

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

RODRIGO DA ROCHA NEOTTI

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE ALUMÍNIO NA ÁGUA DE ABASTECIMENTO
PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE ARARANGUÀ-SC**

CRICIÚMA

2019

RODRIGO DA ROCHA NEOTTI

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE ALUMÍNIO NA ÁGUA DE ABASTECIMENTO
PÚBLICO NO MUNÍCIPIO DE ARARANGUÁ-SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof.^a MSc Marta Valéria de Souza Guimarães Hoffman

CRICIÚMA

2019

RODRIGO DA ROCHA NEOTTI

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE ALUMÍNIO NA ÁGUA DE ABASTECIMENTO
PÚBLICO NO MUNICÍPIO DE ARARANGUÁ-SC**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 27 de Novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann - Mestre - (UNESC) - Orientador

Prof. Cristina Moreira Lalau – Mestre – (UNESC)

Prof. José Alfredo Dallarmi da Costa – Mestre – (UNESC)

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me forneceu energia diariamente para vencer todas as barreiras e superar as dificuldades e entraves.

Aos meus pais que me apoiaram desde o início da jornada acadêmica, dando motivação e força para prosseguir, sendo os principais responsáveis pela permanência na graduação até nos momentos mais difíceis.

A minha namorada Cíntia Saviatto Tonetto pelo exercício da paciência, quando necessário, nos momentos destinados a elaboração do presente trabalho.

A minha orientadora Msc. Marta Valéria de Guimarães Souza Hoffman, por ter aceitado o convite de ser minha orientadora, bem como todo o conhecimento e auxílio necessário em todo desenvolvimento do trabalho.

A todos os professores que fazem parte do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, que foram os grandes responsáveis pela construção de todo o conhecimento nessa área da engenharia. Importante também lembrar os professores que fazem parte do núcleo básico das engenharias, que com seus conhecimentos lógicos e científicos também foram de suma importância.

Aos meus supervisores de estágio, Mario César Coppeti e Fernanda Fernandes da Silva, que foram de grande importância transmitindo todo conhecimento prático na área de tratamento de água, e compartilhando todas as informações necessárias para formulação desse trabalho.

A coordenação do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, que sempre esteve presente a fim de auxiliar os acadêmicos nas melhores escolhas para a trajetória dos mesmos no curso.

A Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, como instituição de ensino que sempre possuiu professores em excelência e uma ótima estrutura para receber e fortalecer em específico o curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

A empresa de Saneamento de Araranguá – SC que disponibilizou todos os laboratórios e sua estrutura para realização das análises realizadas nesse trabalho.

Por fim, todas as amizades que foram criadas com outros alunos da graduação, que permaneceram para o futuro.

RESUMO

A água é de suma importância à vida, à saúde pública e ao desenvolvimento sócio econômico do mundo. Quando se trata de ser um elemento essencial à vida, seu consumo está diretamente ligado à sua qualidade, ou seja, a água deve atender os padrões de qualidade a fim de ser considerada potável. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o teor de alumínio na água de abastecimento público no município de Araranguá - SC, visto a preocupação da presença deste elemento na água, atrelado a um dos fatores que podem causar doenças, principalmente, no sistema neurológico. O desenvolvimento desse trabalho se deu através de levantamento histórico de resultados de análises da ETA II (Lagoa da Serra), IV e V, avaliando os parâmetros pH, alumínio e turbidez, no período de maio a agosto/19; para a ETA II, definida como área de estudo, foi realizado um levantamento maior considerando também os meses de setembro e outubro/19. Na próxima etapa foram analisados os parâmetros pH, alumínio e turbidez em fontes de água subterrânea de moradores do Bairro Lagoa da Serra, próximos a ETA II, que utilizam essa água para consumo geral. Após levantamentos e análises os resultados foram comparados à legislação vigente. De acordo com os resultados foi possível perceber que em alguns pontos o alumínio está acima do padrão determinado pela legislação vigente que é de 0,2mg/L, assim como o pH que se manteve sempre abaixo de 6,0, entretanto a turbidez não superou o valor de 5,0 NTU, padrão para consumo humano. Para a comunidade do Bairro Lagoa da Serra foi sugerido a continuidade das análises assim como a inclusão de monitoramento de outros parâmetros para melhor diagnóstico da qualidade da água. Para a empresa de saneamento de forma geral foi sugerido treinamento aos operadores de ETA para aperfeiçoamento dos mesmos, haja vista que dos resultados negativos obtidos foram ocasionados por erros operacionais.

Palavras-chave: Tratamento de Água. Alumínio. Água Subterrânea.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das etapas do sistema de filtração lenta.	18
Figura 2 – Sistema de tratamento com filtração rápida, ciclo completo por sedimentação.	19
Figura 3 – Mapa de localização da ETA II.	34
Figura 4 – Fluxograma das etapas do tratamento de água.	35
Figura 5 – Pontos de coleta de água bruta (A) e tratada (B) da ETA II.	38
Figura 6 – Pontos de coleta de água bruta (A) e tratada (B) - ETA IV.	38
Figura 7 – Pontos de coleta da água bruta (A) e tratada (B) - ETA V.	39
Figura 8 – Coleta de amostra (A) e localização da ponteira no ponto do estabelecimento comercial, Bairro Lagoa da Serra (B). (Ponto 1)	40
Figura 9 – Coleta de amostra na residência (A) e localização da ponteira (B) – Ponto 2	41
Figura 10 – Coleta de amostra e localização da ponteira em residência no Bairro Lagoa da Serra (Ponto 3).....	41
Figura 11 – Coleta de amostra e localização da ponteira em Residência no Bairro Lagoa da Serra. Ponto 4	42
Figura 12 – Mapa de localização dos pontos de coletas em relação a ETA II	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultado de pH no período de maio a agosto de 2019.....	47
Gráfico 2 – Resultado de Alumínio no período de maio a agosto de 2019	48
Gráfico 3 - Resultado de turbidez no período de maio a agosto de 2019	49
Gráfico 4 – Resultado de pH no período de maio a agosto de 2019.....	50
Gráfico 5 – Resultado de turbidez no período de Maio a Agosto de 2019	51
Gráfico 6 – Resultado de pH no período de maio a agosto de 2019.....	52
Gráfico 7 – Resultado de turbidez no período de maio a agosto de 2019.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise de água de ponteira moradores residentes do Bairro lagoa da Serra, setembro de 2019.....	56
Tabela 2 – Análise de água de ponteira moradores residentes do Bairro lagoa da Serra, outubro de 2019.	56
Tabela 3 – Análise de água de ponteiros de moradores residentes do Bairro lagoa da Serra, novembro de 2019.....	57
Tabela 4 – Análise de água tratada Estação II Lagoa da Serra Maio de 2019.....	68
Tabela 5 – Análise de água tratada estação Lagoa da Serra Junho de 2019.....	68
Tabela 6 – Análise de água tratada estação Lagoa da Serra Julho de 2019.	69
Tabela 7 – Análise de água tratada estação Lagoa da Serra Agosto de 2019.	69
Tabela 8 – Análise de água tratada estação II Setembro de 2019.....	70
Tabela 9 – Análise de água tratada estação II outubro de 2019.	70
Tabela 10 – Análise de água Bruta estação Lagoa da Serra Maio de 2019.	70
Tabela 11 – Análise de água Bruta estação Lagoa da Serra Junho de 2019.	70
Tabela 12 – Análise de água Bruta estação Lagoa da Serra Julho de 2019.....	71
Tabela 13 – Análise de água Bruta estação Lagoa da Serra Agosto de 2019.	71
Tabela 14 – Análise de água Bruta estação Lagoa da Serra Setembro de 2019.....	71
Tabela 15 – Análise de água tratada estação IV Maio de 2019.	71
Tabela 16 – Análise de água tratada estação IV Junho de 2019.	72
Tabela 17 – Análise de água tratada estação IV Julho de 2019.	72
Tabela 18 – Análise de água tratada estação IV Agosto de 2019.....	73
Tabela 19 – Análise de água Bruta estação IV Maio de 2019.....	73
Tabela 20 – Análise de água Bruta estação IV Julho de 2019.....	73
Tabela 21 – Análise de água Bruta estação IV Agosto de 2019.	73
Tabela 22 – Análise de água Bruta estação IV Setembro de 2019.	73
Tabela 23 – Análise de água tratada estação V Maio de 2019.	74
Tabela 24 – Análise de água tratada estação V Junho de 2019.	74
Tabela 25 – Análise de água tratada estação V Julho de 2019.	74
Tabela 26 – Análise de água tratada estação V Agosto de 2019.....	75
Tabela 27 – Análise de água tratada estação V Setembro de 2019.	75
Tabela 28 – Análise de água Bruta estação V Maio de 2019.....	75
Tabela 29 – Análise de água Bruta estação V Junho de 2019.....	76

Tabela 30 – Analise de água Bruta estação V Julho de 2019.....	76
Tabela 31 – Analise de água Bruta estação V Agosto de 2019.	76
Tabela 32 – Analise de água Bruta estação V Setembro de 2019.....	76

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	Sulfato de alumínio
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
ETA	Estação de Tratamento de Água
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	Sulfato férrico
FeCl_3	Cloreto férrico
g	Gramas
mg/L	Miligramas por litro
mL	Mililitros
nm	Nanômetros
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
pH	Potencial hidrogeniônico
VMP	Valores Máximos Permitidos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA	14
2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO	15
2.2.1 Panorama de Água Tratada no Brasil	16
2.2.2 Etapas do Tratamento de Água	17
2.2.2.1 Filtração Lenta.....	17
2.2.2.2 Filtração Rápida	18
2.2.2.3 Técnicas Avançadas de Tratamento de Água.....	21
2.3 ÁGUA SUBTERRÂNEA	22
2.3.1 Tratamento de água subterrânea	23
2.4 CARACTERÍSTICAS DO SOLO DA REGIÃO DE ARARANGUÁ	24
2.5 CARACTERÍSTICAS DO ALUMÍNIO	25
2.5.1 Implicações do alumínio na saúde	27
2.5.2 Remoção do teor de alumínio presente na água	29
2.5.2.1 Utilização de Hidróxido de Cálcio na Remoção do Teor de Alumínio Presente na Água.....	29
2.5.2.2 Utilização de Quitosana na Remoção do Teor de Alumínio Presente na Água	30
2.5.2.3 Utilização de Técnicas Avançadas de Remoção do Teor de Alumínio	31
2.5.2.4 Adsorção	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
3.1.1 Descrição do processo de tratamento de água ETA II	34
3.1.2 Coagulação/Floculação	36
3.1.3 Decantação	36
3.1.4 Filtro rápido descendente	36
3.1.5 Desinfecção/Fluoretação/ Correção pH	36
3.1.6 Reservatório de Distribuição	37
3.2 LEVANTAMENTO HISTÓRICO DE ANÁLISES DA ÁGUA.....	37
3.2.1 Pontos de Amostragens das Estações de Tratamento de Água	37

3.3 PONTOS DE AMOSTRAGENS DE ÁGUA NÃO TRATADA NAS RESIDÊNCIAS DE MORADORES DA REGIÃO DA LAGOA DA SERRA	39
3.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ETA II.....	43
3.5 PARÂMETROS ANALISADOS	43
3.5.1 Determinação de pH.....	44
3.5.2 Determinação da turbidez.....	44
3.5.3 Determinação do alumínio.....	44
3.6 COMPARAÇÃO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE	45
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	46
4.1 LEVANTAMENTO HISTÓRICO DAS ANÁLISES	46
4.1.1 Resultados ETA II.....	46
4.1.2 Resultados ETA IV.....	50
4.1.3 Resultados ETA V.....	51
4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA ETA II	53
4.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS RESIDÊNCIAS DE MORADORES DA COMUNIDADE.....	56
5 CONCLUSÃO	59
5.1 QUANTO AO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS MORADORES DA REGIÃO DA ETA II:	59
5.2 QUANTO AO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ETA II:	60
5.3 RECOMENDAÇÕES.....	61
5.4 SUGESTÃO DE CONTINUIDADE	62
REFERÊNCIAS.....	63
ANEXOS	67
ANEXO A – RESULTADO DAS ANÁLISES DE ÁGUA BRUTA E TRATADA.....	68

1 INTRODUÇÃO

A água é um fator indispensável à vida, à saúde pública e ao desenvolvimento sócio econômico do mundo. Logo, é de suma importância que todos os seres humanos tenham acesso à água potável, para um desenvolvimento sadio de todos os povos.

Com o aumento da população mundial é de suma importância que a água seja utilizada forma racional, pois é um recurso natural finito. Nesse intuito, também é fundamental a preservação dos recursos hídricos, para que os mesmos não sejam afetados com diversas fontes de poluições antrópicas.

Em razão de a água ser um elemento essencial à vida, seu consumo está diretamente ligado à sua qualidade, ou seja, a água deve atender os padrões de qualidade a fim de ser considerada potável. No Brasil, a qualidade da água de abastecimento público deve atender a legislação vigente, ou seja, Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). Nela são descritos todos os parâmetros intrínsecos a qualidade da água e seus valores máximos permitidos, ou variações.

Dentre os metais monitorados na portaria encontra-se o alumínio, objetivo principal deste estudo, tendo como valor máximo permitido para consumo humano, desse metal dissolvido na água, de 0,2 mg/L.

O alumínio ocorre naturalmente em águas subterrâneas e superficiais por fazer parte da composição das rochas e do solo. Com elevadas precipitações pluviais, característica das condições climáticas tropicais e subtropicais, o alumínio se libera por meio de intemperismo da rocha, para o solo e para a água subterrânea na forma solúvel (TAVARES, 2016).

Como citado por Krebs (2004), 93% da água subterrânea que é captada no município de Araranguá, é utilizada pela população, principalmente em zonas periféricas, para uso doméstico e consumo humano, na maioria dos casos por poços tipo ponteiras.

Entretanto, considerando águas superficiais, segundo Alexandre (2000), no Rio Araranguá a poluição proveniente da mineração de carvão na sub-bacia do Rio Mãe Luzia, consiste na principal forma de degradação ambiental da qualidade das águas desse sistema, agravado por outras atividades, como a agricultura, atividades

industriais, desmatamento, lançamento de efluentes domésticos, deposição de resíduos urbanos. Com isso, as águas de superfície na região caracterizam-se mais pelo baixo pH e elevada turbidez, do que a presença de alumínio.

