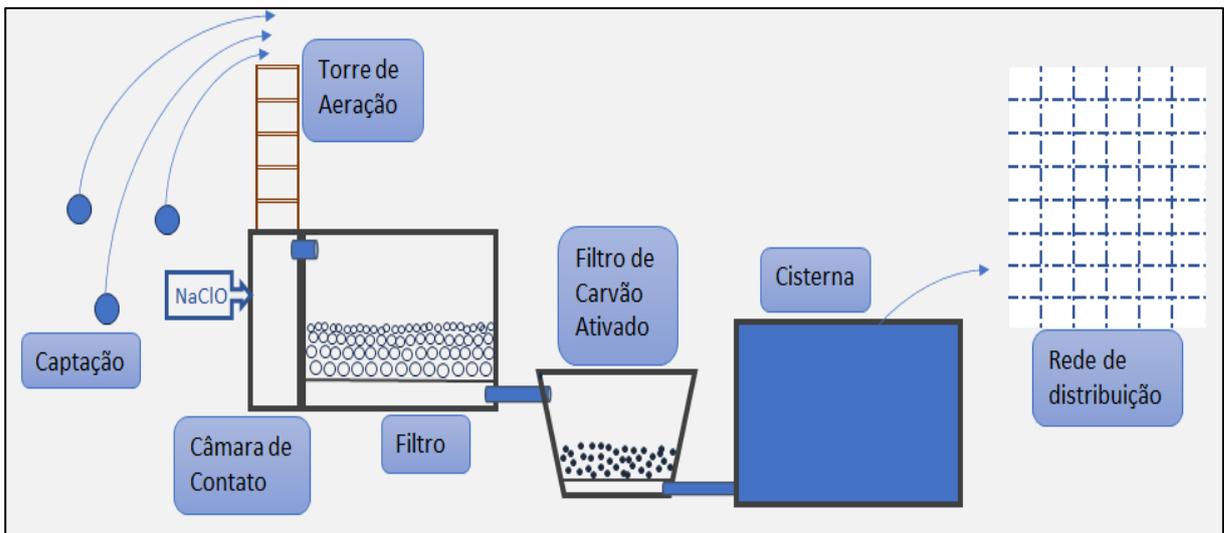
Os sistemas aquíferos explorados em todos os casos foram fissurais, especificamente gnaisses e granitos. A predominância granulométrica do material geológico perfurado foi siltício-argiloso, sendo em muitos relatórios de perfuração identificados saprolitos, que consistem em rochas parcialmente intemperizadas que ainda conservam feições da rocha matriz. Além das anomalias de ferro e manganês terem origem primária mediante minerais ferromagnesianos, ortopiroxênios, hornblendas e sulfetos, abundantes nas rochas, essa característica se potencializaria pelo fato dos solos concentrarem mais metais, como óxidos e hidróxidos de ferro e ainda devido o longo tempo de percolação das águas subterrâneas no material geológico.

#### **4.2. SISTEMA 1 - TRATAMENTO COM FILTRO DE CARVÃO ATIVADO**

O sistema de tratamento da água utilizado na ETA Bemposta (Figura 19) desde sua inauguração em 14/12/2002 até o dia 19/08/2021 era um tratamento convencional formado por torre de aeração e filtração por carvão ativado (Sistema 1) (Figura 20).



**Figura 19.** ETA Bemposta em 2014. Fonte: Três Rios, 2019.



**Figura 20.** Esquema do Sistema 1 de tratamento.

A água bruta captada dos três poços chegava à Estação de Tratamento (ETA) por três redes de captações distintas. Na ETA elas eram direcionadas a uma rede única culminando na torre de aeração.

A torre de aeração da ETA era um aerador de queda do tipo tabuleiro, constituída por quatro bandejas superpostas. O contato do ar com a água, aumentando os seus teores de oxigênio e nitrogênio, ocasionava a oxidação e precipitação de ferro e manganês. A água

bruta seguia para a bandeja superior, caindo sobre a bandeja imediatamente inferior, até chegar à última bandeja, percolando os tabuleiros por gravidade, finalizando com a água caindo na câmara de contato.

Após a passagem pela torre de aeração (Figura 21), a água passava por uma câmara de contato com a metragem de 2,20 m por 0,30 m, onde através de uma bomba dosadora era realizada a introdução do hipoclorito de sódio. O hipoclorito de sódio auxiliava na oxidação e realiza a desinfecção da água.

Da câmara de contato, a água clorada passava para o filtro de alvenaria. O filtro de alvenaria com 9,5 m<sup>2</sup> possui no seu leito filtrante areia e seixos com as seguintes granulometrias: 60 cm de areia menor, 40 cm de areia média, 30 cm de seixo menor e 30 cm de seixo maior. A filtração era realizada com fluxo descendente.

Após a filtragem, a água era direcionada para o filtro de 0,5 m<sup>3</sup> composto em sua totalidade de carvão ativado. Após todo esse processo de oxidação, desinfecção e filtragem, a água era direcionada para a cisterna (Figura 22), localizada na ETA para posterior distribuição. A água potável era distribuída aos consumidores através da rede de distribuição.



**Figura 21.** Torre de aeração da ETA. **Figura 22.** Cisterna – ETA Bemposta.

#### 4.3. SISTEMA 2 - TRATAMENTO COM FILTRO COM CONTROLL M.F. 574®.

Em 20/08/2021 o SAAETRI substituiu o tratamento convencional utilizado na ETA Bemposta pelo tratamento com meio filtrante catalítico Controll M.F. 574® (Sistema 2) (Figura 23).



**Figura 23.** ETA Bemposta em 2021.

A zeólita Controll M.F. 574® (Figura XX) é um material adsorvente fabricado pela empresa Controll Master Industrial, com sede em Sete Lagoas - MG. Este material é um meio filtrante catalítico, composto de zeólitas naturais e sintéticas processadas, esterilizadas e ativadas. O produto apresenta uma coloração marrom escuro e formato granular, com densidade entre 1,8 - 2,0 g/cm<sup>3</sup>. O tamanho da partícula oscila entre 0,42 e 1,41 mm e o tempo de vida útil estimado para este material é de oito anos.

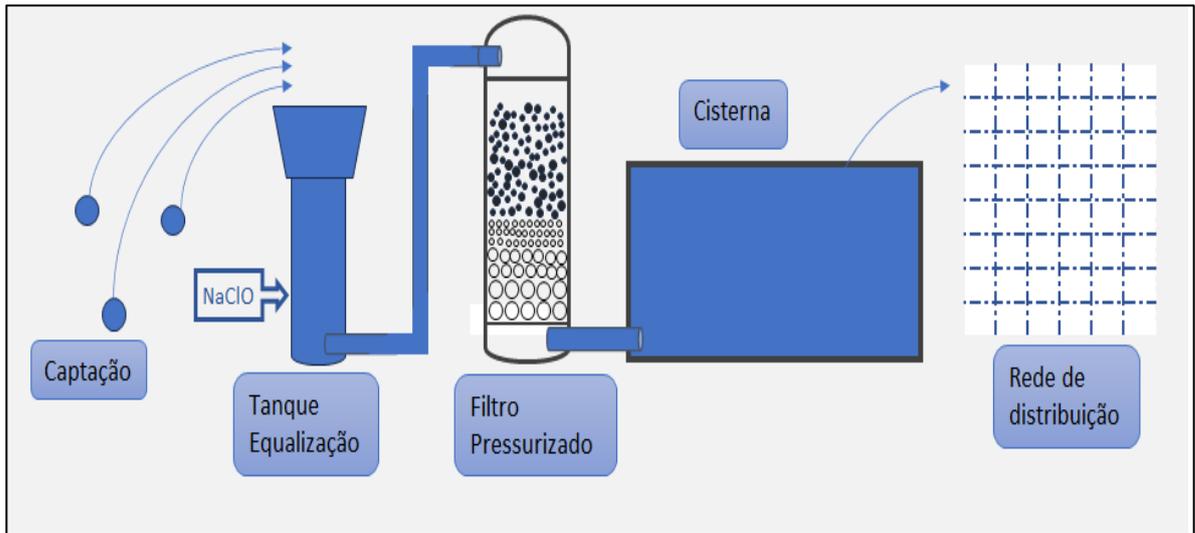


**Figura 24.** Meio filtrante catalítico Controll M.F. 574®.

Neste sistema de tratamento (Figura 25), a água bruta captada dos três poços chega à ETA por três redes de captação distintas. Na ETA elas são direcionadas ao tanque de equalização (Figura 26) de 25.000 litros onde através de uma bomba dosadora é realizada a introdução do hipoclorito de sódio. O hipoclorito de sódio auxilia na oxidação e realiza a desinfecção da água.

Após a equalização e cloração da água, a água é direcionada para o filtro pressurizado (Figura 27) de 20.000 litros composto de areia classificada e meio filtrante catalítico (Controll M.F. 574®), nas seguintes quantidades e granulometrias: 225 kg de areia classificada 6,35 a 12,7mm, 225 kg de areia classificada 3,17 a 6,35mm, 225 kg de areia classificada 1,7 a 3,17mm, 1.150 kg de areia classificada 0,7 a 1,7mm e 2.650 Kg de Controll M.F. 574®.

Após todo esse processo de desinfecção e filtragem, a água é direcionada para a cisterna, localizada na ETA para posterior distribuição através da rede de distribuição.



**Figura 25:** Esquema de tratamento da água com Control M.F. 574®.



**Figura 26.** Tanque equalizador.



**Figura 27.** Filtro pressurizado.

#### 4.4. MONITORAMENTO DO SISTEMA 2

Após seis meses de utilização do sistema de tratamento com o Controll M.F. 574®, em fevereiro de 2022, foi realizada limpeza na rede de distribuição com soda cáustica (NaOH) para remoção das incrustações formadas nos canos e a manutenção, limpeza e desinfecção dos poços. Além disso, foi implementado um protocolo de procedimentos a fim de otimização dos resultados. O protocolo estabelecido foi que a manutenção, limpeza e desinfecção dos poços fossem realizadas ao menos uma vez a cada ano e a limpeza da rede de distribuição fosse realizada duas vezes por semana. A limpeza da rede é realizada através de descargas liberando a água para a superfície em pontos específicos da rede de distribuição de água.

#### 4.5. ÁGUA BRUTA

No período compreendido entre 08/03/2021 e 30/09/2021, foram realizadas onze coletas da água bruta homogeneizada para serem analisadas. Os resultados das análises estão demonstrados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Resultado das análises da água bruta.

Data coleta	Horário	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)	Turbidez (uT)	pH	Cor (uH)
<b>08/03/2021</b>		1		8,57	6,56	
<b>11/08/2021</b>	09:48	2,02	0,4	22,1	7,27	80
<b>20/08/2021</b>	12:10	1,52	0,8	11,41	6,94	30
<b>24/08/2021</b>	10:44	1,01	0,3	12,5	6,81	20
<b>01/09/2021</b>	10:00	0,62	0,2	9,29	6,83	10
<b>08/09/2021</b>	09:29	1,15	0,1	9,21	6,86	80
<b>10/09/2021</b>	09:00	1,32	0,2	11,31	7,07	
<b>15/09/2021</b>	10:40	1,03	0,1	11,68	7,68	20
<b>23/09/2021</b>	09:00	0,93		2,16	7,09	
<b>27/09/2021</b>	10:08	1,76	0,1	12,66	7,21	30
<b>30/09/2021</b>	15:00	1,64		10,16	6,79	80

Média	<b>1,27</b>	<b>0,28</b>	<b>11,00</b>	<b>7,01</b>	<b>43,75</b>
-------	-------------	-------------	--------------	-------------	--------------

As concentrações de ferro em onze amostras analisadas apresentaram resultados acima do valor máximo permitido pela Portaria n° 888/2021 de 0,30 mg/L, estando portanto 100% dos resultados acima do VMP. O maior valor encontrado nesse período para este parâmetro foi de 2,02 mg/L e o menor foi de 0,62 mg/L, apresentando uma média de 1,27 mg/L de ferro na água bruta.

Das onze amostras coletadas, oito foram testadas para o teor de manganês. Sendo que 62,5% apresentaram resultados acima do valor máximo permitido pela Portaria n° 888/2021 de 0,10 mg/L de manganês. O menor valor observado nesse período foi de 0,10 mg/L e o maior foi de 0,80 mg/L, apresentando média de 0,28 mg/L de manganês na água bruta.

Para o parâmetro de turbidez foram testadas onze amostras, 90,90% apresentaram resultados acima do valor máximo permitido pela Portaria n° 888/2021 de 5,00 NTU. O menor valor observado nesse período foi de 2,16 NTU e o maior foi de 22,10 NTU, apresentando a média de 11,00 NTU de turbidez na água bruta.

Em relação ao pH, das onze amostras analisadas, 100% estavam dentro do estabelecido pela portaria, apresentando valores no intervalo de entre 6,00 e 9,00. O valor de pH mínimo foi de 6,56 e o máximo observado nessa amostragem foi de 7,68, apresentando uma média de 7,01 para o valor do pH na água bruta.

Para o parâmetro de cor, das onze amostras coletadas, oito amostras foram analisadas para este parâmetro. Sendo que 87,5% apresentaram resultados acima do valor máximo permitido pela Portaria de 15 uH. O menor valor observado nesse período foi de 10 uH e o maior foi de 80 uH, apresentando média de 43,75 uH de cor na água bruta.

#### **4.6. COMPARATIVO DAS MÉDIAS ENTRE OS SISTEMAS DE TRATAMENTO.**

Para o Sistema 1 foram coletadas 56 amostras para análise na saída do tratamento na ETA Bemposta e 87 na rede de distribuição. Durante a instalação do Sistema 2, foram realizadas 69 coletas de amostras na saída do tratamento na ETA Bemposta e 36 na rede de distribuição. Após implementado o protocolo de procedimentos e dez meses após a implantação do Sistema 2, como forma de monitoramento, foram realizadas 21 coleta de amostras para análise na saída do tratamento na ETA Bemposta e 17 na rede de distribuição.