Estudos no sentido de avaliar a qualidade da água consumida para abastecimento público se fazem necessário pois estão diretamente relacionados com a saúde pública.

Especificamente o parâmetro alumínio, objetivo principal deste estudo, segundo Health Canadá (1998), quando ingerido pode ser um causador de doenças neurodegenerativas, por ser absorvido facilmente pelo nosso organismo. Algumas das doenças ocasionadas são especialmente Alzheimer, câncer de mama e doenças auto-imunes, atingindo pessoas de todas as idades, especialmente idosos, nos quais a taxa de absorção do alumínio é maior.

Por isso, alumínio deve ser controlado nas estações de tratamento de água assim como removidos nas águas subterrâneas.

O presente estudo tem como objetivo avaliar o teor de alumínio na água de abastecimento público no município de Araranguá-SC. Como objetivos específicos: Definir uma região do município como área de estudo; Coletar amostras de água subterrânea na comunidade localizada no entorno da área de estudo; Coletar amostras da água tratada e bruta de fontes superficiais e subterrâneas na empresa responsável pelo tratamento de água do município; Analisar o teor de alumínio, determinar o pH e a turbidez de cada amostra coletada; Realizar levantamento de dados históricos de análises de alumínio, pH e turbidez e comparar com os resultados obtidos; Avaliar os resultados obtidos e comparar com as legislações vigentes; Propor plano de ação e melhorias e dar *feedback* a comunidade quanto a qualidade da água que estão consumindo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste item será realizado através de pesquisa bibliográfica sobre a importância da água de qualidade para a saúde humana, a presença do parâmetro alumínio e seus impactos quando em um teor acima do determinado pela legislação vigente assim como técnicas de remoção do mesmo.

2.1 A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A água é uma substância muito presente em nosso planeta, ocupa cerca de 70% da superfície terrestre, está disponível na natureza nas formas sólidas líquidas e gasosas. A água é um recurso natural renovável, finito, fundamental e essencial para a sobrevivência de todos os seres vivos, sendo por essa razão intensamente utilizada (LEME, 2014).

A água é conhecida por ser uma solvente universal e usada pelo homem para: abastecimento público, uso industrial, irrigação, conservação da fauna e flora, estética, pesca, geração de energia, transportes e diluição e depuração de despejos (LEME, 2014).

Apesar da sua importância para todas as formas de vida, a água também pode ser um meio de transmissão de microrganismos patogênicos e substâncias químicas prejudiciais à saúde. No uso da água para abastecimento humano, devem ser observados alguns padrões de qualidade para que as necessidades básicas do consumidor final sejam atendidas, sem comprometer a sua saúde.

A água é um fator indispensável à vida, à saúde pública e ao desenvolvimento sócio econômico.

Segundo Macedo (2004 p. 55) “a disponibilidade da água tornou-se limitada pelo comprometimento de sua qualidade”.

Vargas (2005 p. 20) relata que “a água é um recurso cada vez mais escasso e disputado, que tem sido ameaçado em todo o planeta, não apenas pela poluição urbana, agrícola e industrial, mas pelo crescimento populacional”.

Para Braga (2002 p. 78), “a água potável é aquela que não causa danos à saúde nem prejuízo aos sentidos”.

A preocupação do homem com a qualidade da água é antiga (milênar) e remonta a épocas em que o sistema sensorial humano era o critério de

escolha e avaliação de qualidade. Naquela época, a qualidade da água para consumo humano recaía em cor, turbidez, sabor e odor, não havendo conhecimento sobre a relação das doenças com a presença de microrganismos patogênicos e/ou substâncias químicas (CALIJURI; CUNHA, 2013, p. 98).

Segundo Leme (2014 p.18) “a qualidade da água é avaliada por diversos parâmetros definidos pelo homem que constituem os vários padrões de uso, como por exemplo, o padrão de potabilidade para o consumo humano”.

Quando a água destinada ao abastecimento público não atende aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação vigente, a mesma deve passar por um tratamento adequado para atingir os padrões de qualidade.

2.2 TRATAMENTO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO

A qualidade de uma água natural é definida pelo conjunto de suas características físicas, químicas e radiológicas. Essas características são adquiridas ao longo de seu ciclo hidrológico e bioquímico na natureza. As etapas que compreendem o ciclo hidrológico são: evaporação, precipitação, infiltração, escoamento superficial, entre outros (CALIJURI; CUNHA, 2013).

No Brasil, encontra-se em vigência o Anexo XX da Portaria da Consolidação Número 5 do Ministério da Saúde de 2017. Essa portaria adota critérios físicos, químicos, organolépticos, bacteriológicos e radiológicos, definindo os valores máximos permitidos (VMP) e estabelecendo a frequência de amostragens (BRASIL, 2017). Dentro dos parâmetros que são monitorados e devem seguir o VMP pela legislação, podem ser citados pH, alcalinidade, dureza, turbidez, metais, matéria orgânica, sólidos dissolvidos totais, oxigênio dissolvido entre outros.

Após sua captação e tratamento, as águas naturais destinadas ao consumo humano a serem distribuídas às comunidades devem ser seguras do ponto de vista sanitário, ou seja, não deve ser prejudicial à saúde do consumidor. Para isso a qualidade dessas águas deve atender aos padrões de qualidade, aos quais são estabelecidos pelos órgãos competentes com base em critérios que visam a garantia da saúde do consumidor (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Uma estação de tratamento de água constitui uma indústria de transformação em que a matéria-prima é a água natural, e o produto final é a água

potável, essa transformação ocorre em cada processo realizado na estação, com a utilização de diversos agentes químicos, gerando também lodo que contém a maior parte dos sólidos separados da água durante o tratamento (CALIJURI, CUNHA, 2013).

O tratamento de água nas estações não segue um padrão, ou seja, de acordo com a qualidade da água do manancial que é captada, é estabelecido um tipo de tratamento que seja o mais adequado, garantindo a eficiência do tratamento.

Para Edzwald e Tobiasson (2010 apud Calijuri, Cunha, 2013), no tratamento de água superficial ou subterrânea, é importante destacar alguns parâmetros que alteram significativamente a qualidade da água, tais como: pH, alcalinidade, dureza, turbidez, matéria orgânica, sólidos dissolvidos e oxigênio dissolvido.

2.2.1 Panorama de Água Tratada no Brasil

No Brasil, 83,5% da população tem acesso ao abastecimento de água tratada, porém, 35 milhões de brasileiros ainda não tem acesso à água tratada (SNIS, 2017).

Há necessidade de maior investimento na questão do saneamento no Brasil, considerando que os investimentos nunca estiveram à altura da demanda no país. Em um período de 15 anos à frente, 255 mil brasileiros morrerão em decorrência de doenças de veiculação hídrica, provocada pela falta de saneamento adequado (TRATA BRASIL, 2019).

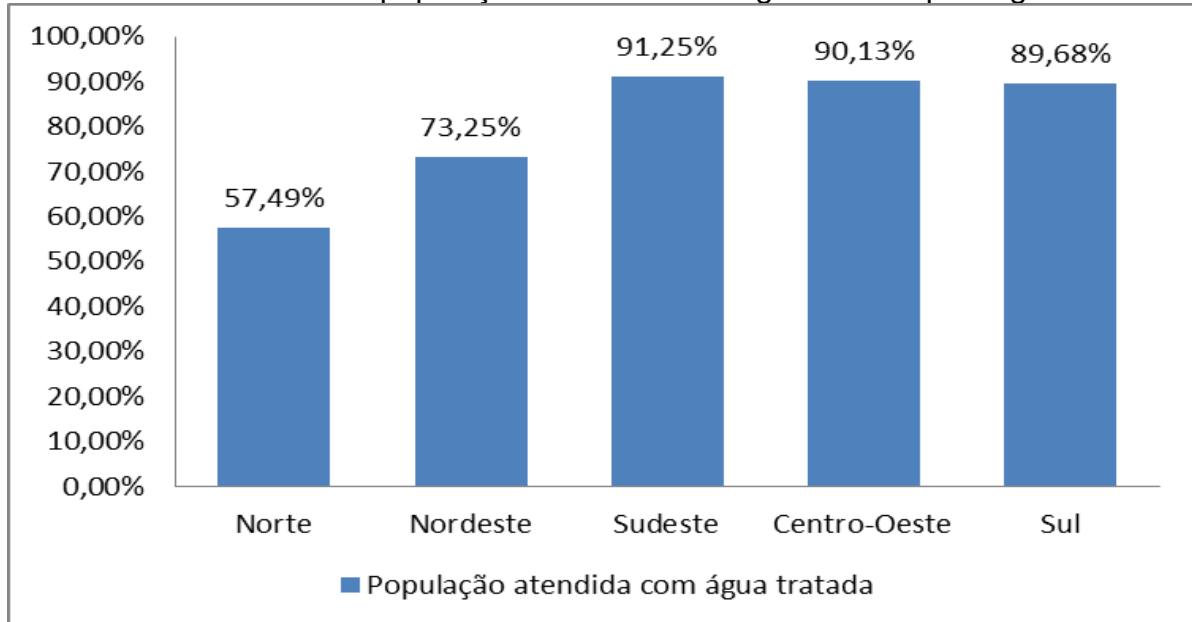
Em 2017, o total de água consumida no Brasil foi de 9,9 bilhões de m³, e desse total somente 4,4 bilhões de m³ foram tratados. Um total de 1,2 bilhão de m³ de esgoto foram afastados, mas não tratados antes de seu lançamento nos corpos hídricos. E ainda faltam 4,25 bilhões de m³ de esgoto que sequer foram coletados (SNIS, 2017).

O estado de Santa Catarina é privilegiado na questão do abastecimento público de água, 97,19% da população conta com o serviço em seus municípios (SNIS, 2017).

Da água subterrânea que está disponível no Brasil, 18% é utilizada para abastecimento público urbano em aproximadamente 5570 municípios (TRATA BRASIL, 2019).

No gráfico 1 abaixo, verifica-se a distribuição de água tratada por região do país.

Gráfico 1 – Percentual de população atendida com água tratada por regiões.



Fonte: SNIS 2017, adaptado pelo autor.

2.2.2 Etapas do Tratamento de Água

Para Calijuri e Cunha (2013), o tratamento da água pode ser dividido em três sistemas diferentes, de acordo com a qualidade da água que está sendo captada. Os sistemas são: filtração lenta, coagulação e filtração rápida, bem como técnicas avançadas para remoção de outros contaminantes.

2.2.2.1 Filtração Lenta

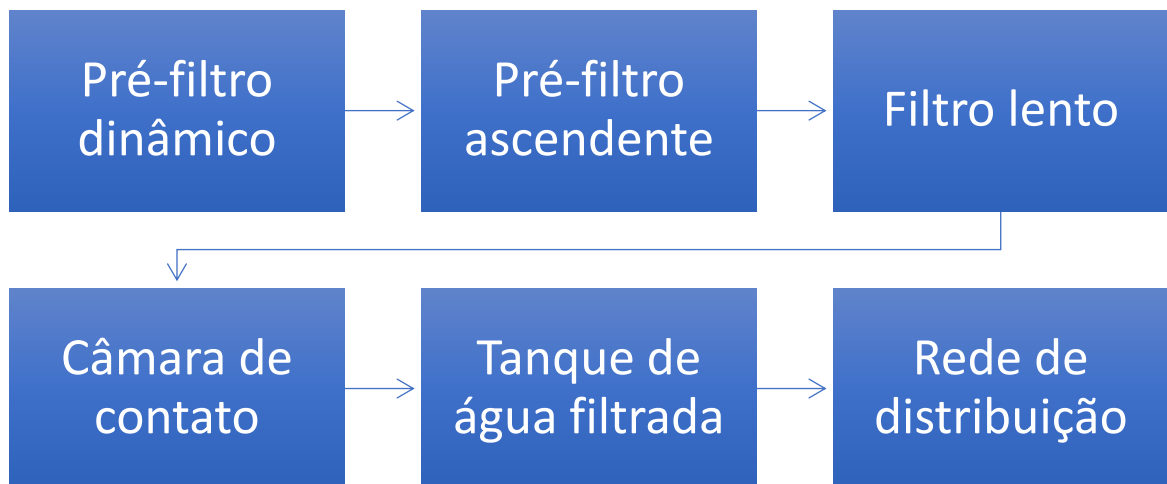
A etapa de filtração lenta é utilizada em comunidades em que a vazão de demanda é baixa. É constituída por pré-filtro, dinâmico ou ascendente e filtros lentos, não havendo necessidade do uso de coagulantes para remoção das impurezas. O tratamento é realizado quando a água passa por uma série de unidades filtrantes (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Na etapa de filtração lenta, as taxas de filtração são baixas, e utiliza o meio filtrante de granulometria fina. Existe um maior tempo de contato entre a água e o meio filtrante e também no interior do filtro, o que indica uma intensa atividade

biológica. O processo de filtração lenta torna a qualidade da água com características mais adequadas ao posterior processo de desinfecção. A maior vantagem da filtração lenta é a retenção de microrganismos, vírus e bactérias (MACÊDO, 2004).

As etapas de tratamento de água por tecnologia de filtração lenta são detalhadas no fluxograma descrito abaixo (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma das etapas do sistema de filtração lenta.



Fonte: Sabogal Paz (2000 apud CALIJURI; CUNHA, 2013), adaptado pelo autor.

O pré-filtro dinâmico tem a função de remover parte das impurezas presentes na água bruta, o meio filtrante é constituído por camadas de pedregulho, os maiores grãos presentes no fundo e os menores no topo da unidade. No pré-filtro dinâmico a água escoar superficialmente, sendo que parte escoar para etapa superior (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Segundo os mesmos autores, o pré-filtro ascendente tem como objetivo condicionar a água que é encaminhada ao filtro lento e é eficiente na remoção de impurezas contidas na água, sendo projetados com várias camadas com uma ou mais unidades. São constituídos de meio filtrante de areia fina, camada de suporte em pedregulho e sistema de drenagem.

Depois de filtrada, a água é encaminhada para a câmara de contato, e posteriormente para o tanque de água filtrada e rede de distribuição à população.

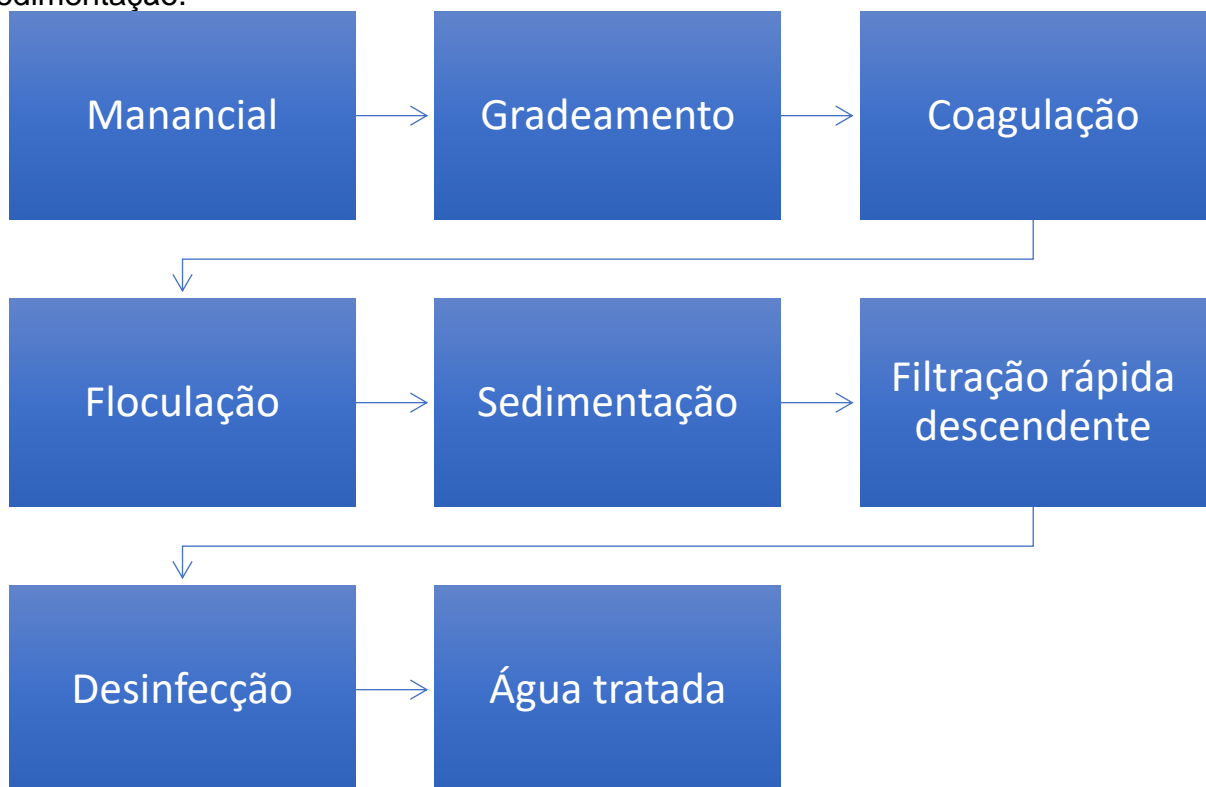
2.2.2.2 Filtração Rápida

No sistema de filtração rápida as taxas de filtração são bem mais elevadas. Os filtros rápidos são mais compactos e apresentam ação de retenção de impurezas em toda a profundidade do leito. O sistema de filtração rápida é um dos mais utilizados no mundo, pois pode tratar água com as características mais variadas, sem um limite de vazão estabelecido (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Os filtros rápidos são lavados contracorrente, ou seja, por inversão de fluxo, com uma vazão capaz de assegurar a expansão adequada para o meio filtrante (MACÊDO, 2004)

As etapas de tratamento de água por filtração rápida são descritas no fluxograma abaixo (Figura 2).

Figura 2 – Sistema de tratamento com filtração rápida, ciclo completo por sedimentação.



Fonte: Calijuri e Cunha, (2013), adaptado pelo autor.

O Tratamento preliminar (gradeamento) é utilizado para remoção dos materiais suspensos e grosseiros presentes na água (CALIJURI, CUNHA, 2013).

Para Macêdo (2004, p. 276), “Um tratamento de água sempre se inicia com a remoção dos materiais que flutuam ou estão suspensos com o uso de grades e telas”.

As grades devem ser dimensionadas de acordo com a vazão da estação obedecendo a normas técnicas e medidas. As grades podem ser manuais ou automatizadas.

Nas águas superficiais, boa parte das partículas dispersas é constituída de sólidos não sedimentáveis. A coagulação é possível por meio de adição de coagulantes na água, o que acarreta a sua alteração de composição iônica ou promoção da formação de hidróxido de ferro ou alumínio, desde que as condições de pH e alcalinidade estejam adequadas (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Segundo os mesmos autores, na prática a coagulação das partículas dispersas na água superficiais é conseguida pela adição de agentes químicos coagulantes, sendo os mais comuns o sulfato de alumínio e o cloreto férrico, os quais reagem e formam precipitados de hidróxidos ao serem adicionados na água.

Após a coagulação das partículas, ocorre a desestabilização das mesmas, ou seja, no processo de floculação, minúsculos flocos primários começam a aparecer, assim é necessária a aproximação, perto o suficiente para que ocorra o contato entre elas e o seu progressivo crescimento na forma de aglomerados maiores, esse estágio é chamado de floculação (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Segundo Braga (2002, p. 107), “esta é uma técnica de tratar a água com produtos químicos coagulantes, aplicados para agregar partículas dificilmente sedimentáveis em aglomerados que podem ser retirados mais facilmente”.

No processo de sedimentação a água é encaminhada para os decantadores, onde é realizada a sedimentação dos flocos em suspensão.

A etapa de sedimentação apresenta eficiência na remoção da matéria em suspensão. Partículas grandes ou pesadas são removidas em um intervalo de tempo curto, porém, os materiais finos e de pequena granulometria levam um período de tempo maior para decantar (BRAGA et al., 2002).

Da etapa seguinte, a filtração rápida descendente se caracteriza por fazer a clarificação final da água, e faz a remoção da maior parte do material particulado remanescente da etapa anterior (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Por fim, a desinfecção objetiva a destruição dos organismos patogênicos, é a única etapa do tratamento destinada especificamente ao controle da qualidade bacteriológica (BRAGA et al., 2002). A ação do desinfetante nos organismos

patogênicos pode causar a destruição da parede celular dos mesmos (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Segundo Calijuri e Cunha (2013), a desinfecção química utiliza principalmente cloro gasoso, hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, dióxido de cloro, ozônio e iodo. Entretanto, também podem ocorrer através de processos físicos utilizando o calor, a luz solar e a radiação ultravioleta.

2.2.2.3 Técnicas Avançadas de Tratamento de Água

A remoção de compostos orgânicos, além de microrganismos resistentes à desinfecção, requer o uso de técnicas avançadas de tratamento de água. As técnicas que podem ser citadas são: oxidação, adsorção, *air stripping*, troca iônica e processo de membranas.

A oxidação ocorre pela transferência de elétrons e, portanto, sempre existiram espécies reduzidas (que receberam elétrons) e oxidadas (que cederam elétrons). Na água, tem por finalidade remover odor, gosto, ferro, manganês entre outros (CALIJURI, CUNHA, 2013).

Processo de adsorção ocorre por ações interfaciais que permitem que as moléculas do adsorvato sejam transferidas para superfície do adsorvente e fiquem retidas ali. O carvão ativado é o adsorvente mais utilizado (CALIJURI, CUNHA, 2013).

Airstripping consiste em um processo de aeração, em que a água entra em contato direto com o ar, com o objetivo de transferir substâncias voláteis da água para o ar, e de substâncias solúveis do ar para a água (CALIJURI, CUNHA, 2013)

O termo troca iônica é utilizado para designar os processos de separação, purificação e descontaminação de soluções aquosas. A remoção de metais por troca iônica consiste em um processo unitário no qual determinados íons de uma dada espécie contidos em um material insolúvel de troca (resinas trocadoras de íons) são substituídos por outros íons presentes em uma solução (MIERZWA, 2002).

O processo de membranas tem como objetivo remover partículas sólidas de pequeno diâmetro, bactérias, vírus, moléculas orgânicas e inorgânicas. No processo de membranas não ocorre transformação química ou biológica dos componentes durante a filtração (CALIJURI; CUNHA, 2013).

O processo de tratamento de água avançado é muito utilizado em água subterrânea, pelo fato de apresentar alguns contaminantes específicos, que requerem a inclusão de outros processos e operações.

2.3 ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água é um elemento fundamental para a manutenção de todas as formas de vida em nosso planeta. Apesar da maior parte da superfície da Terra ser coberta por água, apenas uma pequena porção dessa água é doce, e uma forma de afloramento da água no planeta terra é no subsolo.

A água subterrânea é importante tanto como fonte direta como indireta no abastecimento público, uma vez que uma fração do seu fluxo para outros recursos hídricos é derivada da água que está no subsolo. A água está presente tanto em locais próximos como afastados da superfície do solo. A região próxima da superfície do solo é chamada de zona de aeração, pois os poros do solo contêm água e ar (VESILIND, 2011).

Para Brasil (2019, p. 2),

As águas subterrâneas são formadas pelo excedente das águas de chuvas que percorrem camadas abaixo da superfície do solo e preenchem os espaços vazios entre as rochas. Essas formações geológicas permeáveis são chamadas de aquíferos e são classificadas em três tipos: fraturado, poroso e cárstico. Dessa forma, os aquíferos são uma reserva de água embaixo do solo, abastecida pela chuva, e funciona como uma espécie de caixa d'água que alimenta os rios.

A água subterrânea é importante fonte de abastecimento de água potável para a população mundial, porém em função da sua crescente demanda de exploração, tem diminuído sua disponibilidade no planeta.

No Brasil, cerca de 55% dos distritos são abastecidos por água subterrânea. Cidades como Ribeirão Preto (SP), Maceió (AL), Mossoró (RN) e Manaus (AM), suprem todas as suas necessidades hídricas utilizando esse tipo de abastecimento. Além de atender diretamente à população, esses recursos são utilizados na indústria, agricultura (irrigação), lazer, etc (BRASIL, 2007).

Como afirma Manoel Filho (1997, p. 3),

De toda a água doce disponível para consumo, 96% é proveniente de água subterrânea. São elas as responsáveis pela garantia da sobrevivência de parte significativa da população mundial. Países como Arábia Saudita, Dinamarca e Malta utilizam exclusivamente dessas águas para todo o

abastecimento humano. Enquanto que na Áustria, Alemanha, Bélgica, França, Hungria, Itália, Holanda, Marrocos, Rússia e Suíça, mais de 70% da demanda por água é atendida por manancial hídrico subterrâneo.

Segundo a CETESB (2019),

[...] algumas fontes de poluição que são responsáveis pela contaminação de águas subterrâneas: Esgotos domésticos; Efluentes industriais; Vazamentos em postos de gasolina; Agrotóxicos; Antigos lixões; Drenagem acida de mina; Acidentes com substâncias tóxicas; e Curtume.

Para Krebs (2004), as águas subterrâneas da região de Araranguá sofrem interferências de ações antrópicas derivadas em virtude de geograficamente a região estar inserida próximo de localidades e municípios que tem uma extensa área destinada a rizicultura, e conseqüentemente utilização de diversos tipos de agrotóxicos, além de atividades de mineração e beneficiamento de carvão na região contaminando os aquíferos da bacia de Araranguá-SC. Em razão desses motivos supracitados, a característica do pH da água subterrânea da região de Araranguá é na maioria das vezes ácida, dependendo o local, em razão do carreamento de poluentes e metais pesados.

2.3.1 Tratamento de água subterrânea

O tratamento das águas subterrâneas pode ser feito com diversas tecnologias, sempre de acordo com a qualidade da água bruta e com a qualidade de água que se deseja atingir, visando atingir os padrões de potabilidade.

Para uma água subterrânea que possua altos teores de Ferro, Dureza e Alcalinidade, o tratamento pode utilizar oxidação, filtração e osmose reversa (LEGNER, 2013).

Segundo a mesma autora, as águas subterrâneas possuem algumas vantagens em relação a águas de rios na questão do consumo humano: são filtradas e purificadas naturalmente através da percolação, determinando excelente qualidade e dispensando tratamentos prévios; não ocupam espaço em superfície; têm maior quantidade de reservas; necessitam de custos menores como fonte de água; as suas reservas e captações não ocupam área superficial; apresentam grande proteção contra agentes poluidores; o uso do recurso aumenta a reserva e melhora a qualidade; sofrem menor influência nas variações climáticas; são passíveis de extração perto do

local de uso; possuem temperatura constante; possibilita à implantação de projetos de abastecimento a medida da necessidade.

Para Legner (2013, p. 3),

Durante o trajeto que a água percorre entre os poros do subsolo e das rochas, a depuração da mesma ocorre através de alguns processos físico-químicos, como a troca iônica, decaimento radioativo, remoção de sólidos em suspensão neutralização de pH em meio poroso, além da eliminação de microorganismos que chamamos de processo bacteriológicos, que agindo sobre a água alteram suas características, tornando-a mais adequada para o consumo humano. Desta forma, a composição química da água subterrânea é o resultado da mistura entre a água que adentra o solo e da própria evolução química.

O tratamento de águas subterrâneas pode ser feito por uma filtração simples ou até utilizando-se de processos mais avançados como a osmose reversa. Os tratamentos mais comuns são: a oxidação e filtração com Zeólita , para remoção de Ferro e Manganês; resinas catiônicas para abrandamento (redução da dureza); ultra filtração para remoção de teores mais elevados de alguns minerais, como o Ferro, e osmose reversa para redução de sais (águas subterrâneas salobras, que são características de áreas costeiras) e/ou obtenção de água deionizada (LEGNER, 2013).

2.4 CARACTERÍSTICAS DO SOLO DA REGIÃO DE ARARANGUÁ

A porção de solos da cidade de Araranguá SC caracteriza-se por superfícies planas, levemente sulcadas pela instalação da atual rede de drenagem. Este planalto está embasado por um significativo derramamento de lavas vulcânicas de idade juro-cretácica (Formação Serra Geral), constituindo rochas de composição básica, tais como basaltos e fenobasaltos, com desenvolvimento de geodos e rochas de composição intermediária a ácida, tais como andesitos, dacitos e riolitos (HORBACH, 1986 apud KREBS, 2004).