As amostras coletadas foram analisadas para os seguintes parâmetros: ferro, manganês, cloro residual, turbidez, pH e cor aparente.

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos para o teor de ferro na água tratada e distribuída no distrito de Bemposta, tanto na saída do tratamento na ETA, quanto na rede de distribuição.

**Tabela 6** – Resultados das análises para o parâmetro Ferro.

	Sistema 1		Sistema 2		Monitoramento Sistema 2	
	ETA	Rede	ETA	Rede	ETA	Rede
<i>Amostras analisadas</i>	11	5	60	14	21	17
<i>Média (mg/L)</i>	0,55	0,53	0,18	0,48	0,03	0,06
<i>Mediana (mg/L)</i>	0,55	0,39	0,06	0,36	0,01	0,05

Das amostras analisadas para ETA Bemposta durante a utilização Sistema 1, 63,6% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 1,26 mg/L e o mínimo de 0,12 mg/L. Na rede de distribuição, 60,0% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 1,10 mg/L e o mínimo de 0,14 mg/L. Para o tratamento realizado com o carvão ativado não foi observada variação significativa nas médias entre ETA e rede de distribuição.

Das amostras analisadas para ETA Bemposta durante a utilização Sistema 2, 25,0% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 0,79 mg/L e o mínimo de 0,00 mg/L. Na rede de distribuição, 50,0% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 1,50 mg/L e o mínimo de 0,00 mg/L. No tratamento da água com utilização do Controll M.F. 574®, observou-se uma diferença nas médias entre ETA e rede de distribuição, apresentando um aumento de 166,67% da média da ETA para média da rede de distribuição. A rede de distribuição do distrito é em grande parte de ferro, contribuindo dessa forma com o aumento do teor de ferro na água, bem como as incrustações na mesma também contribuem com essa diferença acentuada verificada. O cloro

residual contido na água, ao longo do tempo de permanência da mesma nos canos da rede de distribuição, ocasiona a oxidação do ferro, liberando ainda mais  $Fe^{3+}$  na mesma.

Durante o monitoramento do sistema 2, das amostras analisadas para ETA Bemposta, o valor máximo observado de 0,16 mg/L e o mínimo de 0,00 mg/L, dessa forma, nenhuma amostra excedeu o valor estabelecido na portaria vigente. Na rede de distribuição, o valor máximo observado de 0,26 mg/L e o mínimo de 0,00 mg/L. Dessa forma, nenhuma amostra excedeu o valor estabelecido na portaria vigente.

De acordo com os resultados obtidos para o teor de ferro após o tratamento da água, a média observada na saída do tratamento na ETA passou de 0,55 mg/L, com o Sistema 1, para 0,03 mg/L no monitoramento do Sistema 2, redução de 94,55%; a mediana apresentou redução de 98,18%, passando de 0,55 mg/L para 0,01 mg/L. Na rede de distribuição, a média diminuiu de 0,53 mg/L para 0,06 mg/L, apresentando redução de 88,68%; e a mediana passou de 0,39 mg/L para 0,05 mg/L, apresentando redução de 87,18%. Pode-se constatar dessa forma a eficácia do tratamento e procedimentos implantados quanto à diminuição do teor de ferro na água tratada, tanto na saída da ETA, quanto na rede de distribuição à população.

A Portaria GM/MS 888/2021 estabelece em seu anexo 11 na tabela de padrão organoléptico de potabilidade, o valor máximo permitido de 0,10 mg/L para o quantitativo de manganês presente na água potável. A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos para o teor de manganês na água tratada e distribuída no distrito de Bemposta.

**Tabela 7** – Resultados das análises para o parâmetro Manganês.

	Sistema 1		Sistema 2		Monitoramento Sistema 2	
	ETA	Rede	ETA	Rede	ETA	Rede
<i>Amostras analisadas</i>	10	4	21	3	21	17
<i>Média (mg/L)</i>	0,14	0,15	0,14	0,03	0,14	0,11
<i>Mediana (mg/L)</i>	0,10	0,10	0,10	0	0,10	0,10

Das amostras analisadas para ETA Bemposta durante a utilização Sistema 1, 40% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo

o valor máximo observado de 0,30 mg/L e o mínimo de 0,00 mg/L. Na rede de distribuição, 25,0% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 0,30 mg/L e o mínimo de 0,10 mg/L. Para o tratamento realizado com o carvão ativado não foi observada variação significativa nas médias entre ETA e rede de distribuição.

Das amostras analisadas para ETA Bemposta durante a utilização Sistema 2, 23,8% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 0,70 mg/L e o mínimo de 0,00 mg/L. Na rede de distribuição, das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, o máximo observado de 0,10 mg/L e o mínimo de 0 mg/L. Os resultados para a água coletada na ETA com o tratamento de carvão ativado em comparação com o tratamento com Controll M.F. 574®, não apresentou variação na média do teor de manganês. Porém, como as três amostras na rede de distribuição foram coletadas no mesmo dia em diferentes pontos não é possível diagnosticar a eficiência ou não do meio filtrante para esse parâmetro no tratamento da água, nesse período.

Durante o monitoramento do sistema 2, das amostras analisadas para ETA Bemposta, o valor máximo observado de 0,50 mg/L e o mínimo de 0,00 mg/L, dessa forma, 28,6% das amostras excedeu o valor estabelecido na portaria vigente. Na rede de distribuição, o valor máximo observado de 0,50 mg/L e o mínimo de 0,00 mg/L, 23,5% das amostras excedeu o valor estabelecido na portaria vigente.

De acordo com os resultados obtidos para o teor de manganês após o tratamento da água, a média observada na saída do tratamento na ETA com o Sistema 1 e no monitoramento do Sistema 2, não apresentou alteração, permanecendo em 0,14 mg/L; a mediana também não apresentou alteração, permanecendo em 0,10 mg/L. Na rede de distribuição, a média diminuiu de 0,15 mg/L para 0,11 mg/L, apresentando redução de 26,67%, porém a mediana manteve o mesmo valor de 0,10 mg/L. Pode-se constatar que o tratamento e procedimentos implantados não apresentaram resultados significativos quanto à redução do teor de manganês na água tratada, este parâmetro ainda apresenta resultados com valores acima do VMP de 0,10 mg/L estabelecido na portaria.

A Portaria GM/MS 888/2021 estabelece no Art. 32 a obrigatoriedade da manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre em toda a extensão do sistema de distribuição

(reservatório e rede) e nos pontos de consumo e em seu anexo 9 na tabela de padrão de potabilidade para subprodutos de desinfecção que representam risco à saúde, o valor máximo permitido de 5 mg/L para o quantitativo de cloro residual livre. A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para o teor de cloro residual na água tratada e distribuída no distrito de Bemposta.

**Tabela 8** – Resultados das análises para o parâmetro Cloro Residual Livre.

	Sistema 1		Sistema 2		Monitoramento Sistema 2	
	ETA	Rede	ETA	Rede	ETA	Rede
<i>Amostras analisadas</i>	56	87	69	36	21	17
<i>Média (mg/L)</i>	1,82	1,56	1,86	1,34	1,85	1,48
<i>Mediana (mg/L)</i>	2,00	1,50	2,05	1,50	2,00	1,50

Das amostras testadas verificou-se que as médias de cloro residual livre na rede de distribuição em comparação às médias da saída do tratamento apresentaram pequena queda em seu teor. A queda no teor é explicada pelos longos períodos de permanência na rede de distribuição e durante esse período o cloro residual presente na água tratada reage com outras substâncias que existem tanto na própria água como nos canos que compõem a rede. Essas reações da água com os canos da rede além de diminuir o teor do cloro residual, pode causar, a formação de depósitos de material orgânico e/ou inorgânico, e ainda se as tubulações forem de ferro pode ocorrer corrosão nos canos da rede, principalmente nos meses quentes (Turgeon 2004). Em relação à mudança do tratamento, a média e mediana não apresentaram alteração significativa e estando na faixa estabelecida da portaria vigente.

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água, essa dificuldade é causada pela presença de materiais sólidos em suspensão (Lira 2014). A Portaria GM/MS 888/2021, em seu anexo 11 - Tabela de padrão organoléptico de potabilidade estabelece o valor máximo permitido para o parâmetro turbidez de 5 uT (unidade de turbidez). A Tabela 9 apresenta os resultados das médias e medianas obtidas na saída da ETA para na água tratada e distribuída no distrito de Bemposta.

**Tabela 9** – Resultados das análises para o parâmetro Turbidez.

	Sistema 1		Sistema 2		Monitoramento Sistema 2	
	ETA	Rede	ETA	Rede	ETA	Rede
<i>Amostras analisadas</i>	56	87	69	36	21	17
<i>Média (uT)</i>	1,10	3,15	0,63	0,95	0,06	0,63
<i>Mediana (uT)</i>	0,24	1,27	0,28	0,30	0,04	0,05

Das amostras analisadas para ETA Bemposta durante a utilização Sistema 1, 1,8% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 32,5 uT e o mínimo de 0,04 uT. Cabe salientar que 21,4% dos resultados apresentaram turbidez entre 1 e 5 uT e apenas um resultado acima de 5 uT, sendo este o valor máximo observado na saída do tratamento. Na rede de distribuição, 17,2% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 21,9 uT e o mínimo de 0,04 uT. Dessa forma, 17,2% das amostras analisadas na rede de distribuição apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente. Salientando que 42,5% apresentou resultado menor ou igual a 1 e entre 1 e 5 foram 40,2% resultados. Observa-se ainda, aumento de 186,36% na média de turbidez da saída de ETA para a rede de distribuição.

Das amostras analisadas para ETA Bemposta durante a utilização Sistema 2, 1,4% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 8,72 uT e o mínimo de 0,04 uT. Salientando que 87% das amostras, apresentaram turbidez entre 1 e 5 uT e apenas um resultado acima de 5 uT, sendo este o valor máximo observado na saída do tratamento. Na rede de distribuição, 2,8% das amostras analisadas na rede de distribuição apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 7,97 uT e o mínimo de 0,04 uT. Na rede de distribuição, 25% dos resultados apresentaram turbidez entre 1 e 5 uT e apenas um resultado acima de 5 uT. Os resultados para a água coletada na ETA com o tratamento de carvão ativado em comparação com o tratamento com Controll M.F. 574®, apresentou uma diminuição de 42,7% de turbidez na água e na rede a diminuição foi ainda maior, de 69,8%.

Durante o monitoramento do sistema 2, das amostras analisadas para ETA Bemposta, o valor máximo observado de 0,33 uT e o mínimo de 0,04 uT. Dessa forma, nenhuma

amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente e todas apresentaram índice de uT menor 0,50 na saída do tratamento. Na rede de distribuição, o valor máximo observado de 8,31 uT e o mínimo de 0,04 uT. Dessa forma, 5,9% das amostras analisadas na rede de distribuição apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente. Cabe salientar que apenas um resultado apresentou turbidez entre 1 e 5 uT e apenas um resultado acima de 5 uT.

De acordo com os resultados obtidos para o parâmetro turbidez após o tratamento da água, a média observada na saída do tratamento na ETA passou de 1,10 uT com a utilização da torre de aeração e o filtro de carvão ativado para 0,06 uT para o tratamento realizado com filtro pressurizado com Controll M.F. 574®, apresentando redução de 94,5%. Ao mesmo tempo, a mediana apresentou redução de 83,3%, passando de 0,24 uT para 0,04 uT. Na rede de distribuição, a média diminuiu de 3,15 uT para 0,63 uT, apresentando redução de 80%, e a mediana passou de 1,27 uT para 0,05 uT, apresentando redução de 96,06%. Nos resultados para o parâmetro turbidez, verificou-se a eficácia do tratamento e procedimentos implantados, tanto na saída da ETA, quanto na rede de distribuição à população.

O pH é uma medida da acidez ou alcalinidade de uma solução, incluindo a água, mensurando a concentração do íon hidrogênio ou sua atividade. A escala de pH varia de 0 a 14, sendo 7 considerado neutro, valores abaixo de 7 são ácidos e valores acima de 7 são alcalinos. Para os padrões de potabilidade da água expressos na portaria 888, o pH pode variar dentro do intervalo de 6,0 a 9,0. A Tabela 10 apresenta as médias e medianas observadas nas análises para esse parâmetro.

**Tabela 10** – Resultados das análises para o parâmetro pH.

	Sistema 1		Sistema 2		Monitoramento sistema 2	
	ETA	Rede	ETA	Rede	ETA	Rede
<i>Amostras analisadas</i>	56	87	63	36	21	17
<i>Média</i>	7,44	7,57	7,00	7,07	6,48	6,72
<i>Mediana</i>	7,47	7,58	6,92	7,07	6,49	6,69

O pH não apresentou mudança significativa em suas médias e medianas estando sempre dentro da faixa de pH estabelecida pela portaria de potabilidade vigente.

A cor é uma medida da quantidade de material dissolvido na água que afeta sua aparência visual indica a quantidade de compostos orgânicos ou inorgânicos dissolvidos na água. Águas mais colorida podem ser indicativas de uma maior quantidade de matéria orgânica ou inorgânica dissolvida, o que pode afetar o sabor e odor da água, além de indicar a presença de poluentes. A medida de cor é um dos padrões organolépticos de potabilidade da Portaria 888/2021 e o valor máximo permitido para esse parâmetro é de 15 uH, unidade hazen (mgpt-co/l). Na tabela 11 apresenta as médias e medianas observadas nas análises para esse parâmetro.