Este conjunto diversificado de rochas sedimentares, esculpido em um terreno movimentado de colinas e morros de baixa amplitude de relevo, desenvolve, predominantemente, solos profundos, de baixa fertilidade natural e horizonte B textural, onde se destacam os Podzólicos Vermelhos-Amarelos álicos e os Podzólicos Latossólicos Vermelhos-Amarelos álicos, de textura média a argilosa. Subordinadamente também ocorrem solos Podzólicos Brunos-Acinzentados álicos

Latossolos Vermelhos-Amarelos álicos. Os terrenos embasados pelas básicas desenvolvem solos de textura argilosa a muito argilosa, destacando-se a Terra Roxa Estruturada distrófica e os Cambissolos Húmicos álicos, (JUNGBLUT,1995 apud KREBS, 2004).

A espessura destes solos se dá a despeito do relevo, em geral pouco acidentado, baixas temperaturas encontradas neste alto planalto, pois baixas temperaturas retardam a velocidade de intemperismo químico das rochas e da matéria orgânica (KREBS, 2004).

Krebs afirma, sobre as características do solo que:

Os solos da bacia hidrográfica do rio Araranguá geralmente apresentam alta fertilidade natural (associada à decomposição química dos basaltos), baixa profundidade e alta saturação de alumínio. Considera-se que nesta região a poluição hídrica está associada à percolação da água da chuva através dos rejeitos da mineração que podem alcançar os corpos hídricos superficiais e/ou subterrâneos. A Depressão da Zona Carbonífera Catarinense abrange parte da sub-bacia do rio Mãe Luzia na porção norte da bacia do rio Araranguá e caracteriza-se por um relevo de colinas e morros, com média a alta densidade de drenagem, situados no sopé da escarpa da Serra Geral. A geração desta depressão está diretamente relacionada à erosão regressiva da escarpa da Serra Geral e à exumação de rochas Permianas da Bacia do Paraná, das quais algumas contêm jazidas de carvão mineral. (KREBS, 2004, p. 41)

Na porção correspondente aos Leques Aluviais, os solos tendem a ser jovens com predomínio de Cambissolos eutróficos e distróficos (KREBS, 2004).

2.5 CARACTERÍSTICAS DO ALUMÍNIO

O alumínio ocorre naturalmente em águas subterrâneas e superficiais por fazer parte da composição das rochas e do solo.

Classificado como um metal branco, acinzentado e leve, que são as características do alumínio, esse elemento não é encontrado livre na natureza, apenas na forma combinada. Seu principal mineral é a bauxita, o óxido de alumínio, muito abundante nas rochas e minerais (FIGUEIREDO, 2004).

Os feldspatos e os feldspatoides são os principais portadores de alumínio na crosta. A presença de alumínio nas rochas ígneas varia de 2% a 9%, e nas rochas sedimentares, em torno de 8% (TAVARES, 2016).

Com elevadas precipitações pluviais, característica das condições climáticas tropicais e subtropicais, o alumínio se libera por meio de intemperismo da rocha, para o solo e água subterrânea na forma solúvel (TAVARES, 2016).

Dentre os vários usos deste metal, pode-se destacar sua utilização na indústria automobilística e aeronáutica, utensílios domésticos, construção civil, indústria farmacêutica e cosmética. Sendo os sais de alumínio amplamente utilizados no Brasil como coagulante em estações de tratamento de água - ETA's (LOBO-RECIO et al., 2010).

Nas águas naturais pode ser introduzido através dos ciclos biogeoquímicos, do intemperismo das rochas e por atividades humanas, nas águas de abastecimento aparece como resultado do processo de coagulação, que emprega compostos de alumínio (FIGUEIREDO, 2004).

Para Coral e Bergamasco (2009), “Nos sistemas de tratamento de água, são convencionalmente empregados coagulantes inorgânicos, de origem química, constituídos por sais de ferro e alumínio, como o sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$), o sulfato férrico ($Fe_2(SO_4)_3$) e o cloreto férrico ($FeCl_3$)”.

O sulfato de alumínio, em particular, vem sendo utilizado a mais de 100 anos em todo o mundo e em diferentes conceitos de sistema de tratamento, visando à remoção de materiais particulados, coloidais e substâncias orgânicas via coagulação química (CORAL; BERGAMASCO, 2009).

Segundo os mesmos autores, os coagulantes utilizados nas estações de tratamento de água apresentam uma boa eficiência na remoção de impurezas da água, incluindo partículas coloidais e substâncias orgânicas dissolvidas.

Segundo Macedo (2004, p. 359), “a quantidade de coagulante a ser utilizada é definida no dia a dia da ETA através do teste do jarro, onde se monitora a velocidade de agitação, pH, quantidade do produto, temperatura e tempo de decantação.

Para Rosalino (2011 p. 4) “A água destinada ao abastecimento público é comum existência de um residual de alumínio, tanto pela sua presença na origem da captação como pela utilização recorrente de coagulantes a base de sais de alumínio no tratamento”.

O uso extensivo do sulfato de alumínio tem sido discutido devido à presença de alumínio remanescente na água tratada e no lodo gerado ao final do

processo, muitas vezes em concentrações bastante elevadas, o que dificulta a disposição do mesmo no solo devido a contaminação e o acúmulo deste metal (CORAL; BERGAMASCO, 2009).

2.5.1 Implicações do alumínio na saúde

O consumo humano de alumínio não pode ser trabalhado de forma isolada, considerando somente a água como forma de absorção de alumínio no organismo, pois existem outras formas de consumo dessa substância.

A exposição humana ao alumínio é inevitável. Passa pela presença natural do alumínio na natureza, isto é, nos alimentos, na água e no ar, e pela consciente utilização e introdução diária deste elemento pelo homem, nos medicamentos, no tratamento de água, produtos de consumo, entre outros (ROSALINO, 2011).

Um adulto, por dia, consome entre 1 e 20 mg de alumínio derivado das diferentes formas de exposição. Dos alimentos consome-se, em média, cerca de 8 mg Al/dia, correspondendo a aproximadamente 95% do consumo total (WHO, 2003; HEALTH CANADA, 1998).

Considera-se que, mesmo a alimentação sendo importante fonte de ingestão de alumínio, é na água onde se apresenta a forma mais biodisponível para ser absorvido pelo intestino (FERREIRA et al., 2007).

Estima-se que a contribuição da água para consumo varia entre 3 e 8% do consumo total diário de alumínio. Pessoas que regularmente tomam medicamentos contendo alumínio podem consumir até 5 g de alumínio por dia (WHO, 2003; HEALTH CANADA, 1998).

Como relatado anteriormente, na água destinada ao abastecimento público é comum à existência de um residual de alumínio, tanto na presença de água bruta como também na água tratada devido a utilização recorrente de coagulantes à base de sais de alumínio no tratamento. A presença do alumínio na água de consumo tem levantado muitas dúvidas em relação aos efeitos que pode vir a ter na saúde. Este residual de alumínio tem vindo a ser objeto de inúmeros estudos científicos, uma vez que pode estar implicado em diversas doenças do foro neurológico. O alumínio tem sido frequentemente associado à etiologia ou patogênese da doença de Alzheimer,

não sendo, no entanto, ainda possível referi-lo como elemento causal da doença, pelo fato da mesma ser considerada multifatorial (ROSALINO, 2011).

Ainda segundo Coral e Bergamasco (2009), sais de alumínio são amplamente utilizados como coagulantes para redução da matéria orgânica, turbidez e presença de microrganismos durante o tratamento de água superficial, que apresenta maior quantidade de partículas em suspensão, porém apesar de necessária para o tratamento de água em muitos municípios, pode aumentar a concentração de alumínio no ponto final de consumo.

A Organização Mundial da Saúde (OMS, 1996) e a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA) em investigações realizadas, sugerem uma influência do alumínio na etiologia de doenças neurodegenerativas, tais como mal de Parkinson e o mal de Alzheimer. Deficiências nutricionais crônicas de cálcio e magnésio possivelmente aumentam a absorção do alumínio, que interfere na estrutura das células e nas funções cerebral.

Conforme Ferreira (2007, p. 2),

A doença de Alzheimer é provavelmente o resultado de um processo multifatorial, no qual estão inclusos componentes genéticos e ambientais; supõe-se que as características genéticas dos indivíduos modulam exposições ambientais. Dentre os fatores de risco ambientais, relacionados com o desenvolvimento da doença de Alzheimer, encontra-se a exposição ao Alumínio, um dos potenciais fatores de risco ambientais mais estudados. Também tem sido relacionada com outros fatores de risco, como o fator de risco químico que se refere à redução de neurotransmissores, que seriam responsáveis pelo desempenho intelectual e comportamental em cérebros de pacientes portadores da doença. Considerando que, no envelhecimento, há queda natural da capacidade de resposta imune, o desenvolvimento de patologias é mais frequente e mais grave em indivíduos idosos. Além disso, ainda existem os fatores extrínsecos, o estilo de vida, as condições socioeconômicas e os fatores psicossociais e ambientais, determinando alterações funcionais, celulares e moleculares, que acarretam diminuição da capacidade de manutenção do equilíbrio homeostático e, portanto, maior predisposição a doenças.

2.5.2 Remoção do teor de alumínio presente na água

Quando a qualidade da água captada para o abastecimento humano no Brasil não atende aos padrões de qualidade exigidos pela legislação vigente, o tratamento das mesmas é necessário.

Geralmente o tratamento da água é realizado nas Estações de Tratamento de Água (ETA). Este pode ser enquadrado em dois grandes grupos: com e sem coagulação química. No Brasil, comumente utiliza-se o tratamento dito convencional com coagulação química, compreendendo geralmente as etapas de aeração, coagulação/floculação, decantação, filtração e desinfecção (DI BERNARDO; DANTAS, 1993).

Diante da problemática existente entre a ingestão de alumínio presente na água e a saúde humana, torna-se necessário a remoção deste íon metálico por meio de técnicas eficientes que sejam preferencialmente de baixo custo e complexidade de operação, para viabilizar o tratamento em diversas regiões no país (QUEIROZ et al., 2016).

2.5.2.1 Utilização de Hidróxido de Cálcio na Remoção do Teor de Alumínio Presente na Água

A tratabilidade de águas com alto teor de alumínio pode ser realizada com a adição de hidróxido de cálcio como agente coagulante, que ao aumentar o pH, acarreta a precipitação química do alumínio pela formação de precipitado gelatinoso de hidróxido de alumínio (QUEIROZ et al., 2016).

Segundo os mesmos autores, as melhores condições de remoção de alumínio realmente estão em pH mais elevados, porém deve-se atentar a faixa de pH recomendada pela legislação vigente de 6,0 a 9,5.

Para atender os níveis preconizados pela legislação vigente do Ministério da Saúde, que determina o teor abaixo de 0,200 mg/L de alumínio em água para abastecimento público e pH entre 6,0 a 9,5, deve-se optar no uso da tecnologia de filtração direta a precipitação química com hidróxido de sódio Ca(OH)_2 , pois a mesma mostrou-se superior a tecnologia de tratamento convencional em termos de remoção de alumínio (QUEIROZ et al., 2016).

Em relação às condições de operação da tecnologia de tratamento convencional, foi possível constatar que a redução do gradiente de velocidade da mistura lenta reduz conseqüentemente a eficiência de remoção de alumínio em água. Entretanto, com o aumento do tempo da mistura lenta ou floculação, tem-se maior remoção de alumínio (QUEIROZ et al., 2016).

2.5.2.2 Utilização de Quitosana na Remoção do Teor de Alumínio Presente na Água

Diante da problemática associada à ingestão de alumínio à saúde humana, pode-se destacar atualmente o uso de materiais bioadsorventes, como o biopolímero quitosana na remoção do teor de alumínio da água.

A quitosana vem sendo utilizada com êxito em diversas áreas, apresentando destaque na remoção de íons metálicos da água como ferro, alumínio e manganês. A quitosana pode também ser utilizada como agente floculante no tratamento de água e na área de biotecnologia (FOLZKE, 2013).

Conforme Folzke (2013, p. 2),

A quitosana é um biopolímero do tipo amino polissacarídeo, derivado do processo de acetilação da quitina. A quitina constitui a maior parte dos exoesqueletos dos insetos, crustáceos e parede celular de fungos, sendo um dos compostos orgânicos mais abundantes da natureza, depois da celulose. Por isso, considera-se a quitosana como um adsorvente natural, atóxico, biodegradável, obtido de fontes renováveis e de grande disponibilidade na natureza. Outra propriedade vantajosa da quitosana é sua versatilidade, pois ela é passível de modificações químicas e pode ser trabalhada em diversas formas, tais como gel, membranas e em solução.

Nos estudos de remoção de íons metálicos de efluentes a quitosana destaca-se devido a suas propriedades adsorventes e a sua capacidade para formar complexos com íons metálicos de transição devido a presença de grupos de amino em sua estrutura (FOLZKE, 2013).

Em leituras experimentais, a quitosana apresentou-se com uma excelente eficiência, nos ensaios de remoção de alumínio efetuados com soluções sintéticas com remoção superior a 97% utilizando um teor de 0,8 g Quitosana/Litro (FOLZKE, 2013).

2.5.2.3 Utilização de Técnicas Avançadas de Remoção do Teor de Alumínio

Existem algumas técnicas avançadas de remoção do alumínio que são complementos de tratamentos convencionais.

O processo de membranas se caracteriza por possuir barreiras semipermeáveis de separação física entre duas fases utilizadas em processos de separação seletiva dos componentes de misturas químicas ou física.

A escolha do processo adequado de membranas depende da qualidade da água desejada e dos compostos a serem eliminados no tratamento (METCALF; EDDY, 2003).

As membranas de ultra filtração não são adequadas para remoção de íons metálicos devido ao pequeno tamanho dos mesmos; a não ser que estes se encontrem complexados, formando assim moléculas maiores capazes de serem retidas pela membrana (BASTOS, 2005).

Em alternativa, levanta-se a hipótese de implementação de técnicas de tratamento não convencionais mais eficientes para a remoção do alumínio como o processo de separação por membrana. Neste caso, para evitar reestruturações no sistema de tratamento, é possível adotar essa técnica como etapa final do tratamento, sendo a realização vantajosa, pois permite garantir a qualidade pretendida da água e a redução da concentração de alumínio no final do tratamento sem ser necessária a realização de outros procedimentos (ROSALINO, 2011).

2.5.2.4 Adsorção

A adsorção líquido-sólido é um processo de acumulação de substâncias que estão em solução sobre uma superfície adequada de um sólido. A adsorção pode ser física ou química (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2013).