**Tabela 11** – Resultados das análises para o parâmetro Cor.

	Sistema 1		Sistema 2		Monitoramento Sistema 2	
<i>Amostras analisadas</i>	<b>ETA</b>	<b>Rede</b>	<b>ETA</b>	<b>Rede</b>	<b>ETA</b>	<b>Rede</b>
	56	87	19	36	21	17
<i>Média (uH)</i>	4,08	26,67	0,89	2,22	0,00	0,59
<i>Mediana (uH)</i>	0,00	10	0,00	0,00	0,00	6,69

Das amostras analisadas para ETA Bemposta durante a utilização Sistema 1, 7,1% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 100 uT e o mínimo de 0,00 uH, Na rede de distribuição, 43,7% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 110 uH e o mínimo de 0,00 uH. Observa-se incidência maior de cor na rede de distribuição em relação à saída da ETA.

Das amostras analisadas para ETA Bemposta durante a utilização Sistema 2, todas as amostras analisadas apresentaram resultados dentro do VMP estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 10 uH e o mínimo de 0 uH. Na rede de distribuição, 5,6% das amostras analisadas apresentaram resultados acima do estabelecido na portaria vigente, sendo o valor máximo observado de 30 uH e o mínimo de 0,00 uH. Os resultados

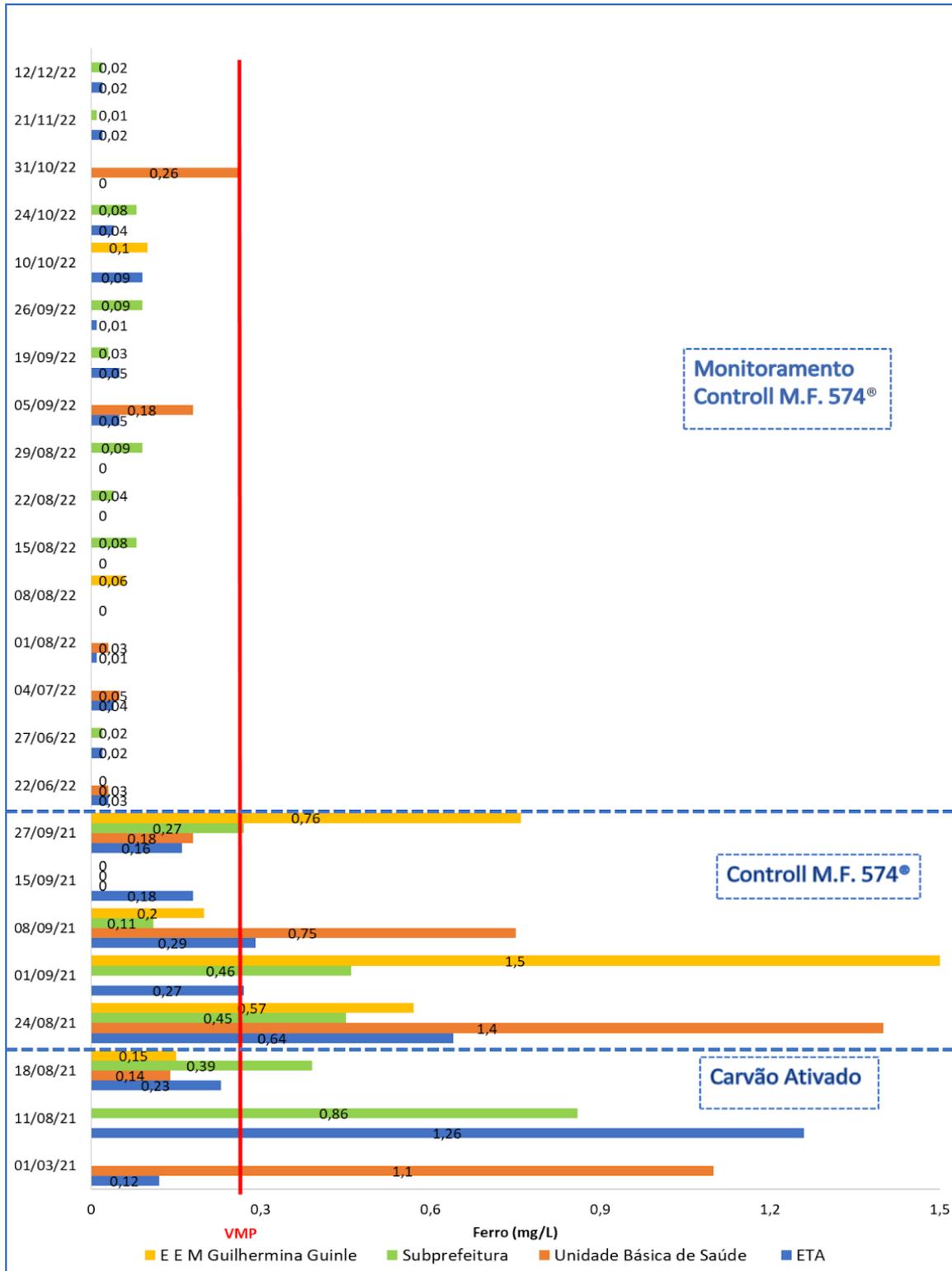
com o tratamento de carvão ativado em comparação com o tratamento com Controll M.F. 574®, para saída do tratamento na ETA apresentou uma diminuição de 78,2% de cor na água e na rede a diminuição foi ainda maior, de 91,7%.

Durante o monitoramento do sistema 2, das amostras analisadas para ETA Bemposta, nenhuma apresentou resultado acima do estabelecido na portaria vigente e todas apresentaram índice de uH igual a 0. Na rede de distribuição, nenhuma das amostras analisadas na rede de distribuição apresentou resultados acima do estabelecido na portaria vigente, salientando que apenas uma amostra apresentou resultado de 10 uH.

De acordo com os resultados obtidos para o parâmetro cor após o tratamento da água, a média observada na saída do tratamento na ETA passou de 4,08 uT com a utilização da torre de aeração e o filtro de carvão ativado para 0 uT tratamento realizado com filtro pressurizado com Controll M.F. 574®, apresentando redução de 100%. Ao mesmo tempo, a mediana apresentou manteve-se em 0 uH. Na rede de distribuição, a média diminuiu de 26,67 uH para 0,59 uT, apresentando redução de 97,8%, e a mediana passou de 10 uH para 6,69 uT, apresentando redução de 33,1%. Nos resultados para o parâmetro cor, verificou-se a eficácia do tratamento e procedimentos implantados, tanto na saída da ETA, quanto na rede de distribuição à população.

#### **4.7. ÍNDICE DE FERRO POR LOCALIDADE**

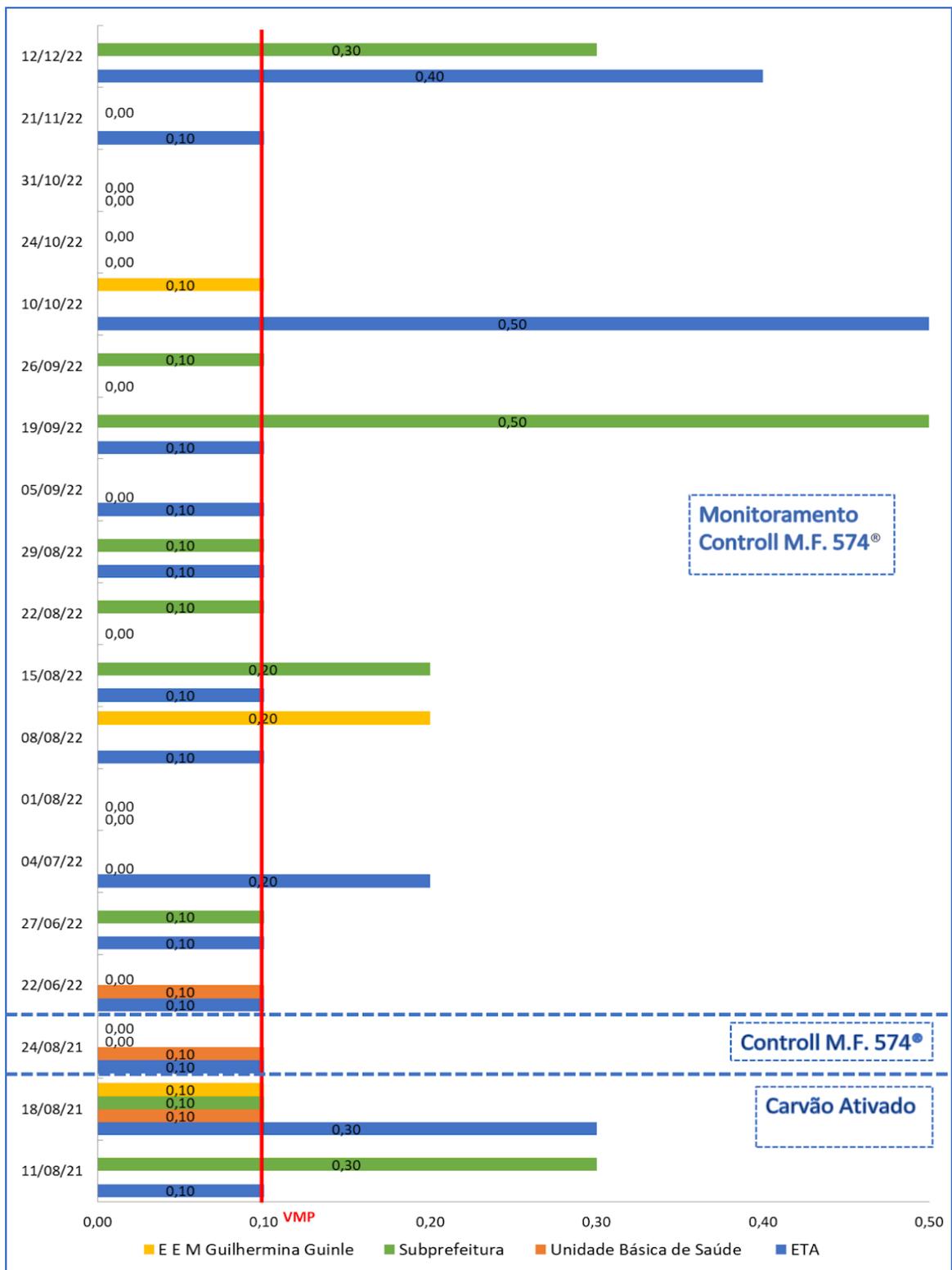
A Figura 28 apresenta o gráfico dos resultados do índice de ferro por localidade nos dias que foram realizadas coletas em mais de um ponto amostral. Pode-se observar que com o Sistema 1, os maiores resultados foram o ponto na ETA com 1,26 mg/L de Fe e na Subprefeitura com 0,86 mg/L, ambos acima do VMP da portaria vigente. No Sistema, o ponto da Unidade Básica de Saúde registrou 1,4 mg/L no dia 24/08/21 e da E E M Guilhermina Guinle registrou 1,5 mg/L no dia 01/09/21. Lembrando que o Sistema 1 foi implantado no dia 20/08/21. No monitoramento do Sistema 2 realizado em 2022, nenhum resultado foi acima do VMP, os valores mais altos foram registrados no ponto da Unidade Básica de Saúde com 0,18 mg/L e 0,26 mg/L. Este fato pode ser explicado pela rede de distribuição dessa localidade ser antiga e com tubulações de ferro, podendo estar ocorrendo transferência de particulados de Fe para a água. Com esse registro mais alto é indicativo da necessidade de se realizar uma descarga na rede, para a limpeza de incrustações.



**Figura 28.** Gráfico dos resultados do índice de ferro por localidade no distrito de Bemposta.

#### **4.8. ÍNDICE DE MANGANÊS POR LOCALIDADE**

A Figura 29 apresenta o gráfico dos resultados do índice de manganês por localidade nos dias que foram realizadas coletas em mais de um ponto amostral. Pode-se observar que com o Sistema 1, os maiores resultados foram o ponto na ETA com 0,30 mg/L de Mn e na Subprefeitura com 0,30 mg/L, ambos acima do VMP da portaria vigente. Com o Sistema 2, o ponto da ETA e da Unidade Básica de Saúde registraram 0,10 mg/L no dia 24/08/21, cabe salientar que é o único registro amostral na rede de distribuição neste período, sendo logo pouco significativo para análise. No monitoramento do Sistema 2 realizado em 2022, foram registrado dois resultados de 0,50 mg/L, na ETA e na Subprefeitura, somente o ponto amostral localizado na Unidade Básica de Saúde apresentou todos os resultados no limite do VMP estabelecido na portaria.



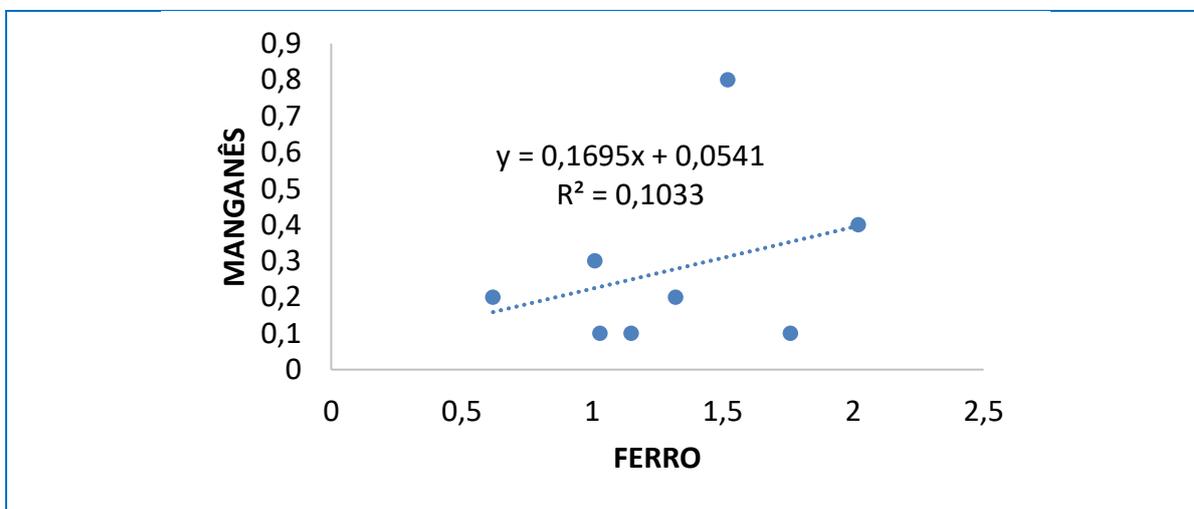
**Figura 29.** Gráfico dos resultados do índice de manganês por localidade no distrito de Bemposta.