A adsorção física e química para Atkins e De Paula (2004, p. 279),

Ocorre através de interações de van der Waals entre o adsorvato e o adsorvente, sendo estas interações de longo alcance, mas fracas. A entalpia da adsorção física geralmente é baixa, por este motivo não ocorre o rompimento da ligação química, e a molécula fisicamente adsorvida retém a sua identidade, embora possa ser deformada pela presença dos campos de força da superfície. Já na adsorção química (quimissorção) a ligação entre os átomos ou moléculas na superfície do adsorvente se dá através de ligações químicas (geralmente covalentes), sendo a entalpia de adsorção química muito maior do que a física.

No processo de adsorção é analisada a capacidade de retenção de alumínio presente em meio aquoso por carvão ativado em diferentes granulometrias, obtendo-se percentuais de remoção do metal no processo de adsorção em colunas (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2013).

O uso do carvão ativado em processo de adsorção contínuo é bastante satisfatório para a remoção de íons alumínio. Para menores granulometrias a remoção de íons alumínio é maior devido ao aumento da área superficial disponível para a adsorção (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2013).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em uma pesquisa de natureza aplicada, que segundo Thiollent (2009, p. 36) “a pesquisa aplicada concentra-se em torno dos problemas presentes nas atividades, instituições, organizações, grupos ou atores sociais”. Está empenhada na elaboração de diagnósticos, identificação de problemas e buscas de soluções. Respondem a uma demanda formada por clientes, atores sociais ou instituições. De acordo com Fonseca (2002, p. 20):

Os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra no seu objetivo. Considera que a realidade só pode ser analisada através de dados brutos, recolhidos com auxílio de instrumentos. A pesquisa quantitativa recorre a linguagem matemática para descrever a causa dos fenômenos.

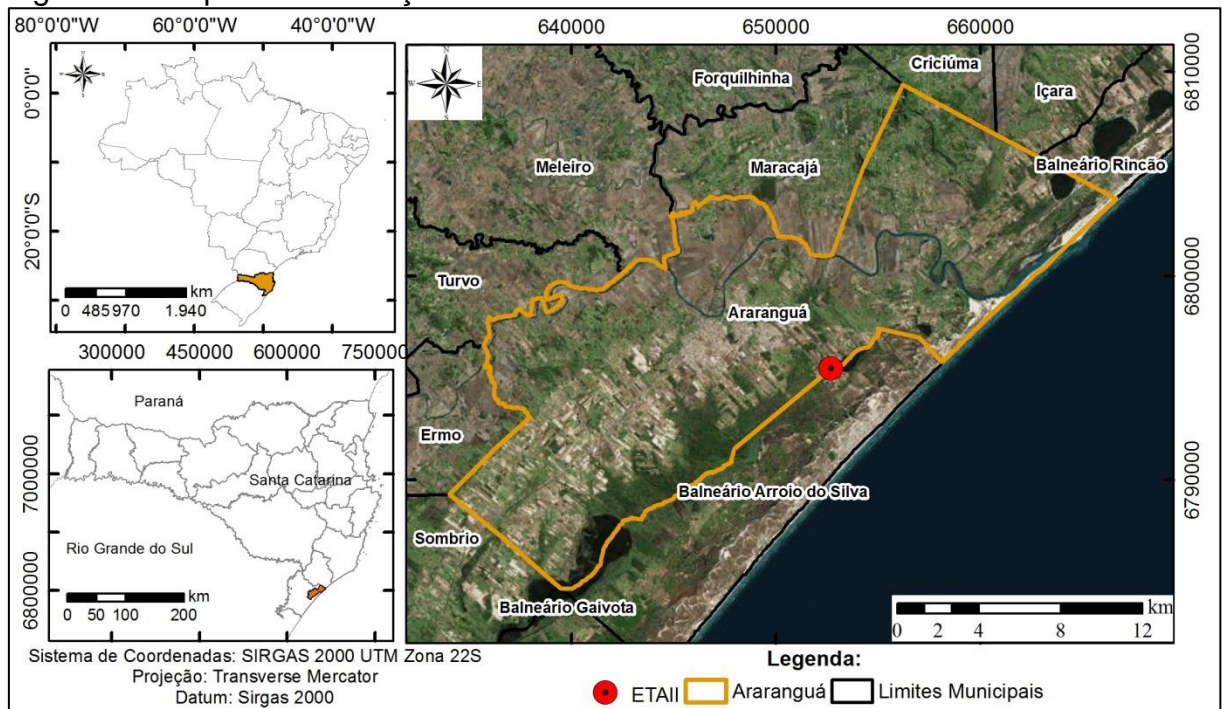
Essa pesquisa tem uma abordagem explicativa, pois segundo Gil (2007, p. 43), “esse tipo de pesquisa explica o porquê das coisas através dos resultados oferecidos, pode ser a continuação de uma descritiva, pois a identificação de um fenômeno ou uma causa deve estar detalhada”.

3.1 DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para definição da área de estudo levou-se em consideração os valores mais altos registrados historicamente do teor de alumínio nas estações de tratamento de água monitoradas pela empresa de saneamento do município de Araranguá, SC. Por isso, definiu-se com área de estudo a ETA II localizada no bairro Lagoa da Serra, município de Araranguá, SC.

O mapa de localização, figura 3 abaixo, demonstra a localização da estação de tratamento de água da Lagoa da Serra em relação ao Brasil e ao estado de Santa Catarina, demonstrando de forma ampliada o município de Araranguá e seus municípios limítrofes, bem como pontualmente o ponto de localização da estação ETA II.

Figura 3 – Mapa de localização da ETA II.



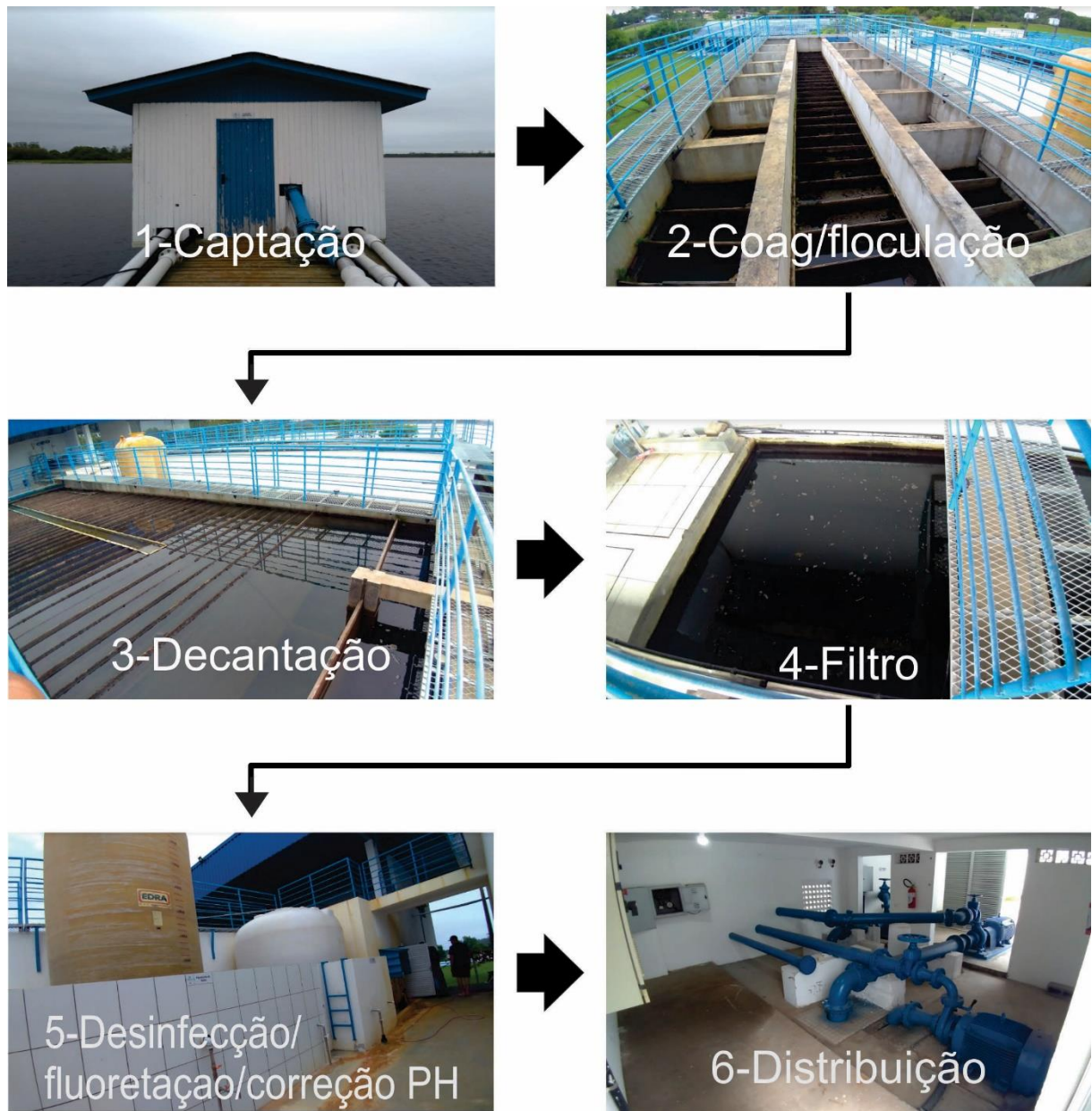
Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

3.1.1 Descrição do processo de tratamento de água ETA II

A estação da Lagoa da Serra tem capacidade de tratar 80 l/s de água. A fonte de captação de água para tratamento e abastecimento na ETA II, é de água superficial.

Na figura 4, a seguir, encontram-se representadas as etapas de tratamento realizadas na ETA II.

Figura 4 – Fluxograma das etapas do tratamento de água.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

3.1.1 Captação

Nesta etapa, a água é captada do manancial superficial Lagoa da Serra através de 5 bombas, embora, na grande maioria das vezes, estão ativas três ou quatro, conforme necessidade, sempre tendo uma de reserva.

3.1.2 Coagulação/Floculação

Nesta etapa, ocorre a adição de sulfato de alumínio como coagulante, para o agrupamento das partículas, facilitando a separação dos mesmos, nos floculadores.

Nessa etapa também é adicionado a cal, com objetivo do aumento do pH e alcalinidade, a fim de dispor melhor eficiência na ação do sulfato de alumínio na etapa de coagulação, cujo pH ideal está na faixa de 5,0 a 8,0 (maior eficiência em pH dentro da neutralidade). Posteriormente, é encaminhada aos floculadores, processo pelo qual as partículas em estado de equilíbrio eletrostaticamente instável no seio da massa líquida são forçadas a se movimentar, a fim de que sejam atraídas entre si formando flocos, que, com a continuidade da agitação, tendem a aderir uns aos outros, tornando-se pesados. Nesta etapa é adicionado o polímero FA 920 PWG, que tem em boa parte de sua composição poliacrilamida, com o objetivo de aumentar a densidade dos flocos, facilitando a decantação.

3.1.3 Decantação

A água sai dos floculadores e entra em uma calha, onde é distribuída para 04 decantadores. Inicialmente, a água entra em contato com uma parede de retenção, permitindo sua passagem pela parte de baixo dessa parede. Este processo tem por objetivo facilitar com que os flocos fiquem no fundo do decantador, e não acumulados nas paredes. A saída da água se dá pela parte superior dos decantadores indo para a próxima etapa, a filtração. A limpeza dos tanques é realizada a cada dois meses.

3.1.4 Filtro rápido descendente

A ETA possui oito filtros com a função de polimento do tratamento e de remoção de gosto da água. O mesmo é composto pelos meios filtrantes: carvão ativado, cascalho e areia. Após a filtração a água é encaminhada para a cisterna.

3.1.5 Desinfecção/Fluoretação/ Correção pH

Na cisterna a água recebe flúor, cloro e cal (novamente) para correção do pH. Após adição desses produtos a água é encaminhada para o reservatório.

3.1.6 Reservatório de Distribuição

Finalizando as etapas do tratamento, a água é encaminhada para rede de abastecimento público.

3.2 LEVANTAMENTO HISTÓRICO DE ANÁLISES DA ÁGUA

Para fins de comparação, realizou-se um levantamento histórico dos resultados de pH, alumínio e turbidez não apenas da ETA II como também das ETA's IV e V, embora não fossem objeto principal de estudo. É importante salientar que a ETA II possui como fonte de captação água superficial, e as ETA's IV e V possuem como fonte de captação para abastecimento água subterrânea.

Para o levantamento histórico, realizou-se a pesquisa nos laudos de resultados de análises realizadas no período de maio a agosto de 2019. A partir do mês de agosto as análises foram acompanhadas, além de se propor outros pontos não monitorados pela empresa de saneamento de Araranguá/SC.

3.2.1 Pontos de Amostragens das Estações de Tratamento de Água

Na ETA II da Lagoa da Serra, os pontos de coletas de água bruta e tratada para posterior análise laboratorial foram realizados em locais distintos, sendo que o da água bruta numa torneira em frente a ETA (Figura 5A), e o da água tratada na saída do filtro (mangueira vermelha), ponto esse correspondente à etapa final do tratamento da água (Figura 5B).

Figura 5 – Pontos de coleta de água bruta (A) e tratada (B) da ETA II.

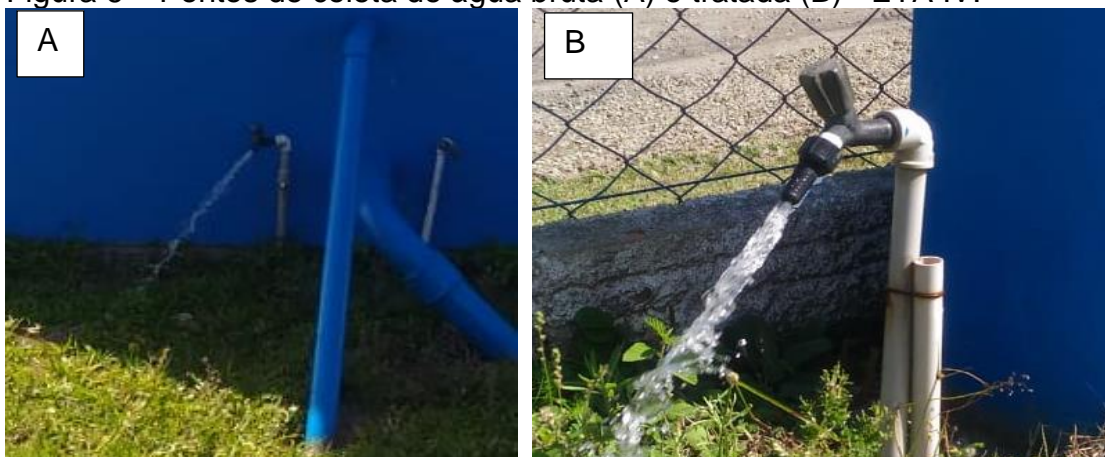


Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

A empresa de saneamento de Araranguá abastece também algumas comunidades do interior do município, captando água de fontes subterrâneas, posteriormente fazendo tratamento necessário para o abastecimento.

A ETA IV, localizada no bairro Hercílio Luz abastece as comunidades de Hercílio Luz, Rio dos Anjos, Ilhas e Morro Agudo. O ponto de coleta de água tratada para análise laboratorial foi realizado na torneira de saída da estação, ponto final do tratamento (Figura 6B), e da água bruta na ponteira localizada na área externa da ETA (Figura 6A).

Figura 6 – Pontos de coleta de água bruta (A) e tratada (B) - ETA IV.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A ETA V localizada no Bairro Espigão da Pedra abastece as comunidades de Espigão da Pedra, Pontão e Barro Vermelho. O ponto de coleta de água tratada para análise laboratorial foi realizado na torneira de saída da estação, ponto final do tratamento (Figura 7A), e da água bruta, na ponteira localizada na parte de traz da estação (Figura 7B).

Figura 7 – Pontos de coleta da água bruta (A) e tratada (B) - ETA V.



Fonte: Autor (2019).

3.3 PONTOS DE AMOSTRAGENS DE ÁGUA NÃO TRATADA NAS RESIDÊNCIAS DE MORADORES DA REGIÃO DA LAGOA DA SERRA

Foi escolhido o bairro da Lagoa da Serra para a coleta de água dos moradores, justificado pelo fato de estar localizada na região próxima a ETA II, definida como área de estudo, além do histórico de ser a estação que apresenta maiores resultados de teor de alumínio na água tratada.

Este monitoramento teve como objetivo avaliar a qualidade da fonte de água subterrânea, sem tratamento, que abastece a comunidade, assim como sua potabilidade.

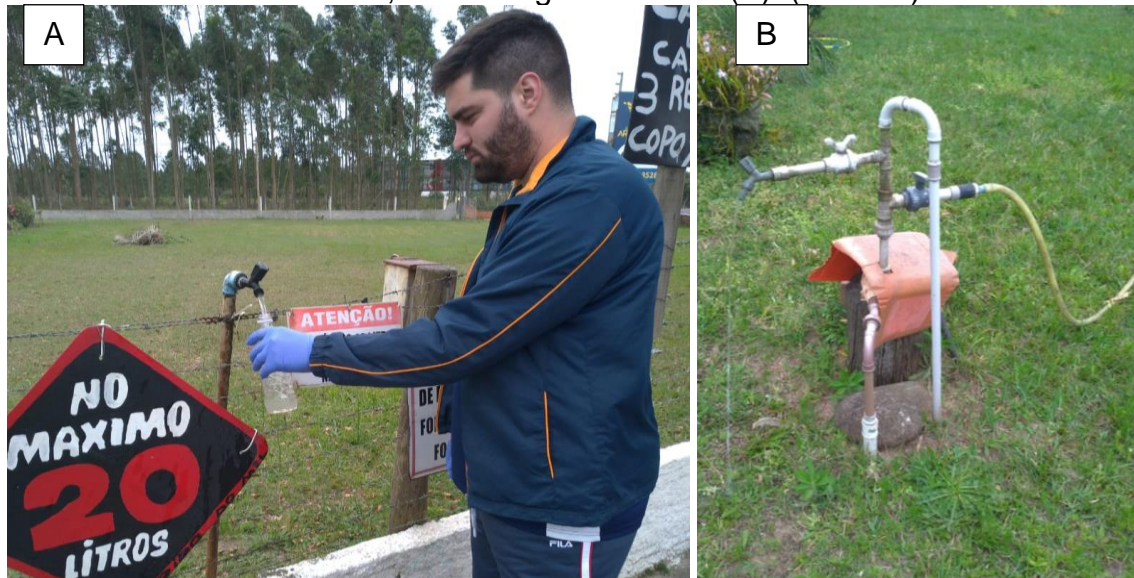
Foram realizadas quatro coletas em locais da comunidade Lagoa da Serra abrangendo os meses de setembro, outubro e novembro, respectivamente, e analisados os parâmetros pH, alumínio e turbidez, identificados como:

Ponto 01: Estabelecimento comercial: garapeira; Ponto 02: Residência 1; Ponto 03: Residência 2 e Ponto 04: Residência 3.

Importante relatar que no estabelecimento comercial (garapeira) além do consumo próprio fornece água da fonte subterrânea, através de uma ponteira, para turistas, principalmente na alta temporada de verão, que enchem suas bombonas de água para consumo.

A figura 8 refere-se à coleta de amostra no estabelecimento comercial (Ponto 01). Este ponto consiste em um poço, tipo ponteira, localizado em local mais afastado no terreno e aparentemente protegido.

Figura 8 – Coleta de amostra (A) e localização da ponteira no ponto do estabelecimento comercial, Bairro Lagoa da Serra (B). (Ponto 1)



Fonte: Autor (2019).

Os moradores utilizam somente dessa fonte de água para consumo e usos gerais há aproximadamente 35 anos. Aparentemente, a ponteira está bem conservada e protegida, distante de fontes de contaminação.

A figura 9 identifica a coleta de amostra de água em um poço tipo ponteira (Ponto 2). Verificou-se que ele não está em um local protegido, de difícil acesso e marcado pela presença de variados tipos de resíduos de construção civil. Os moradores utilizam o mesmo há cerca de 40 anos para consumo e usos gerais, porém nunca realizaram análise de monitoramento de sua qualidade.

Figura 9 – Coleta de amostra na residência (A) e localização da ponteira (B) – Ponto 2



Fonte: Autor (2019).

A figura 10 refere-se à coleta de amostra de água em um poço tipo ponteira, em uma residência da comunidade (Ponto 3). Entretanto, como não se teve acesso a mesma, foi realizado a coleta na torneira externa da residência em razão dos moradores não saberem identificar a localização da saída de água na ponteira. Utilizam água subterrânea há 12 anos.

Figura 10 – Coleta de amostra e localização da ponteira em residência no Bairro Lagoa da Serra (Ponto 3)



Fonte: Autor (2019).

A figura 11 demonstra a coleta de amostra de água em um poço tipo ponteira, em uma residência da comunidade (Ponto 4). Entretanto, como não se teve permissão do acesso à mesma, foi realizada a coleta na torneira externa, tanque da residência. Estes moradores utilizam água subterrânea há 18 anos, não utilizam outra fonte de água seja para consumo ou outros usos.

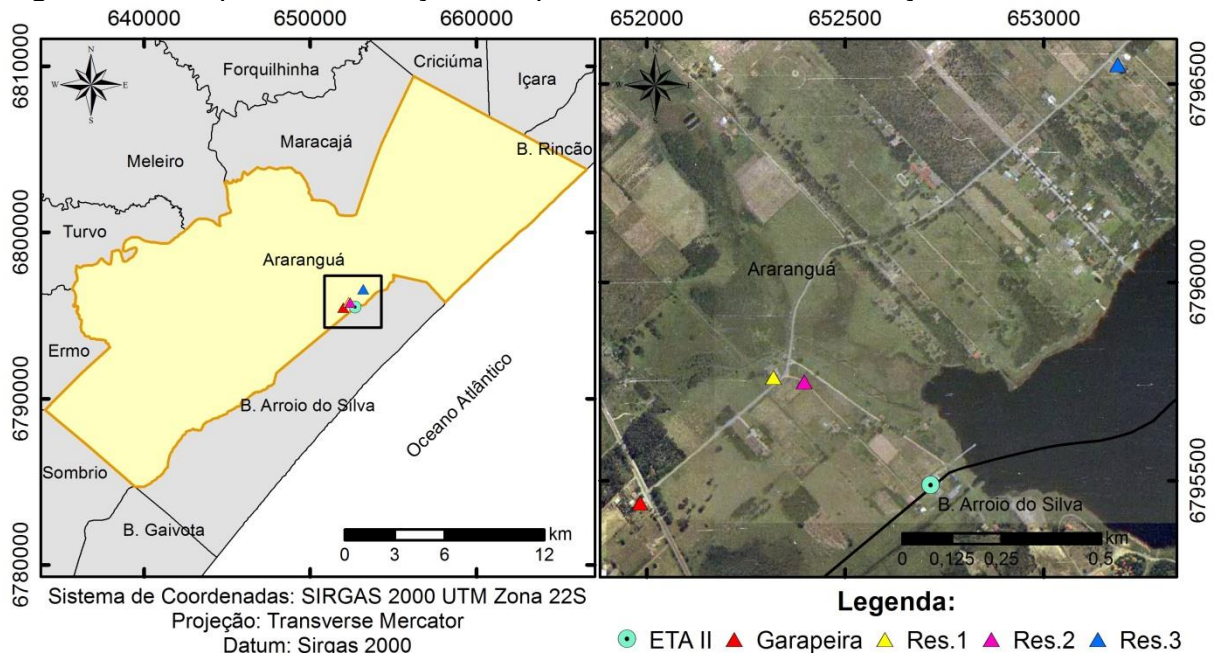
Figura 11 – Coleta de amostra e localização da ponteira em Residência no Bairro Lagoa da Serra. Ponto 4



Fonte: Autor (2019).

Na figura 12 identificam-se os 04 pontos de coletas, inseridos no Bairro Lagoa da Serra além do limite do município de Araranguá e seus municípios limítrofes, permitindo analisar as distancias entre os pontos de coletas e a localização da ETA II.

Figura 12 – Mapa de localização dos pontos de coletas em relação a ETA II



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

3.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ETA II

Foi dada continuidade nos monitoramentos já realizado pela ETA II, nos mesmos pontos de coletas já citados (Figura 5), incluindo água bruta, durante os meses de setembro, outubro de 2019, a fim de que pudesse ser comparado com os resultados levantados no histórico.

3.5 PARÂMETROS ANALISADOS

Para o estudo foram analisados os parâmetros pH, alumínio e turbidez, tanto para o monitoramento da ETA II, água tratada e bruta, como nas residências dos moradores e estabelecimento comercial da comunidade.

A seguir encontram-se as descrições dos procedimentos analíticos realizados, conforme metodologia utilizada pela empresa de saneamento.

3.5.1 Determinação de pH

A leitura do pH que é realizada no laboratório da empresa de saneamento, foi realizada utilizando um medidor de pH (pHmetro) seguindo os procedimentos:

- a) Foi calibrado do equipamento com soluções padrões de valor de pH 4,61;
- b) A seguir, realizou-se a limpeza do eletrodo com destilada;
- c) Adicionou-se 250 mL da amostra em um Becker;
- d) Aguardou-se o valor do pH estabilizar e posteriormente realizou-se a leitura

3.5.2 Determinação da turbidez

A leitura da turbidez foi realizada utilizando um turbidímetro seguindo os procedimentos:

- a) Primeiramente foi realizada a calibragem do aparelho com soluções padrões de turbidez conhecidas;
- b) A seguir realizou-se a higienização da cubeta com água destilada e devidamente seca com papel macio, para poder receber a água coletada que se deseja analisar;
- c) Colocou-se a cubeta no espaço adequado, fechou-se o turbidímetro e realizou-se a leitura.

3.5.3 Determinação do alumínio

- a) Adicionou-se 50 mL da amostra em uma proveta;
- b) Adicionou-se o conteúdo de um pacote do reagente 01 (ácido ascórbico), agitando até dissolver completamente;
- c) Posteriormente adicionou-se o conteúdo de um pacote do reagente 02 (alúver 3) e agitou-se até dissolver;
- d) Transferiu-se 25 mL da amostra para uma cubeta;

- e) O restante que ficou na proveta adicionou-se o conteúdo de um pacote de branqueador na proveta e agitou-se até dissolver vigorosamente por 30 segundos;
- f) Deixou-se em repouso as amostras durante 15 minutos e realizou-se a leitura no espectrofotômetro. O espectrofotômetro tem seus resultados determinados por uma curva padrão num comprimento de onda de 522 nm.

3.6 COMPARAÇÃO COM A LEGISLAÇÃO VIGENTE

Após análise dos resultados dos parâmetros pH, turbidez e alumínio, eles foram comparados com os padrões de potabilidade estabelecido (Quadro 1) pelo Anexo XX da Portaria número 5 da Consolidação de 2017 (BRASIL, 2017), assim como pela Resolução CONAMA 396/08 que “Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências”, considerando esses valores seguros para o consumo humano.

Quadro 1 – Parâmetros e valores máximos permitidos.

Parâmetros	VMP conforme Anexo XX da Portaria 5/17 do MS	VMP conforme Resolução Conama 396/08
pH	6 a 9,5	-
Turbidez (NTU)	5,0	-
Alumínio (mgL ⁻¹)	0,2	0,2

Fonte: BRASIL (2017) e CONAMA (2008)

Os valores máximos permitidos para potabilidade da água se enquadram tanto para água tratada, como para água bruta subterrânea, quando consumida sem tratamento.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 LEVANTAMENTO HISTÓRICO DAS ANÁLISES

Os gráficos 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 descritos a seguir são dados históricos das estações ETA II, ETA IV, ETA V referentes aos parâmetros pH, alumínio e turbidez. As coletas e análises são referentes aos meses de maio a agosto/19, representados no gráfico com coloração diferente, para melhor demonstração das variações e oscilações obtidas. Para cada parâmetro identificou-se em uma reta o padrão estabelecido pela legislação vigente, que no caso é o Anexo XX da Portaria de Consolidação número 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), possibilitando avaliar se os parâmetros, de acordo com os resultados obtidos, atendem ou não a legislação vigente.

No mesmo gráfico identificaram-se os resultados referentes à análise de água bruta, no qual é realizada uma coleta/análise mensal, está disposta no gráfico em uma linha com a cor vermelha e também demonstra a variação em cada mês.