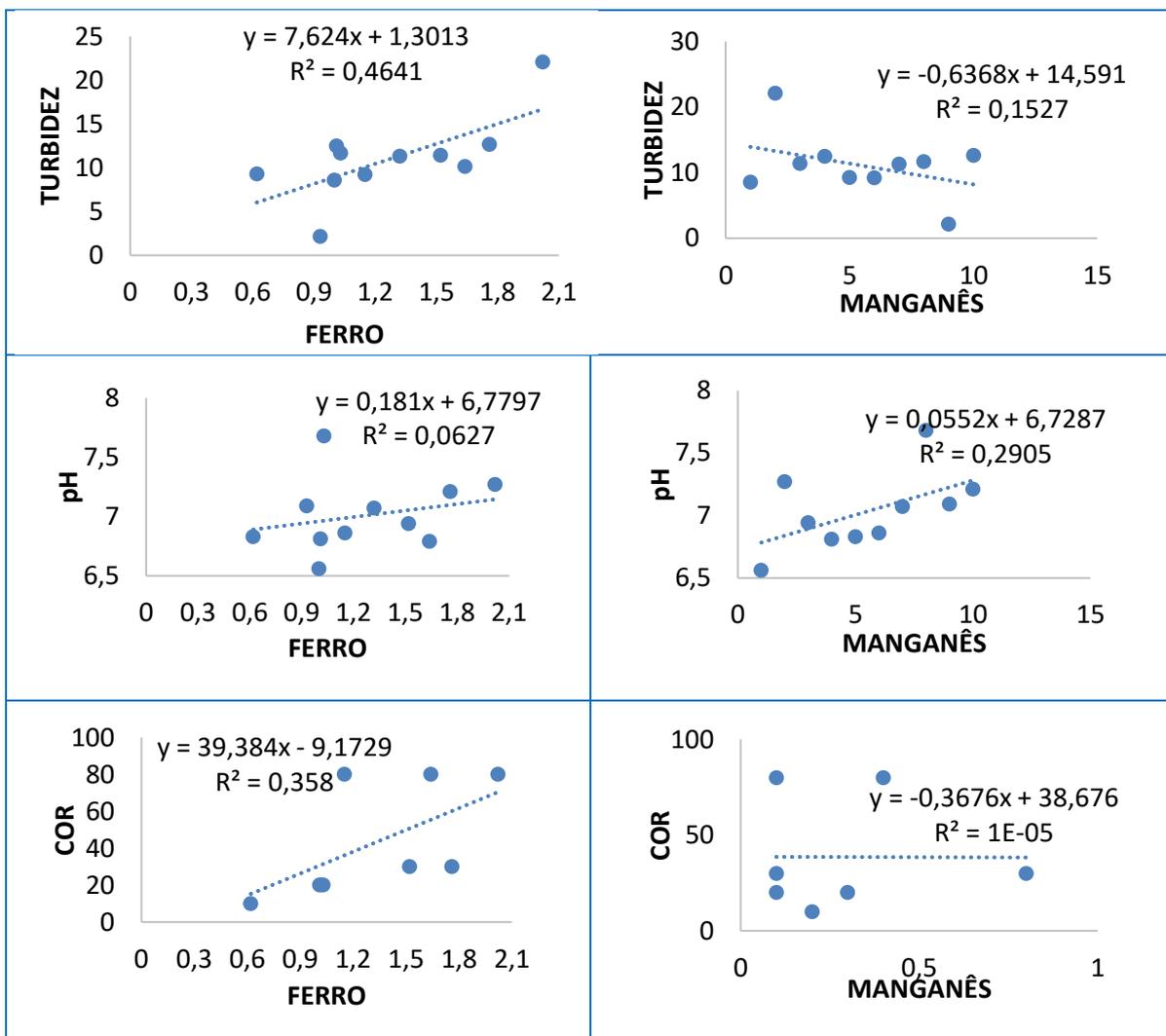
## 4.9. ANÁLISE DA DISPERSÃO PARA INDICADORES

No gráfico de dispersão é possível visualizar a relação entre as duas variáveis. A linha de tendência linear é uma linha reta de melhor ajuste que é usada com conjuntos de dados lineares simples, mostrando se as variáveis estão aumentando ou diminuindo a uma taxa constante. O R-quadrado é uma medida estatística de quão próximos os dados estão da linha de tendência, também conhecido como o coeficiente de determinação, variando de 0 a 1, onde 0 indica que o modelo não explica nada da variabilidade dos dados de resposta ao redor de sua média e 1 indicando que o modelo explica toda a variabilidade dos dados. Este gráficos foram analisados com intuito de identificar possíveis parâmetros indicadores (pH, turbidez, cor, cloro) do aumento do ferro em manganês nas águas subterrâneas.

### 4.9.1. Água Bruta

Para a água bruta, a Figura 30 apresenta os gráficos de dispersão, para os parâmetros analisados.



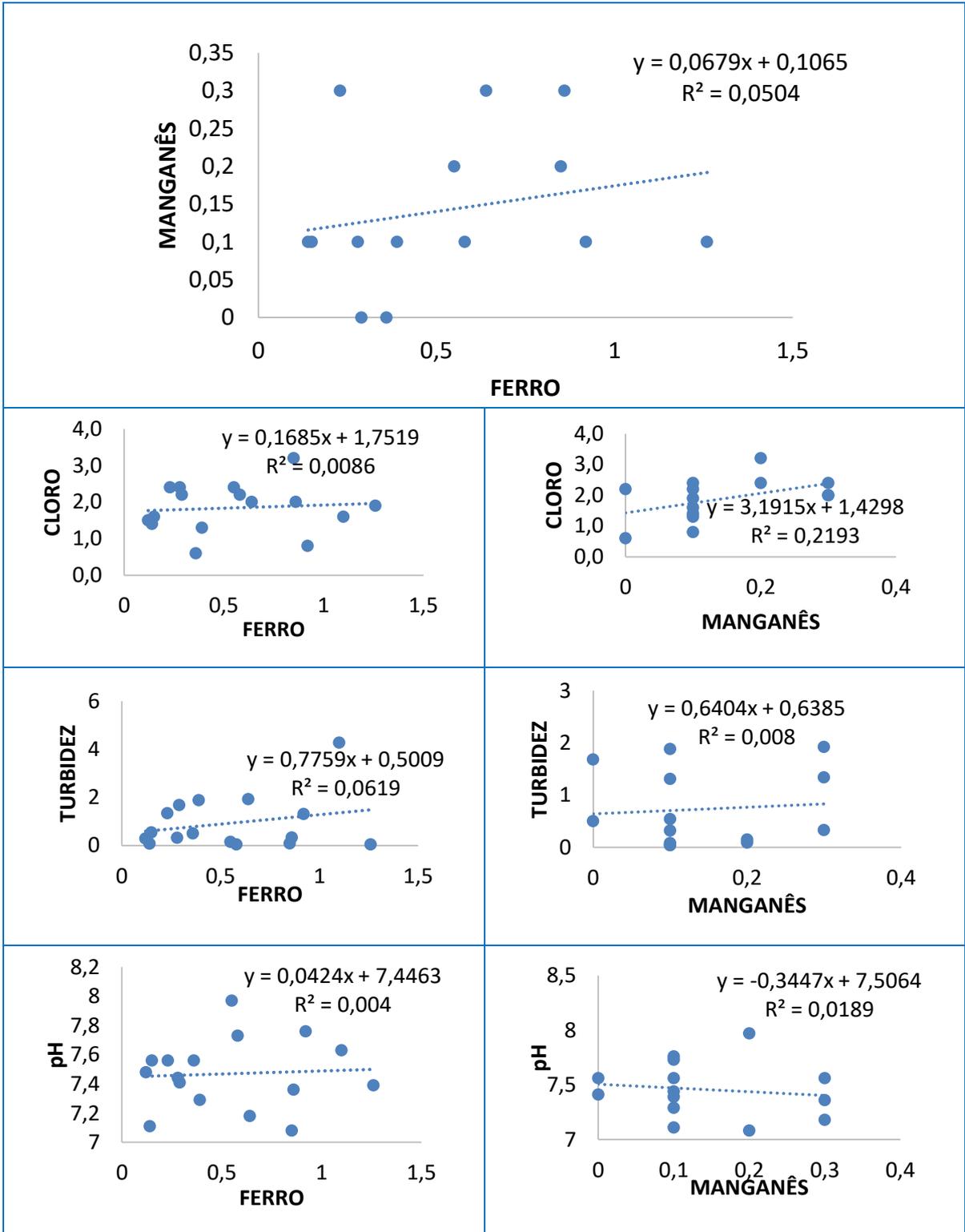


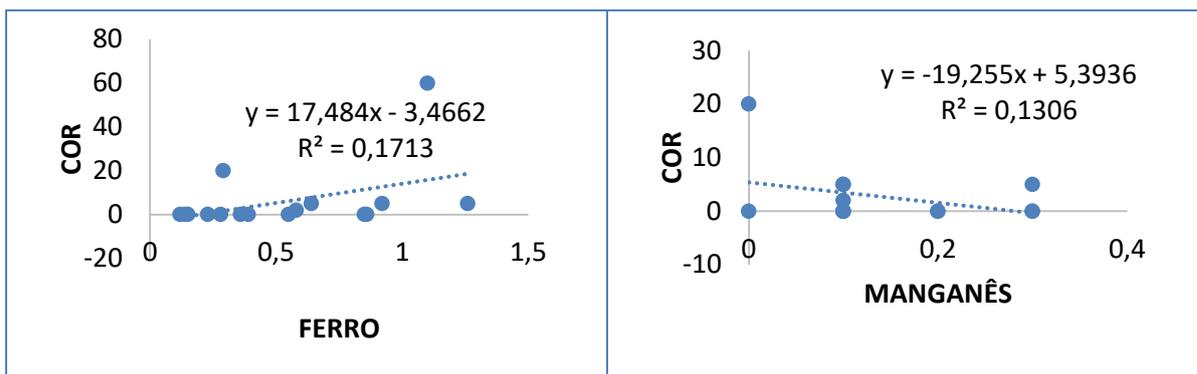
**Figura 30.** Gráficos de dispersão para água bruta.

Na água bruta o gráfico ferro e turbidez apresentou a melhor relação explicada pela equação, onde em 46% dos casos foi perceptível uma correlação positiva. Os parâmetros de ferro e cor têm seus dados explicados pela equação em 35,8% dos casos, apresentando também uma correlação positiva. Em relação ao manganês, o parâmetro turbidez apresentou correlação negativa, sendo 15,27% dos dados explicados pela equação e o parâmetro pH apresentou correlação positiva em 29% dos dados.

#### 4.9.2. Sistema 1

A Figura 31 apresenta os gráficos de dispersão, para os parâmetros analisados no sistema de tratamento com o filtro de carvão ativado.