Importante ressaltar que as estações ETA IV e ETA V não monitoram alumínio da água tratada, em razão de histórico de resultados serem muito baixos desse parâmetro, diferentemente da ETA II que tem um histórico de alto teor de alumínio na água.

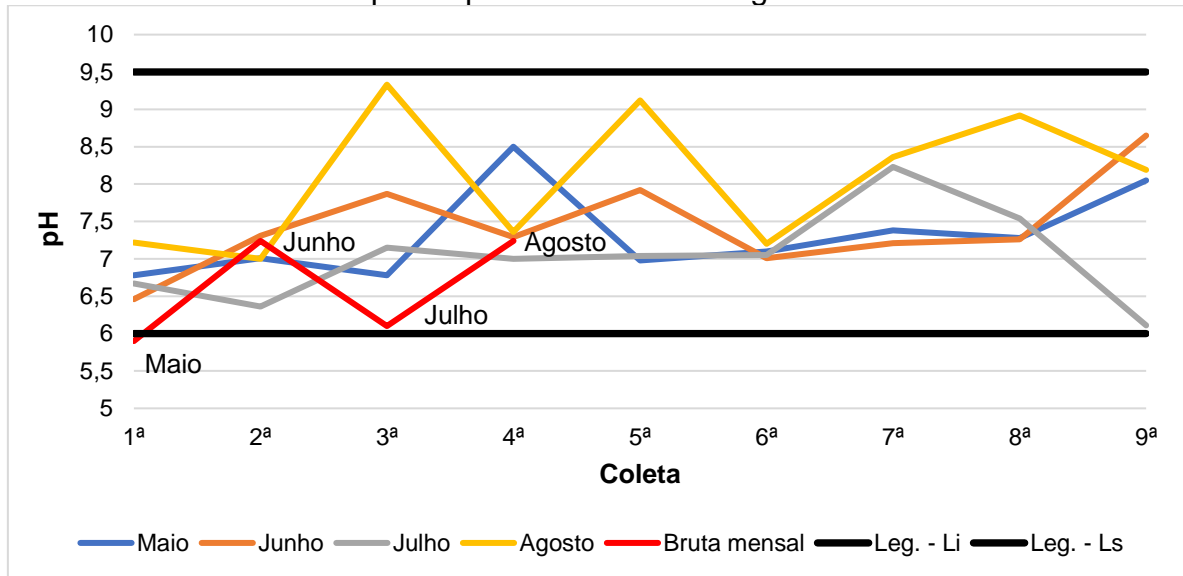
Referente à água bruta, a estação ETA II não monitora alumínio, não apresentando dados históricos.

Importante relatar que no mês de junho não foram realizadas coletas/análises de água bruta na ETA IV, por conta da impossibilidade de se chegar a ETA no dia da coleta em razão de manutenção da via de acesso, entretanto nos demais meses as coletas foram realizadas.

4.1.1 Resultados ETA II

Seguem resultados históricos levantados da ETA II (Gráficos 1, 2 e 3).

Gráfico 1 – Resultado de pH no período de maio a agosto de 2019



Fonte: Companhia de Saneamento, elaborado pelo autor (2019).

Legenda:

Leg. -Li: Legislação limite inferior.

Leg. -Ls: Legislação limite superior.

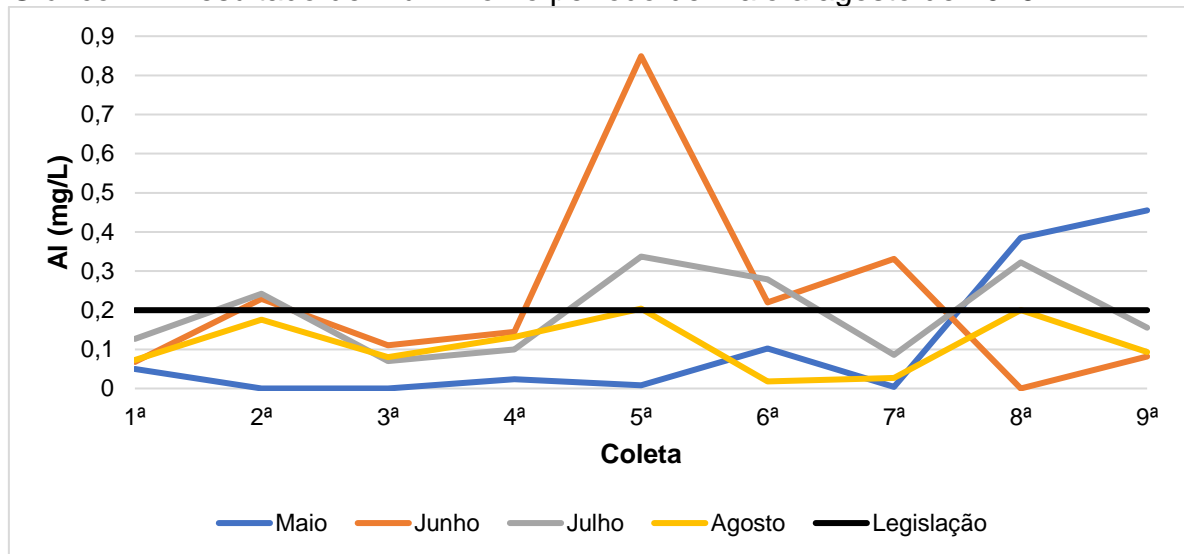
Observa-se que o pH da água bruta da estação da Lagoa da Serra (ETA II) teve uma pequena variação de 5,9 a 7,24, valores dentro do padrão determinado pela legislação vigente. Importante salientar que a fonte de captação de água desta estação é a Lagoa da Serra, água superficial.

Referente à água tratada, como pode ser observado pelo gráfico, o pH sofreu uma variação muito maior do que o de água bruta, oscilando entre 6,11 a 9,33, embora permanecendo dentro do limite estabelecido pela legislação vigente que é de 6,0-9,5. Pode-se justificar a variação devido à utilização de produtos químicos no processo de tratamento, a citar, a cal hidratada que eleva significativamente o valor do mesmo.

Especificamente nos maiores picos de pH, verificado principalmente no mês de agosto, obteve-se a informação da ocorrência da falta de controle de pH na estação em razão do medidor de pH estar em manutenção, fato muito preocupante.

Embora estando dentro do padrão determinado pela legislação, é muito importante trabalhar com o pH dentro da neutralidade (7,0).

Gráfico 2 – Resultado de Alumínio no período de maio a agosto de 2019



Fonte: Companhia de Saneamento, adaptado pelo autor (2019).

Analisando os resultados verificou-se uma variação significativa do teor de alumínio na água tratada tendo seu pico no mês de junho, além de resultados acima do padrão determinado pela legislação nos meses de maio e julho. Referente ao mês de agosto obteve-se a informação da ocorrência de um problema operacional, no qual foi adicionado sulfato de alumínio em excesso (houve acidente com derramamento) na água, entretanto após o ocorrido a ETA ficou desligada até normalização da dosagem do produto, verificado nos resultados apresentados.

Destaca-se que nos dias de mudança de clima, temperatura e ocorrência de chuvas, houve alteração nas características da água no manancial Lagoa da Serra. Com a ocorrência de chuvas, ocorre tendência de aumento de turbidez/cor da água bruta, exigindo maiores dosagens de sulfato de alumínio. No controle operacional da ETA, nestes períodos de precipitação pluviométrica, até haver um ajuste na operação da ETA, pode ocorrer a arraste de flocos para a rede de distribuição e com isso pode ocorrer elevação de concentração e alumínio na rede.

De acordo com a tabela X – Anexo 20 (BRASIL, 2017), o alumínio é um parâmetro descrito como “parâmetro padrão organolético” de potabilidade.

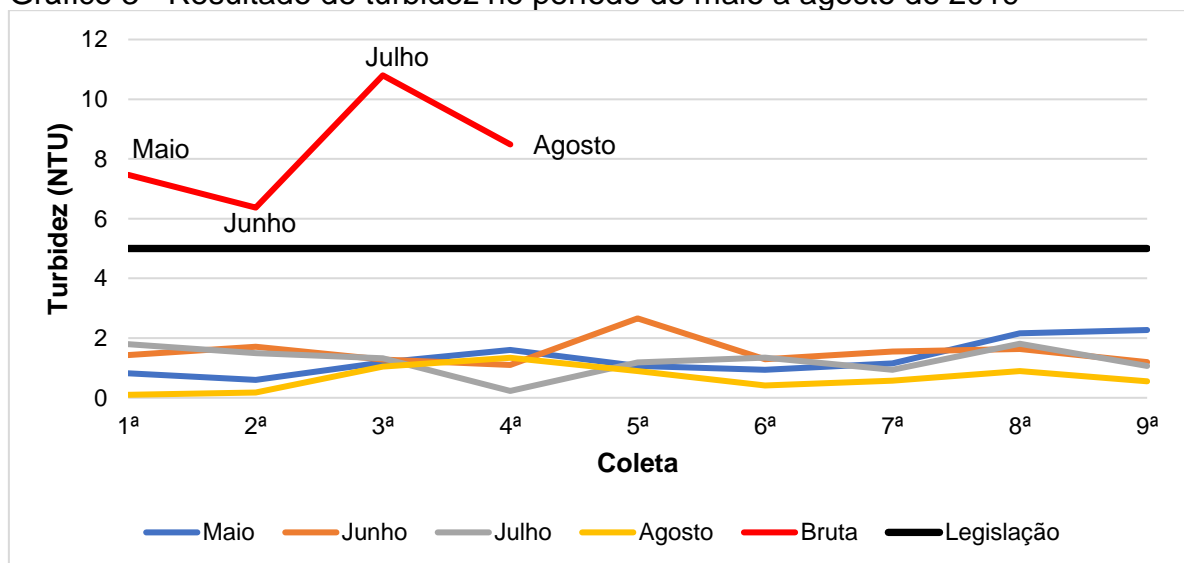
Importante salientar que anteriormente na ETA II era utilizado somente sulfato de alumínio como coagulante. Atualmente, utiliza-se sulfato de alumínio e polímero FA 920 PWG o qual tem sua composição a base de poliacrilamida, tendo o objetivo de reduzir o residual de alumínio concentrado na água tratada.

Como já citado anteriormente por Rosalino (2011 p.4) “A água destinada ao abastecimento público é comum existência de um residual de alumínio, tanto pela sua presença na origem da captação como pela utilização recorrente de coagulantes a base de sais de alumínio no tratamento”, fato este o verificado nos resultados apresentados.

É importante ressaltar que a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1996) em investigações realizadas, sugerem uma influência da concentração de alumínio no corpo humano com doenças neuro degenerativas, tais como mal de Parkinson e o mal de Alzheimer, intensificando ainda mais a importância do controle do processo mantendo o teor do mesmo dentro do padrão determinado na legislação vigente.

Contudo o aumento considerável no teor de alumínio da água tratada está ligado a falhas operacionais na ETA na adição de coagulantes a base de alumínio, como o próprio sulfato de alumínio.

Gráfico 3 - Resultado de turbidez no período de maio a agosto de 2019



Fonte: Companhia de Saneamento, adaptado pelo autor (2019).

A turbidez da água bruta no manancial da Lagoa da Serra tem por característica histórica ser alta, fato observado nos resultados monitorado pela empresa de saneamento apresentando valores de 7,47 a 10,80 NTU estando acima da legislação vigente que padroniza o valor máximo permitido de 5,0 NTU para consumo humano em água tratada, havendo necessidade de passar por tratamento.

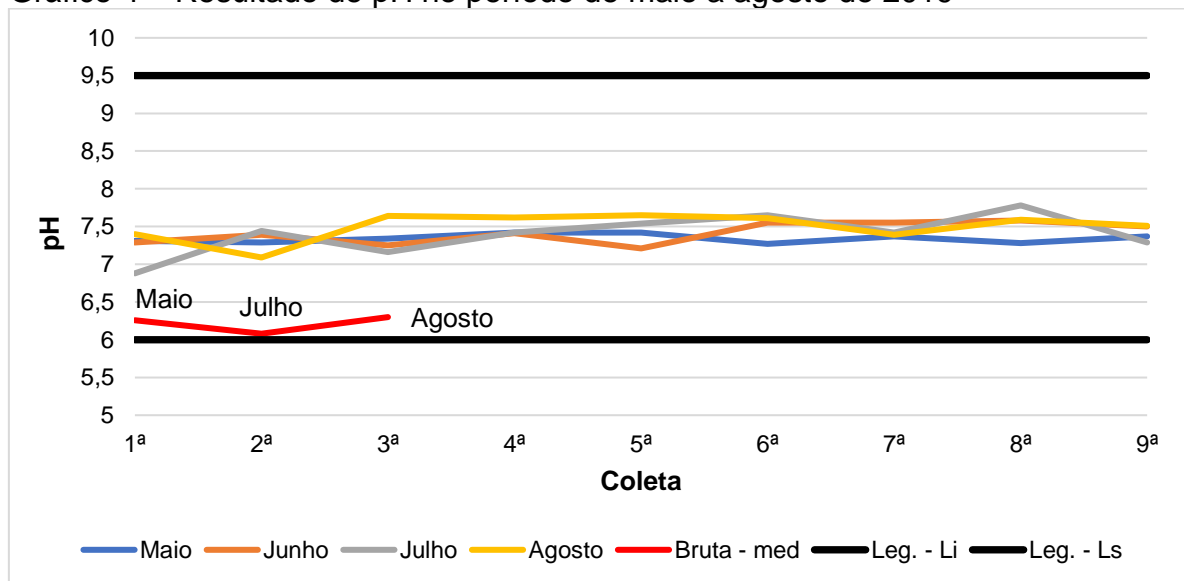
Na água tratada, a turbidez não ultrapassou o valor máximo permitido pela legislação vigente, tendo pequenas variações. Verificou-se um valor mais elevado,

embora dentro do padrão, registrado no mês de junho, 2,66 NTU, mesmo período em que houve valor de pico do alumínio por falhas operacionais, sendo visível a relação entre aumento da turbidez e a dosagem de sulfato de alumínio.

4.1.2 Resultados ETA IV

Seguem resultados históricos levantados da ETA IV (Gráficos 4 e 5).

Gráfico 4 – Resultado de pH no período de maio a agosto de 2019



Fonte: Companhia de Saneamento, adaptado pelo autor (2019).