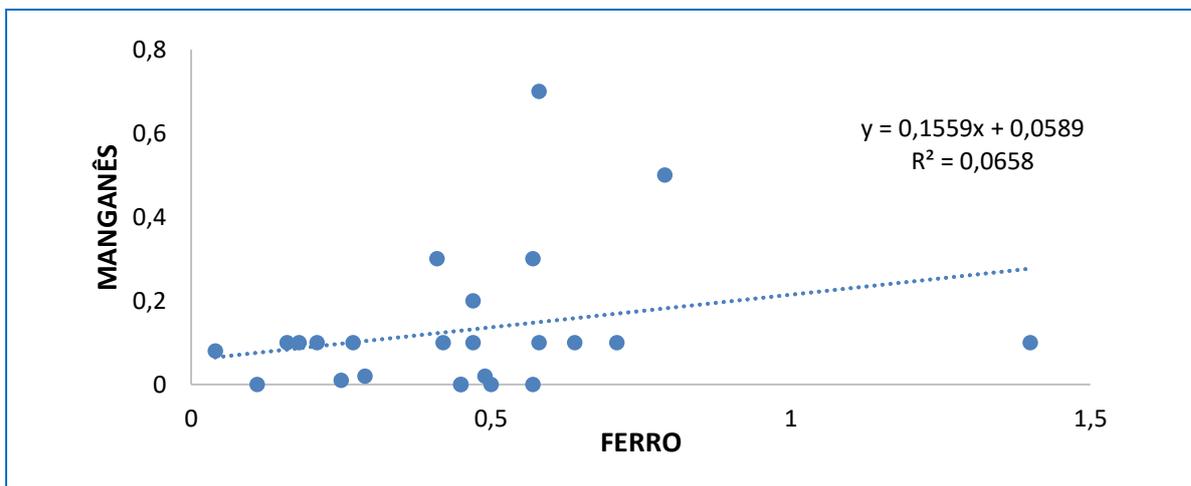


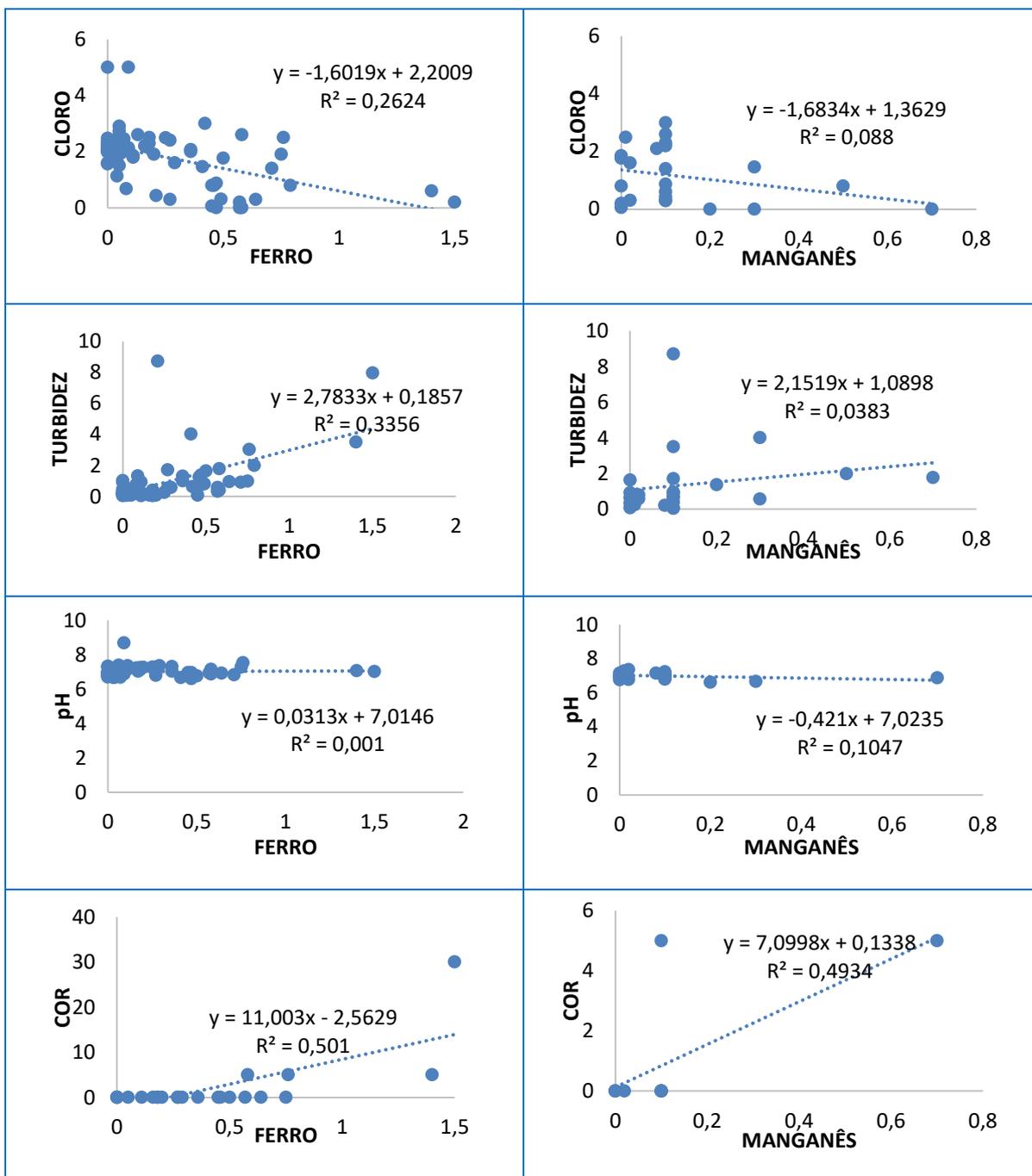
**Figura 31.** Gráficos de dispersão para o Sistema 1.

Os parâmetros apresentaram correlação muito baixa de acordo com análise dos coeficientes, salientando o parâmetro cor apresentou correlação positiva com 17% junto ao ferro e correlação negativa com 13% junto ao manganês.

#### 4.9.3. Sistema 2

Na Figura 32 podem ser observados os gráficos de dispersão dos parâmetros analisados no sistema de tratamento com o filtro pressurizado com o meio filtrante Controll M.F. 574®.





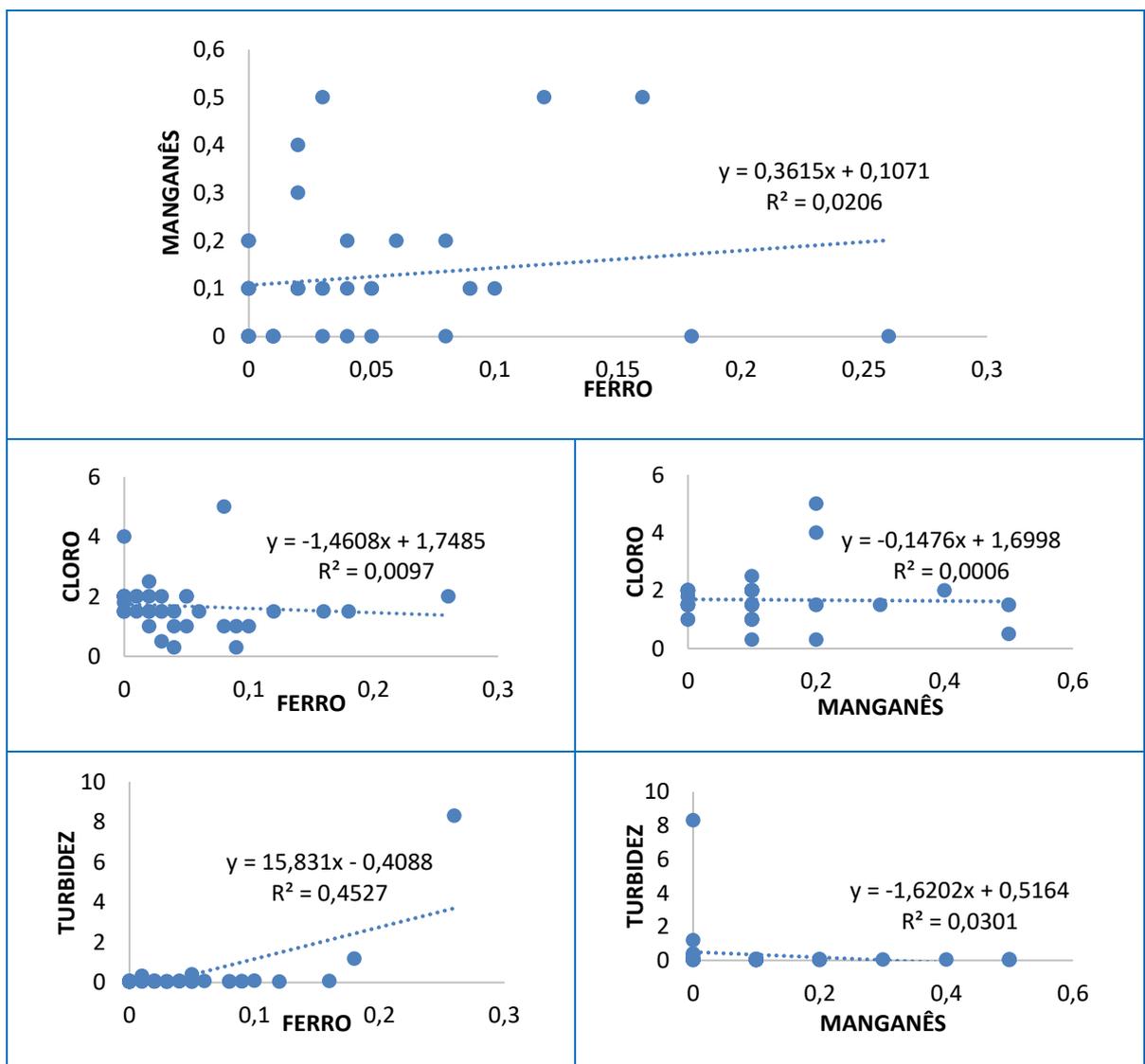
**Figura 32.** Gráficos de dispersão para o Sistema 2.

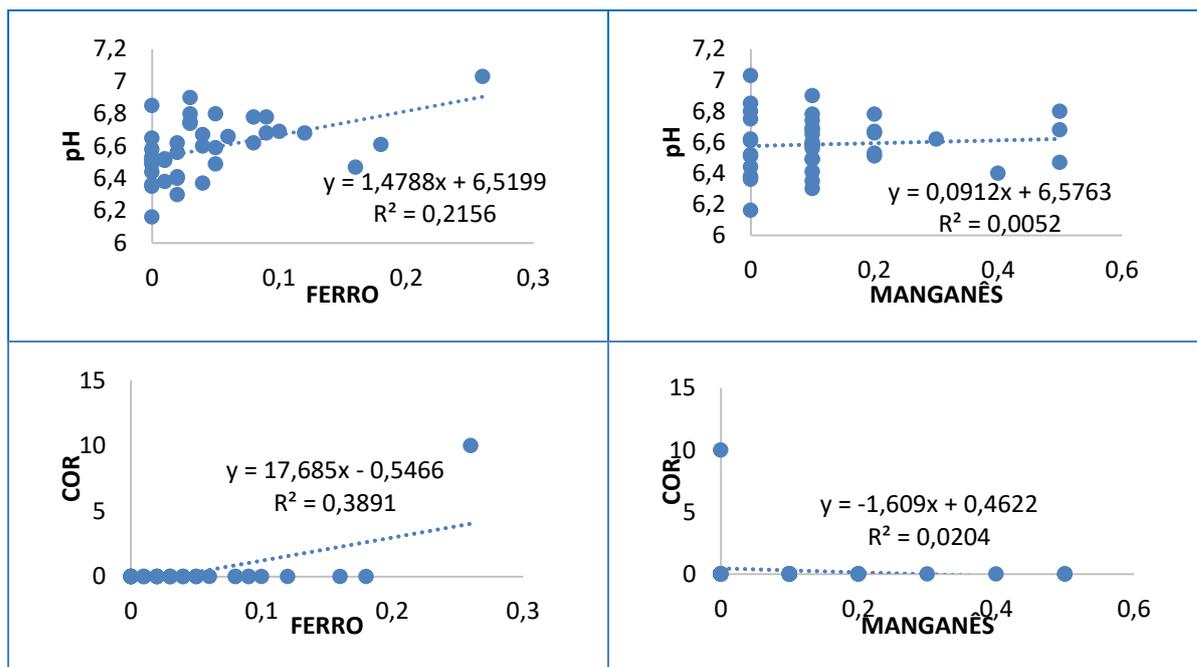
Em relação ao Ferro, o parâmetro cloro apresentou correlação negativa e com coeficiente de determinação em 26%. Isso se explica, pois quanto mais cloro na água durante o tempo mais haverá precipitação de ferro. Os parâmetros turbidez e cor também apresentaram correlação positiva com coeficiente de determinação em 33% e 50%, explicando que quanto mais ferro na água mais turva ela será, apresentando maior índice de

cor. Junto ao manganês, o único parâmetro com coeficiente de determinação significativo foi a cor, com 49%, quanto maior a presença do manganês, maior será o índice de cor.

#### 4.9.4. Monitoramento Sistema 2

Na Figura 33 podem ser observados os gráficos de dispersão dos parâmetros analisados após a implementação de protocolo de procedimentos no sistema de tratamento com o filtro pressurizado com o meio filtrante Controll M.F. 574®.





**Figura 33.** Gráficos de dispersão para o Monitoramento do Sistema 2.

Em relação ao Ferro, o parâmetro turbidez e cor apresentou correlação positiva com coeficiente de determinação em 45% e 39%. Em relação ao manganês, nenhum parâmetro demonstrou correlação significativa.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na caracterização geral das águas subterrâneas em Três Rios foram identificadas águas predominantemente bicarbonatadas cálcicas e sódicas e em torno de 40% dos casos de altas concentrações de ferro e manganês, ratificando que existe uma contaminação natural relevante por esses metais nas águas naturais do município de Três Rios.

Diante dos resultados observados, a implementação do sistema de tratamento com meio filtrante catalítico Controll M.F. 574® conseguiu reduzir em mais de 90% os teores de ferro na água de abastecimento da comunidade de Bemposta. Os parâmetros turbidez e cor também apresentaram redução significativa em suas médias, indicando que a presença de ferro determina a magnitude desses parâmetros. Com esse sistema, a água fornecida passou a atender os padrões organolépticos estabelecidos pela legislação vigente.

Os teores de manganês não apresentaram redução significativa com a mudança do sistema de tratamento. Estima-se que para as diminuições dos valores de manganês na água

subterrânea da região seja necessário um pH alcalino, acima de 8, para que as reações de precipitação sejam eficazes.

Apesar do trabalho apresentar abrangência temporal de dois anos, relativamente poucas amostras foram testadas para ferro e manganês, dessa forma, a pesquisa não pode determinar indicadores eficazes das concentrações de ferro e manganês, mas a turbidez foi o parâmetro com as melhores relações positivas de redução dos valores de ferro. Como possibilidade de trabalhos futuros, mais amostras poderiam ser testadas para verificação de possíveis indicadores.

Recomenda-se o contínuo monitoramento das águas de abastecimento no município de Bemposta, bem como da água bruta para continuidade na compreensão dos padrões de remoção de ferro e manganês na localidade.

Os procedimentos de limpeza de poços, bem como da rede de distribuição devem ser mantidos e realizados conforme cronograma estabelecido, já que também foram cruciais na redução dos teores de ferro e no alcance dos padrões organolépticos.

## 6. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9898 (1987) Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro.

De Oliveira MAG (2021) Delimitação das zonas potenciais a análises Hidroquímicas das águas subterrâneas na região hidrográfica IV-Piabanha (RJ) Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://revistaimagem.com.br/piabanha/trabalhos-academicos/academico/relatorio-oliveira-2021.pdf>>. Acesso em 01 de julho de 2023.

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, De Moraes GJL, Spavorek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22, (6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

Barbosa N M S (2009) Filtração granular adsortiva e peroxidação catalítica para obtenção de água potável. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/93335/266734.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

Brasil (1977) Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977. Dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água e dá outras providências. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1970-1979/d79367.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/d79367.htm)>. Acesso em 09 de maio de 2023.

Brasil (1990) Ministro da Saúde. Portaria nº 36, de 19 de janeiro de 1990. Aprova normas e o padrão de potabilidade da água para consumo humano em todo o território nacional. Disponível em: <[https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1990/prt0036\\_19\\_01\\_1990.html](https://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1990/prt0036_19_01_1990.html)>. Acesso em 09 de maio de 2023.

Brasil (2000) Ministro da Saúde. Portaria nº 1.469, de 29 de dezembro de 2000. Aprova a Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano, que dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano, estabelece o padrão de potabilidade da água para consumo humano, e dá outras providências. Disponível em:

<[https://bvs.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2000/prt1469\\_29\\_12\\_2000\\_rep.html#:~:text=PORTARIA%20N%C2%BA%201.469%2C%20DE%2029%20DE%20DEZEMBRO%20DE,%C3%A1gua%20para%20consumo%20humano%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias](https://bvs.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2000/prt1469_29_12_2000_rep.html#:~:text=PORTARIA%20N%C2%BA%201.469%2C%20DE%2029%20DE%20DEZEMBRO%20DE,%C3%A1gua%20para%20consumo%20humano%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias)>. Acesso em 10 de maio de 2023.

Brasil (2004) Ministro da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2004/prt0518\\_25\\_03\\_2004.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2004/prt0518_25_03_2004.html)>. Acesso em 10 de maio de 2023.

Brasil (2011) Ministro da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em 10 de maio de 2023.

Brasil (2017) Ministro da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/daf/pnpmf/orientacao-ao-prescritor/Publicacoes/portaria-de-consolidacao-no-5-de-28-de-setembro-de-2017.pdf/view>>. Acesso em 10 de maio de 2023.

Brasil (2021) Ministro da Saúde. Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, 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. Disponível

em: <[https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888\\_24\\_05\\_2021\\_rep.html](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_24_05_2021_rep.html)>. Acesso em 11 de maio de 2023.

Cavalcante IN, Santiago MMF, Rebouças AC (1998) Hidroquímica dos Sistemas Aquíferos Manto de Intemperismo e Meio Fraturado na Região de Atibaia, Estado de São Paulo. Revista de Geologia, v. 11, p. 31-39.

Da Silva LB (2020) Os Desafios do Ensino de Geografia: Trabalhando o Conceito de Lugar e Buscando Novas Abordagens Através do Bairro Vila Isabel, Três Rios-RJ. ENAPGE. São Paulo, p. 10, 2020.

Di Bernardo L, Dantas ADB (2017) Métodos e técnicas de tratamento de água. São Carlos: LDiBe Editora. 1246 p.

Dias, T (2006) Membranas: meio filtrante de tecnologia avançada. Revista Meio Filtrante. Ano 5, n. 23, Novembro/Dezembro. Disponível em: <https://www.meiofiltrante.com.br/Edicao/23/novembrodezembro-de-2006>>. Acesso em: 25 de maio de 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI. 306p.

Folzke CT (2013) Estudo da remoção de alumínio de água para abastecimento utilizando quitosana. 138p. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/107126/319998.pdf?sequence=1>>. Acesso em 08 de maio de 2023.

Fonseca Pinheiro, B (2019) Levantamento da Base Cartográfica Pública e Gratuita na Elaboração e Análise dos mapas de Suscetibilidade a movimentos de Massa/Deslizamentos em Três Rios/RJ. Monografia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em:

<<https://itr.ufrj.br/portal/levantamento-da-base-cartografica-publica-e-gratuita-na-elaboracao-e-analise-dos-mapas-de-suscetibilidade-a-movimentos-de-massa-deslizamentos-em-tres-rios-rj/>>. Acesso em 01 de julho de 2023.

Formaggia DME (2007) Uma breve história do Programa de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo humano do Estado de São Paulo. Fala SEVISA. São Paulo Nº 01/2007. Disponível em: <[https://cvs.saude.sp.gov.br/pdf/artigo\\_sevisa\\_01.pdf](https://cvs.saude.sp.gov.br/pdf/artigo_sevisa_01.pdf)>. Acesso em 08 de maio de 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022) Três Rios (RJ) Cidades e Estados. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/tres-rios.html>>. Acesso em 06 de julho de 2023.

Lima ECDR, Oliveira AF, Bastos J, Napoleão P (2011) O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro 2010. In O estado do ambiente: indicadores ambientais do Rio de Janeiro. Sea/ Inea. 160 p. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mde1/~edisp/inea0015448.pdf>>. Acesso em 15 abril de 2023.

Madeira VS (2003) Desenvolvimento de um carvão adsorvente para a remoção de íons ferro. 83 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85902/210603.pdf?sequence=1>>. Acesso em 11 de outubro de 2022.

Maximila, RP (2016) Remoção de ferro e manganês por nanofiltração: comparativo dos custos de implantação com sistema convencional. Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <[https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/159621/001019463.pdf?sequence=1&locale-attribute=pt\\_BR](https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/159621/001019463.pdf?sequence=1&locale-attribute=pt_BR)>. Acesso em 21 de janeiro de 2023.

Midões C, Fernandes J, Costa, CG (2001) Água subterrânea: conhecer para proteger e preservar. Publicação sob o projecto Nº P-IV-1052, do Programa Ciência Viva. IGM. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.9/488>>. Acesso em 20 de junho de 2023.

Moruzzi RB, Reali MAP (2012) Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. Revista de Engenharia e Tecnologia, 29-43. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/134886/ISSN2176-7270-2012-04-01-29-43.pdf?sequence=1>>. Acesso em 03 de fevereiro de 2023.

Fernandes Neto MDL (2010) Norma Brasileira de Potabilidade de Água: Análise dos parâmetros de agrotóxicos numa abordagem de avaliação de risco. Tese de Doutorado. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro. Disponível em: <[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50274252/ENSP\\_Tese\\_Fernandes\\_Neto\\_Maria\\_\\_Lurdes-libre.pdf?1478982876=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DNorma\\_Brasileira\\_de\\_Potabilidade\\_de\\_Agua.pdf&Expires=1689358568&Signature=JE65TbbFWUAchfnn2wCSVTYYyML3EroZ5AXCffxbtI7h2Y7dXx3De1FinCQd6uIjfdquoMyzUTL34l2N7S2bqwAkgd3gPCXewpdoV4diYXZeAUczNcd7ImpPocNo5OBv9uH7Ez6Fp8bYu3haZuoSbxEb1BAnH8QGkz36XKF4oH~t~CNVWusr3yR2rvTm5qGV7tCX8mXA0tWrPuKgcqjR8B638pYZC1E5lqBch8Ec9ehnhMC41tBWGwKBf4UFRcZq5hil5BwnH7Znu9P8ukB9o-4-JA13dChU5I2cJxG7gieGafL7CL7-hxCRfi0UC5zCa-vrN5xLzbBkOtr9f9x8hw\\_\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50274252/ENSP_Tese_Fernandes_Neto_Maria__Lurdes-libre.pdf?1478982876=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DNorma_Brasileira_de_Potabilidade_de_Agua.pdf&Expires=1689358568&Signature=JE65TbbFWUAchfnn2wCSVTYYyML3EroZ5AXCffxbtI7h2Y7dXx3De1FinCQd6uIjfdquoMyzUTL34l2N7S2bqwAkgd3gPCXewpdoV4diYXZeAUczNcd7ImpPocNo5OBv9uH7Ez6Fp8bYu3haZuoSbxEb1BAnH8QGkz36XKF4oH~t~CNVWusr3yR2rvTm5qGV7tCX8mXA0tWrPuKgcqjR8B638pYZC1E5lqBch8Ec9ehnhMC41tBWGwKBf4UFRcZq5hil5BwnH7Znu9P8ukB9o-4-JA13dChU5I2cJxG7gieGafL7CL7-hxCRfi0UC5zCa-vrN5xLzbBkOtr9f9x8hw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)>. Acesso em 03 de março de 2023.

Oliveira, DN (2017) Hidrogeoquímica e indicadores de qualidade das águas superficiais no Município de Três Rios/RJ e seu entorno. Dissertação de Mestrado em Geociências - Geoquímica Ambiental. Universidade Federal Fluminense. Niterói.

SAAETRI (2023) História. Disponível em: <<https://saaetri.com.br>>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

Soares AFS, Franco R, Assis JMG (2021) Análise preliminar da nova portaria de potabilidade da água (PRT GM/MS N 888/2021). IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. XII CONGEA-SALVADOR/BA, 08-11. Disponível em <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2021/V-002.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2023.

Souza, WA (2007) Tratamento de água. CEFET/RN. Natal. 152 p.

Tekerlekopoulou A G, Vayenas D V (2008) Simultaneous biological removal of ammonia, iron and manganese from potable water using a trickling filter. *Biochemical Engineering Journal*, v. 39, n. 1, p. 215-220. Disponível: < [https://www.researchgate.net/profile/Dimitris-Vayenas-2/publication/247116683\\_Simultaneous\\_biological\\_removal\\_of\\_ammonia\\_iron\\_and\\_manganese\\_from\\_potable\\_water\\_using\\_a\\_trickling\\_filter/links/5768f79b08ae7f0756a22fdc/Simultaneous-biological-removal-of-ammonia-iron-and-manganese-from-potable-water-using-a-trickling-filter.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dimitris-Vayenas-2/publication/247116683_Simultaneous_biological_removal_of_ammonia_iron_and_manganese_from_potable_water_using_a_trickling_filter/links/5768f79b08ae7f0756a22fdc/Simultaneous-biological-removal-of-ammonia-iron-and-manganese-from-potable-water-using-a-trickling-filter.pdf) >. Acesso em 09 de junho de 2023.

Terrell, D (2007) Avaliação da qualidade da água subterrânea em área de mineração de caulim: impactos e perspectivas de remediação, município de Mogi das Cruzes, SP. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Três Rios (2019) LEI Nº 4.593 DE 27 DE JUNHO DE 2019. Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico, cria o Conselho Municipal de Saneamento Básico e dá outras providências. Anexo. Disponível em: <<https://cdn.tresrios.rj.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/23143011/Anexo-da-LEI-4.593-2019-PMSB.pdf>>. Acesso em 16 de abril de 2023.

Turgeon S, Rodriguez MJ, Thériault M, Levallois P (2004) Perception of drinking water in the Quebec City region (Canada): the influence of water quality and consumer location in the distribution system. *Journal of environmental management*, v. 70, n. 4, p. 363-373. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479703002214?via%3Dihub>. Acesso em 25 de junho de 2023.

UNESCO (2019) United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind. France. Disponível em: <<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367306>>. Acesso em: 28 de junho de 2023.

Valladares CS, Pascutti AG, Silva TMD, Heilbron M, Almeida JCHD, Duarte BP, Schmitt R (2012) Geologia e recursos minerais da folha Três Rios SF. 23-ZBI. Serviço Geológico do Brasil. Disponível: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/11523>. Acesso em 23 de maio de 2023.

Vijayaraghavan, K, Yun, Yeoung-Sang (2008) Bacterial biosorbents and biosorption. *Biotechnology advances*, v. 26, n. 3, p. 266-291. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0734975008000177>>. Acesso em 09 de janeiro de 2023.

Vistuba, JP (2010) Remoção de ferro e manganês de água de abastecimento por meio de filtração adsorptiva. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/93949/279403.pdf?sequence=1>>. Acesso em 09 de janeiro de 2023.

Yoffee, Norman (2013) *Mitos do Estado arcaico: evolução dos primeiros Estados, cidades e civilizações*. Trad. de CEM de Moura. São Paulo: USP. 352 p.

## 7. ANEXOS



### DADOS DAS ANÁLISES DO DISTRITO DE BEMPOSTA

ÁGUA BRUTA - EQUALIZADA							
Data coleta	Horário	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)	Cloro (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Cor (uH)
08/03/2021		1			8,57	6,56	
11/08/2021	09:48	2,02	0,4		22,1	7,27	80
20/08/2021	12:10	1,52	0,8		11,41	6,94	30
24/08/2021	10:44	1,01	0,3		12,5	6,81	20
01/09/2021	10:00	0,62	0,2		9,29	6,83	10
08/09/2021	09:29	1,15	0,1		9,21	6,86	80
10/09/2021	09:00	1,32	0,2		11,31	7,07	
15/09/2021	10:40	1,03	0,1		11,68	7,68	20
23/09/2021	09:00	0,93			2,16	7,09	
27/09/2021	10:08	1,76	0,1		12,66	7,21	30
30/09/2021	15:00	1,64			10,16	6,79	80

Filtro carvão ativado - ETA									
	Local	Data coleta	Horário	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)	Cloro (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Cor (uH)
1	Eta Bemposta	06/01/2021	09:33			1,00	0,43	7,58	0
1	Eta Bemposta	11/01/2021	09:28			2,50	0,07	7,46	0
1	Eta Bemposta	13/01/2021	09:20			2,00	0,04	7,43	0
1	Eta Bemposta	21/01/2021	09:45			2,50	1,41	7,52	10
1	Eta Bemposta	25/01/2021	09:20			2	0,04	7,19	0
1	Eta Bemposta	27/01/2021	08:48			1,00	0,04	7,45	0
1	Eta Bemposta	01/02/2021	09:10			1,00	0,78	7,5	0
1	Eta Bemposta	03/02/2021	09:26			0,30	0,5	7,77	0
1	Eta Bemposta	08/02/2021	09:46			1,50	1,45	7,57	5
1	Eta Bemposta	18/02/2021	10:28			1,5	2,12	7,39	20
1	Eta Bemposta	22/02/2021	09:29			2,50	1,76	7,45	5
1	Eta Bemposta	24/02/2021	09:14			1,60	0,42	7,27	0
1	Eta Bemposta	01/03/2021	10:31	0,12		1,50	0,29	7,48	0
1	Eta Bemposta	03/03/2021	11:03			1,50	0,46	7,57	2
1	Eta Bemposta	08/03/2021	10:01			1,60	0,22	7,48	0
1	Eta Bemposta	10/03/2021	09:57			2	0,08	7,43	0

1	Eta Bemposta	15/03/2021	08:51			1,90	0,06	7,28	0
1	Eta Bemposta	17/03/2021	09:34			2,50	0,04	6,45	0
1	Eta Bemposta	22/03/2021	08:44			0,80	0,08	6,94	0
1	Eta Bemposta	24/03/2021	08:57			0,80	1,55	7,18	25
1	Eta Bemposta	07/04/2021	10:13			2,00	0,04	7,44	2
1	Eta Bemposta	12/04/2021	09:09			2,50	0,09	7,18	0
1	Eta Bemposta	14/04/2021	09:30			1,60	0,29	7,04	0
1	Eta Bemposta	19/04/2021	09:30			1,90	0,06	7,35	0
1	Eta Bemposta	21/04/2021	09:45			2,00	0,04	7,42	0
1	Eta Bemposta	26/04/2021	09:03			2,20	3,03	7,31	2,5
1	Eta Bemposta	28/04/2021	09:28			2,10	0,04	7,47	0
1	Eta Bemposta	03/05/2021	08:55			1,70	0,65	7,24	15
1	Eta Bemposta	05/05/2021	09:05			0,90	0,09	7,64	0
1	Eta Bemposta	10/05/2021	08:51			2	1,24	7,19	0
1	Eta Bemposta	12/05/2021	10:24			2,00	0,26	7,55	0
1	Eta Bemposta	17/05/2021	08:53			2,00	0,04	7,59	0
1	Eta Bemposta	19/05/2021	09:00			1,70	0,04	7,02	0
1	Eta Bemposta	24/05/2021	09:01			2,30	1,38	7,58	5
1	Eta Bemposta	27/05/2021	09:16			1,80	0,09	7,52	0
1	Eta Bemposta	07/06/2021	08:40			2,00	0,53	7,35	0
1	Eta Bemposta	09/06/2021	09:33			1,60	32,5	7,68	100
1	Eta Bemposta	14/06/2021	10:06			1,70	0,32	7,92	0
1	Eta Bemposta	16/06/2021	09:22			2,40	0,81	7,61	0
1	Eta Bemposta	21/06/2021	09:06	0,58	0,1	2,20	0,04	7,73	2
1	Eta Bemposta	23/06/2021	09:50			2,10	0,53	7,61	0
1	Eta Bemposta	28/06/2021	10:17	0,36	0	0,6	0,5	7,56	0
1	Eta Bemposta	30/06/2021	10:22			0,80	0,04	7,6	0
1	Eta Bemposta	05/07/2021	09:21	0,55	0,2	2,4	0,15	7,97	0
1	Eta Bemposta	07/07/2021	10:33			2,3	0,04	7,9	0
1	Eta Bemposta	12/07/2021	09:18	0,29	0	2,2	1,68	7,41	20
1	Eta Bemposta	14/07/2021	10:43			0,00	0,04	7,71	0
1	Eta Bemposta	20/07/2021	10:18	0,92	0,1	0,8	1,31	7,76	5
1	Eta Bemposta	21/07/2021	09:23			2,10	0,04	7,71	0
1	Eta Bemposta	26/07/2021	09:56	0,28	0,1	2,4	0,32	7,44	0
1	Eta Bemposta	28/07/2021	09:18			2,20	0,05	7,23	0
1	Eta Bemposta	02/08/2021	09:31	0,85	0,2	3,2	0,09	7,08	0
1	Eta Bemposta	04/08/2021	09:48			4,00	0,12	7,48	0
1	Eta Bemposta	09/08/2021	09:48	0,64	0,3	2,00	1,92	7,18	5
1	Eta Bemposta	11/08/2021	09:46	1,26	0,1	1,90	0,04	7,39	5
1	Eta Bemposta	18/08/2021	09:43	0,23	0,3	2,40	1,34	7,56	0
<b>Filtro carvão ativado- REDE DE DISTRIBUIÇÃO</b>									
	<b>Local</b>	<b>Data coleta</b>	<b>Horário</b>	<b>Ferro (mg/L)</b>	<b>Manganês (mg/L)</b>	<b>Cloro (mg/L)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>pH</b>	<b>Cor (uH)</b>

2	Unidade Básica de Saúde	06/01/2021	09:21			1,2	2,13	7,61	10
3	Subprefeitura	06/01/2021	09:16			1,2	0,72	7,75	0
4	E E M Guilhermina Guinle	06/01/2021	09:48			0,5	20,9	7,53	100
2	Unidade Básica de Saúde	11/01/2021	09:21			0,3	13	7,69	100
3	Subprefeitura	13/01/2021	09:14			1,5	4,86	7,64	30
2	Unidade Básica de Saúde	21/01/2021	09:58			0,5	20,9	7,53	100
3	Subprefeitura	21/01/2021	09:38			0,5	3,5	7,56	30
3	Subprefeitura	27/01/2021	08:56			0,3	0,04	7,65	0
2	Unidade Básica de Saúde	01/02/2021	09:02			0,8	1,05	7,67	2,5
3	Subprefeitura	01/02/2021	08:55			0,5	0,22	7,56	0
4	E E M Guilhermina Guinle	01/02/2021	08:15			0,5	1,63	7,57	10
2	Unidade Básica de Saúde	08/02/2021	09:40			1	6,33	7,69	90
2	Unidade Básica de Saúde	18/02/2021	10:33			1,5	2,74	7,43	25
3	Subprefeitura	18/02/2021	10:16			1,5	2	7,64	25
2	Unidade Básica de Saúde	24/02/2021	09:03			1,5	0,94	7,49	0
2	Unidade Básica de Saúde	01/03/2021	10:15	1,1		1,6	4,27	7,63	60
2	Unidade Básica de Saúde	03/03/2021	10:47			1,5	3,74	7,55	50
3	Subprefeitura	03/03/2021	10:43			1,5	2,06	7,56	20
4	E E M Guilhermina Guinle	03/03/2021	11:09			1,5	0,85	7,65	20
2	Unidade Básica de Saúde	08/03/2021	09:53			1,5	2,82	7,45	90
3	Subprefeitura	10/03/2021	09:48			1,5	1,12	7,58	25
3	Subprefeitura	15/03/2021	08:38			1,70	1,15	7,62	10
2	Unidade Básica de Saúde	17/03/2021	09:27			2	21,09	7,71	100
3	Subprefeitura	07/04/2021	09:51			2	0,07	7,48	0
4	E E M Guilhermina Guinle	07/04/2021	10:02			1	0,04	7,58	0
3	Subprefeitura	12/04/2021	08:54			2	1,93	7,14	90
2	Unidade Básica de Saúde	14/04/2021	09:21			1,70	0,04	7,24	0
2	Unidade Básica de Saúde	19/04/2021	09:20			2,2	2,63	7,38	100
3	Subprefeitura	19/04/2021	09:08			2,2	0,04	7,24	0
4	E E M Guilhermina Guinle	19/04/2021	09:13			2	1,27	7,28	30
2	Unidade Básica de Saúde	21/04/2021	09:38			0,4	0,04	7,49	0
3	Subprefeitura	28/04/2021	09:22			2	2,39	7,52	20
3	Subprefeitura	03/05/2021	08:45			1,3	0,09	7,38	0
2	Unidade Básica de Saúde	05/05/2021	08:58			0,7	0,05	7,54	0
3	Subprefeitura	05/05/2021	08:49			0,7	0,57	7,62	0
4	E E M Guilhermina Guinle	05/05/2021	08:54			1,2	2,71	7,75	20
3	Subprefeitura	10/05/2021	08:43			1,5	2,85	7,27	20
3	Subprefeitura	12/05/2021	10:13			1,7	0,12	7,59	0
2	Unidade Básica de Saúde	17/05/2021	08:43			1,6	0,06	7,54	0
3	Subprefeitura	17/05/2021	08:36			1,1	0,14	7,65	0
4	E E M Guilhermina Guinle	17/05/2021	08:40			1,6	0,97	7,71	0

2	Unidade Básica de Saúde	19/05/2021	08:53			1,9	0,04	7,09	0
3	Subprefeitura	27/05/2021	09:10			1,9	2,69	7,74	110
3	Subprefeitura	07/06/2021	08:32			2,2	0,08	7,59	0
2	Unidade Básica de Saúde	09/06/2021	09:28			0,7	0,53	7,48	0
3	Subprefeitura	09/06/2021	09:46			0,6	8,62	7,72	20
4	E E M Guilhermina Guinle	09/06/2021	09:38			0,6	0,3	7,74	0
3	Subprefeitura	14/06/2021	10:00			0,8	1,11	7,81	10
3	Subprefeitura	16/06/2021	09:12			2,3	1,21	7,75	30
2	Unidade Básica de Saúde	21/06/2021	08:58			1,9	0,2	7,89	110
3	Subprefeitura	21/06/2021	08:51			1,8	0,08	7,94	10
4	E E M Guilhermina Guinle	21/06/2021	09:13			1,9	11,2	7,62	110
4	E E M Guilhermina Guinle	23/06/2021	09:41			1,8	1,06	7,8	2,5
2	Unidade Básica de Saúde	28/06/2021	10:10			0,1	2,53	7,81	10
3	Subprefeitura	28/06/2021	10:05			0,2	3,05	7,77	20
4	E E M Guilhermina Guinle	28/06/2021	10:25			0,2	11,1	7,93	100
3	Subprefeitura	30/06/2021	10:14			0,1	0,09	7,78	0
2	Unidade Básica de Saúde	05/07/2021	09:15			2,4	5,57	7,94	30
3	Subprefeitura	05/07/2021	09:11			2,3	0,04	7,93	10
4	E E M Guilhermina Guinle	05/07/2021	09:28			2,4	9,46	7,72	100
2	Unidade Básica de Saúde	07/07/2021	10:26			0,4	0,25	7,7	0
3	Subprefeitura	07/07/2021	10:22			0,5	0,09	7,9	0
4	E E M Guilhermina Guinle	07/07/2021	10:39			0,7	2,34	7,9	30
2	Unidade Básica de Saúde	12/07/2021	09:12			3	9,16	7,68	10
3	Subprefeitura	12/07/2021	09:09			3	1,75	7,73	10
4	E E M Guilhermina Guinle	12/07/2021	09:23			2,7	17	7,77	110
3	Subprefeitura	14/07/2021	10:35			0,80	1,59	7,9	20
2	Unidade Básica de Saúde	20/07/2021	10:11			2,5	3,59	7,54	20
3	Subprefeitura	20/07/2021	10:06			2,7	8,73	7,61	30
2	Unidade Básica de Saúde	21/07/2021	09:16			1,20	0,09	7,8	0
2	Unidade Básica de Saúde	26/07/2021	09:47			2,3	0,51	7,51	10
3	Subprefeitura	26/07/2021	09:43			2,3	0,05	7,49	0
4	E E M Guilhermina Guinle	26/07/2021	10:02			2,1	2,09	7,58	20
3	Subprefeitura	28/07/2021	09:10			2,30	0,51	7,39	0
2	Unidade Básica de Saúde	02/08/2021	09:26			3,2	2,34	7,37	10
3	Subprefeitura	02/08/2021	09:22			3,2	2,14	7,27	5
4	E E M Guilhermina Guinle	02/08/2021	09:38			3,2	4,18	7,1	80
2	Unidade Básica de Saúde	04/08/2021	09:41			4,00	0,33	7,34	0
3	Subprefeitura	04/08/2021	09:37			4,00	0,27	7,39	0
4	E E M Guilhermina Guinle	04/08/2021	09:55			4,00	0,09	7,35	0
2	Unidade Básica de Saúde	09/08/2021	09:41			0,8	7,02	7,16	10
3	Subprefeitura	09/08/2021	09:38			0,7	1,91	7,23	5

4	E E M Guilhermina Guinle	09/08/2021	09:54			0,9	12,03	7,39	100
3	Subprefeitura	11/08/2021	09:36	0,86	0,3	2,00	0,33	7,36	0
2	Unidade Básica de Saúde	18/08/2021	09:49	0,14	0,1	1,4	0,08	7,11	0
3	Subprefeitura	18/08/2021	09:36	0,39	0,1	1,30	1,88	7,29	0
4	E E M Guilhermina Guinle	18/08/2021	09:53	0,15	0,1	1,6	0,54	7,56	0
<b>Filtro com meio filtrante catalítico- ETA</b>									
	<b>Local</b>	<b>Data coleta</b>	<b>Horário</b>	<b>Ferro (mg/L)</b>	<b>Manganês (mg/L)</b>	<b>Cloro (mg/L)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>pH</b>	<b>Cor (uH)</b>
1	Eta Bemposta	20/08/2021	10:25	0,21	0,1	0,43	8,72		
1	Eta Bemposta	21/08/2021	10:00	0,47	0,2	0	1,37	6,61	
1	Eta Bemposta	22/08/2021	12:00	0,42	0,1	3	0,63		
1	Eta Bemposta	23/08/2021	10:00	0,5	0	1,77	1,64	6,76	0
1	Eta Bemposta	24/08/2021	10:43	0,64	0,1	0,30	0,95	6,93	0
1	Eta Bemposta	25/08/2021	09:00	0,71	0,1	1,4	0,92	6,83	
1	Eta Bemposta	26/08/2021	13:00	0,47	0,1	0,87	0,73	6,96	
1	Eta Bemposta	27/08/2021	11:00	0,49	0,02	0,31	0,8	6,78	
1	Eta Bemposta	28/08/2021	10:00	0,45	0	0,06	0,65		
1	Eta Bemposta	29/08/2021	10:00	0,57	0,3	0	0,57		
1	Eta Bemposta	30/08/2021	10:41	0,58	0,7	0,00	1,78	6,87	5
1	Eta Bemposta	01/09/2021	10:03	0,27	0,1	0,30	1,72	6,79	0
1	Eta Bemposta	02/09/2021	10:08	0,79	0,5	0,80	1,99		
1	Eta Bemposta	03/09/2021	09:00	0,41	0,3	1,46	4,02	6,66	
1	Eta Bemposta	04/09/2021	10:00	0,08		0,68	0,75	7,22	
1	Eta Bemposta	05/09/2021	09:00	0,01		1,68	0,14	6,96	
1	Eta Bemposta	06/09/2021	07:00	0,13		2,60	0,15		
1	Eta Bemposta	07/09/2021	10:00	0,04		1,65	0,36	7,24	
1	Eta Bemposta	08/09/2021	09:33	0,29	0,02	1,60	0,58	7,35	0
1	Eta Bemposta	09/09/2021	09:00	0,11	0	1,85	0,93	7,14	
1	Eta Bemposta	10/09/2021	09:00	0,25	0,01	2,49	0,25	7,27	
1	Eta Bemposta	11/09/2021	09:00	0,04	0,08	2,1	0,22	7,15	
1	Eta Bemposta	12/09/2021	09:00	0,36		2,07	1,31	7,31	
1	Eta Bemposta	13/09/2021	11:00	0,36		2,00	1	7,03	0
1	Eta Bemposta	14/09/2021	11:00	0,58	0,1	2,60	0,39	7,15	
1	Eta Bemposta	15/09/2021	10:41	0,18	0,1	2,30	0,04	7,11	0
1	Eta Bemposta	16/09/2021	14:00	0,05		2,73	0,11	7,26	
1	Eta Bemposta	17/09/2021	14:00	0		2,09	0,45	7,3	
1	Eta Bemposta	20/09/2021	16:00	0,06		2,05	0,27	7,38	
1	Eta Bemposta	21/09/2021	10:00	0,09		5,00	1,32	8,68	
1	Eta Bemposta	22/09/2021	08:44			0,00	0,04	7,06	0
1	Eta Bemposta	24/09/2021	11:00	0,05		2,52	0,12	7,08	
1	Eta Bemposta	25/09/2021	11:00	0,05		2,60	0,09	7,1	
1	Eta Bemposta	26/09/2021	08:00	0,17		2,16	0,08	7,03	
1	Eta Bemposta	27/09/2021	10:10	0,16	0,1	2,20	0,07	7,23	0

1	Eta Bemposta	30/09/2021	09:00	0		5	0,37	6,83	0
1	Eta Bemposta	01/10/2021	10:00	0,05		2,90	0,38	6,85	
1	Eta Bemposta	03/10/2021	12:00	0,02		1,92	0,06	6,92	
1	Eta Bemposta	04/10/2021	09:00	0		1,56	0,17	6,76	
1	Eta Bemposta	05/10/2021	07:00	0		2,35	0,1	6,81	
1	Eta Bemposta	06/10/2021	14:00	0,02		2,25	0,09	7,03	
1	Eta Bemposta	07/10/2021	10:00	0		2,14	0,18	6,95	
1	Eta Bemposta	08/10/2021	11:00	0		1,99	0,16	6,97	
1	Eta Bemposta	09/10/2021	07:00	0,04		1,13	0,33	6,78	
1	Eta Bemposta	10/10/2021	10:00	0		1,98	0,26	6,95	
1	Eta Bemposta	11/10/2021	17:00	0		2,47	0,1	6,72	
1	Eta Bemposta	12/10/2021	17:00	0,04		2,14	0,12	6,69	
1	Eta Bemposta	13/10/2021	08:00	0		2,06	0,28	6,7	
1	Eta Bemposta	14/10/2021	07:00	0,06		1,95	0,21	6,84	
1	Eta Bemposta	15/10/2021	13:00	0,01		2,01	0,27	6,88	
1	Eta Bemposta	16/10/2021	16:00	0,06		2,06	0,27	6,81	
1	Eta Bemposta	17/10/2021	16:00	0,03		2,35	0,18	6,86	
1	Eta Bemposta	18/10/2021	16:00	0,04		2,25	0,42	6,73	
1	Eta Bemposta	19/10/2021	14:00	0,03		2,3	0,27	6,67	
1	Eta Bemposta	21/10/2021	15:00	0,03		2,27	0,46	6,74	
1	Eta Bemposta	25/10/2021	09:29			2,20	0,06	6,82	0
1	Eta Bemposta	26/10/2021	17:00	0,07		2,45	0,6	6,68	
1	Eta Bemposta	27/10/2021	10:50	0,05		1,50	0,07	7,2	0
1	Eta Bemposta	28/10/2021	15:00	0,06		2,12	0,46	6,8	
1	Eta Bemposta	29/10/2021	15:00	0,03		2,08	0,39	6,93	
1	Eta Bemposta	30/10/2021	15:00	0,09		2,08	0,55	6,87	
1	Eta Bemposta	31/10/2021	15:00	0,09		2,14	0,44	6,89	
1	Eta Bemposta	03/11/2021	09:55			1,80	0,04	6,75	0
1	Eta Bemposta	08/11/2021	09:11			2,00	0,04	6,5	0
1	Eta Bemposta	16/11/2021	09:03			1,90	0,05	6,69	0
1	Eta Bemposta	06/12/2021	09:12			2,10	0,04	6,4	2
1	Eta Bemposta	15/12/2021	10:16			1,80	0,2	7	10
1	Eta Bemposta	20/12/2021	09:05			1,50	0,04	6,56	0
1	Eta Bemposta	29/12/2021	10:29			1,80	0,58	6,97	0

**Filtro com meio filtrante catalítico - REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

	Local	Data coleta	Horário	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)	Cloro (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Cor (uH)
2	Unidade Básica de Saúde	24/08/2021	09:53	1,4	0,1	0,6	3,51	7,06	5
3	Subprefeitura	24/08/2021	09:49	0,45	0	0,8	0,08	6,96	0
4	E E M Guilhermina Guinle	24/08/2021	10:08	0,57	0	0,2	0,33	6,94	0
3	Subprefeitura	25/08/2021	08:58			2,1	0,04	7,08	0
2	Unidade basica de saude	30/08/2021	10:32			0	3,06	6,92	20
3	Subprefeitura	01/09/2021	09:53	0,46		0,8	1,25	6,9	0

4	E E M Guilhermina Guinle	01/09/2021	10:08	1,5		0,2	7,97	7,02	30
2	Unidade basica de saude	08/09/2021	09:19	0,75		1,9	0,99	7,27	0
3	Subprefeitura	08/09/2021	09:15	0,11		1,8	0,04	7,36	0
4	E E M Guilhermina Guinle	08/09/2021	09:40	0,2		1,9	0,07	7,26	0
3	Subprefeitura	13/09/2021	10:33			1,6	0,12	7,14	0
2	Unidade basica de saude	15/09/2021	10:31	0		2,30	0,92	7,26	0
3	Subprefeitura	15/09/2021	10:28	0		2,2	0,04	7,01	0
4	E E M Guilhermina Guinle	15/09/2021	10:50	0		1,6	1,02	7,32	0
2	Unidade basica de saude	20/09/2021	09:44			0	1,8	7,22	0
3	Subprefeitura	20/09/2021	09:36			0	0,09	7,25	0
4	E E M Guilhermina Guinle	20/09/2021	09:40			0	0,43	7,37	0
2	Unidade basica de saude	22/09/2021	08:38			0,5	3,54	7,25	2,5
2	Unidade basica de saude	27/09/2021	10:01	0,18		2,5	0,39	7,25	0
3	Subprefeitura	27/09/2021	09:53	0,27		2,40	0,54	7,28	0
4	E E M Guilhermina Guinle	27/09/2021	09:58	0,76		2,5	3,02	7,53	5
3	Subprefeitura	30/09/2021	08:40			1,00	1,83	7	5
2	Unidade basica de saude	13/10/2021	09:47			1,5	0,09	7,07	0
4	E E M Guilhermina Guinle	18/10/2021	10:14			1,4	0,04	7,14	0
2	Unidade basica de saude	25/10/2021	09:25			1,7	1,23	7,3	2,5
3	Subprefeitura	25/10/2021	09:20			1,80	0,04	7,05	0
3	Subprefeitura	03/11/2021	09:48			1,70	0,04	7,02	0
2	Unidade basica de saude	08/11/2021	09:07			1,8	0,26	6,77	0
4	E E M Guilhermina Guinle	16/11/2021	09:08			1,4	0,1	6,88	0
3	Subprefeitura	06/12/2021	09:00			1,30	0,04	6,67	0
2	Unidade basica de saude	15/12/2021	10:25			1,5	0,04	7,12	10
4	E E M Guilhermina Guinle	20/12/2021	09:14			1,3	0,04	6,75	0
2	Unidade basica de saude	28/12/2021	09:45			0,7	0,04	6,63	0
3	Subprefeitura	28/12/2021	09:40			0,80	0,04	6,6	0
2	Unidade basica de saude	29/12/2021	10:23			2,4	0,71	7,01	0
3	Subprefeitura	29/12/2021	09:45			2,2	0,45	6,92	0

#### PÓS INSTALAÇÃO - ETA

	Local	Data coleta	Horário	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)	Cloro (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Cor (uH)
1	Eta Bemposta	22/06/2022	09:05	0,03	0,1	2	0,04	6,74	0
1	Eta Bemposta	27/06/2022	09:54	0,02	0,1	1,5	0,08	6,41	0
1	Eta Bemposta	04/07/2022	09:50	0,04	0,2	0,3	0,07	6,67	0
1	Eta Bemposta	13/07/2022	08:45	0,12	0,5	1,5	0,04	6,68	0
1	Eta Bemposta	25/07/2022	09:10	0	0,2	1,5	0,04	6,51	0
1	Eta Bemposta	01/08/2022	09:28	0,01	0	2	0,33	6,51	0
1	Eta Bemposta	08/08/2022	09:04	0	0,1	2	0,05	6,49	0
1	Eta Bemposta	15/08/2022	09:25	0	0,1	1,5	0,04	6,65	0

1	Eta Bemposta	22/08/2022	09:05	0	0	1,5	0,06	6,44	0
1	Eta Bemposta	29/08/2022	09:28	0	0,1	2	0,04	6,58	0
1	Eta Bemposta	05/09/2022	09:24	0,05	0,1	2	0,04	6,49	0
1	Eta Bemposta	12/09/2022	09:15	0	0,2	4	0,04	6,53	0
1	Eta Bemposta	19/09/2022	09:24	0,05	0,1	2	0,04	6,59	0
1	Eta Bemposta	26/09/2022	09:38	0,01	0	1,5	0,07	6,38	0
1	Eta Bemposta	10/10/2022	09:20	0,16	0,5	1,5	0,07	6,47	0
1	Eta Bemposta	24/10/2022	09:26	0,04	0	1,5	0,05	6,37	0
1	Eta Bemposta	31/10/2022	09:30	0	0	2	0,04	6,36	0
1	Eta Bemposta	07/11/2022	09:09	0	0,1	2	0,04	6,35	0
1	Eta Bemposta	21/11/2022	09:50	0,02	0,1	2,5	0,04	6,3	0
1	Eta Bemposta	28/11/2022	09:17	0	0	2	0,09	6,16	0
1	Eta Bemposta	12/12/2022	09:45	0,02	0,4	2	0,05	6,4	0

**PÓS INSTALAÇÃO - REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

	Local	Data coleta	Horário	Ferro (mg/L)	Manganês (mg/L)	Cloro (mg/L)	Turbidez (NTU)	pH	Cor (uH)
2	Unidade Básica de Saúde	22/06/2022	08:58	0,03	0,1	1,5	0,06	6,9	0
3	Subprefeitura	22/06/2022	08:54	0	0	1,8	0,04	6,85	0
3	Subprefeitura	27/06/2022	09:45	0,02	0,1	1	0,05	6,56	0
2	Unidade Básica de Saúde	04/07/2022	09:35	0,05	0	1	0,41	6,8	0
2	Unidade Básica de Saúde	01/08/2022	09:35	0,03	0	1,5	0,04	6,75	0
4	E E M Guilhermina Guinle	08/08/2022	09:00	0,06	0,2	1,5	0,07	6,66	0
3	Subprefeitura	15/08/2022	09:15	0,08	0,2	5	0,04	6,78	0
3	Subprefeitura	22/08/2022	09:00	0,04	0,1	1	0,07	6,6	0
3	Subprefeitura	29/08/2022	09:23	0,09	0,1	1	0,05	6,78	0
2	Unidade Básica de Saúde	05/09/2022	09:19	0,18	0	1,5	1,19	6,61	0
3	Subprefeitura	19/09/2022	09:15	0,03	0,5	0,5	0,04	6,8	0
3	Subprefeitura	26/09/2022	09:30	0,09	0,1	0,3	0,05	6,68	0
4	E E M Guilhermina Guinle	10/10/2022	09:15	0,1	0,1	1	0,09	6,69	0
3	Subprefeitura	24/10/2022	09:20	0,08	0	1	0,05	6,62	0
2	Unidade Básica de Saúde	31/10/2022	09:28	0,26	0	2	8,31	7,03	10
3	Subprefeitura	21/11/2022	09:41	0,01	0	2	0,04	6,52	0
3	Subprefeitura	12/12/2022	09:35	0,02	0,3	1,5	0,05	6,62	0