Legenda:

Leg. -Li: Legislação limite inferior.

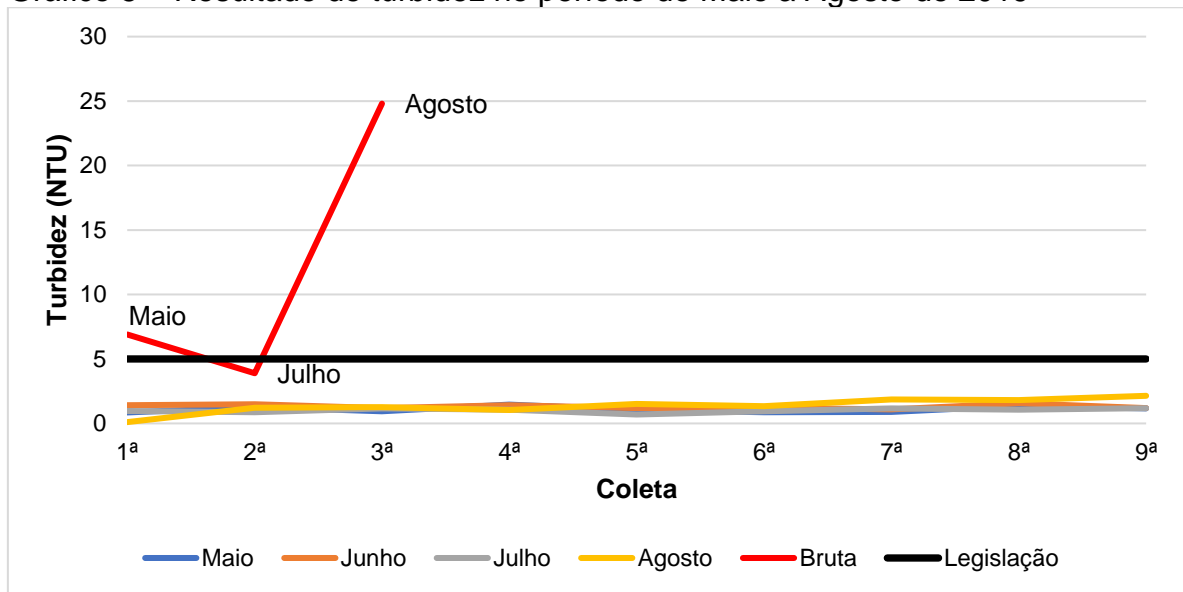
Leg. -Ls: Legislação limite superior.

Analisando os resultados da água bruta, o mesmo apresentou uma variação de pH de 6,26 a 6,30, bem próximo da neutralidade. Conforme dito anteriormente, no mês de junho não foram realizadas coletas/análises por conta da impossibilidade de se chegar a ETA em razão de manutenção da via de acesso.

Referindo-se a água tratada o pH variou entre 6,88 a 7,78 que é um pH muito bom para consumo humano.

Importante ressaltar que a estação ETA IV não monitora alumínio da água tratada, em razão de histórico de resultados muito baixos desse parâmetro já na água bruta. Também em razão de que o alumínio não consta no Anexo 12 do Anexo XX da Portaria 5 do Ministério da Saúde como parâmetro de monitoramento da água.

Gráfico 5 – Resultado de turbidez no período de Maio a Agosto de 2019



Fonte: Companhia de Saneamento, adaptado pelo autor (2019).

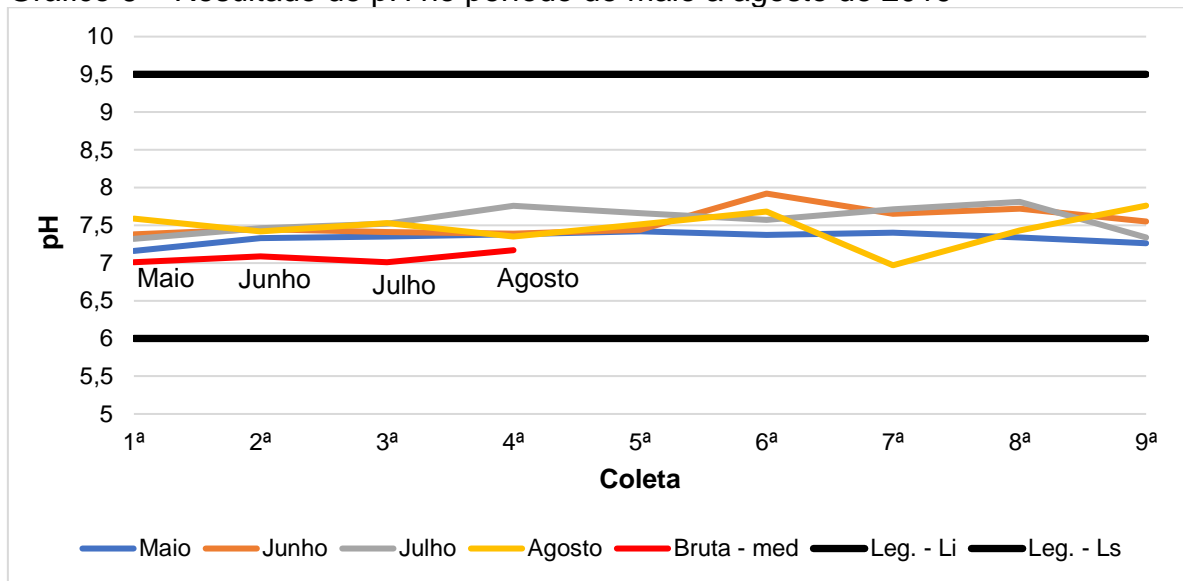
Analisando os resultados de turbidez na água bruta verificam-se valores variando de 3,89 NTU a 24,8 NTU. Este alto valor na água subterrânea não é comum na região e pode ser justificado pelo fato de que as ponteiros ficaram um longo período sem serem utilizadas, pois a estação estava passando por um período de reformas e ampliação.

Na água tratada verifica-se uma variação de turbidez de 0,10NTU a 2,14NTU bem abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente.

4.1.3 Resultados ETA V

Seguem resultados históricos levantados da ETA V (Gráficos 6 e 7).

Gráfico 6 – Resultado de pH no período de maio a agosto de 2019

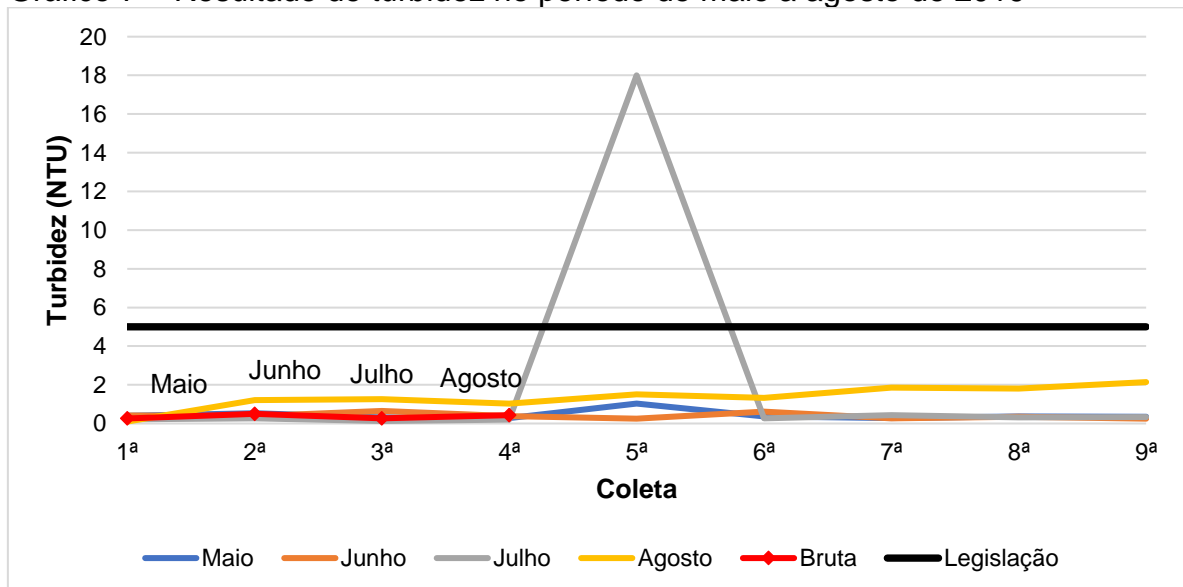


Fonte: Companhia de Saneamento, adaptado pelo autor (2019).

Verifica-se que o pH da água bruta variou em uma escala de 7,01 a 7,17, apresentando-se dentro da neutralidade. Importante salientar que o manancial utilizado como fonte de abastecimento na ETA V é de água subterrânea.

Na água tratada o pH oscilou entre valores de 7,0 a 7,92 estando dentro do padrão para consumo humano para este parâmetro.

Gráfico 7 – Resultado de turbidez no período de maio a agosto de 2019



Fonte: Companhia de Saneamento, adaptado pelo autor (2019).

Avaliando os resultados de turbidez na água bruta verifica-se que teve pouca variação, oscilando entre 0,26 a 0,50 NTU.

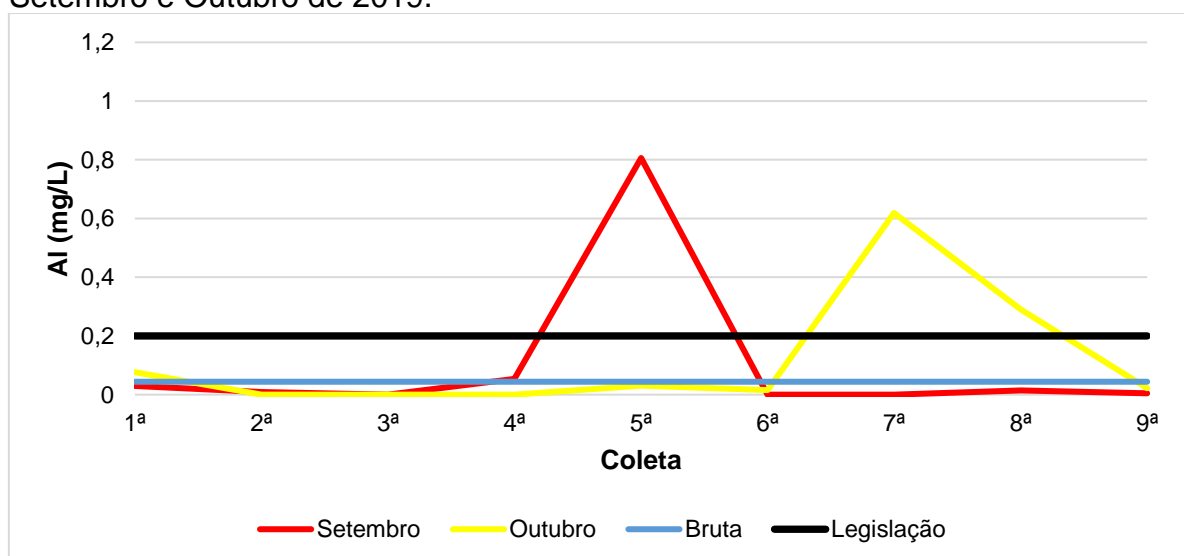
Na água tratada a turbidez teve algumas variações, oscilando de 0,10 até 1,03 NTU com um pico no mês de julho, chegando a 18 NTU. Esse valor foi dado pelo fato de que a rede de abastecimento público estava em manutenção e foi desligada, quando ligada novamente, arrastando sólidos, levando certo tempo para limpeza das tubulações.

4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA ETA II

Como relatado anteriormente, a qual ficou definida como área de estudo a ETA II em razão de apresentar valores mais altos registrados historicamente do teor de alumínio, enfoque principal do estudo, foram realizados os monitoramentos dos parâmetros pH, alumínio e turbidez nos meses de setembro e outubro/19 nesta unidade, tanto da água tratada como bruta.

Nos gráficos 8, 9 e 10 a seguir encontram-se os resultados obtidos dos parâmetros analisados.

Gráfico 8 – Resultado da concentração de alumínio na água tratada no período de Setembro e Outubro de 2019.



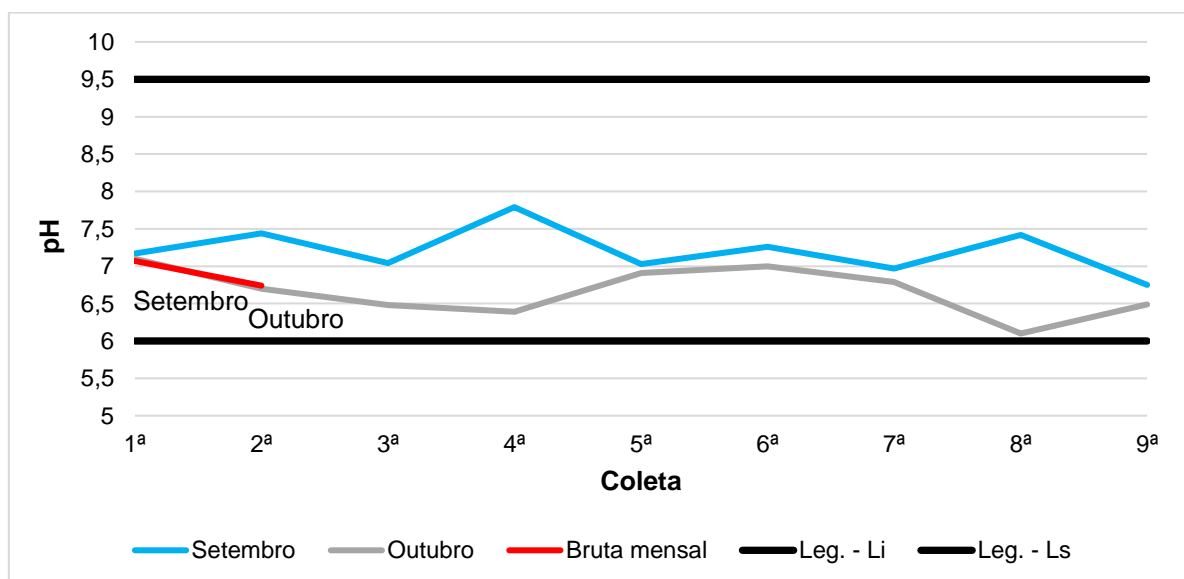
Fonte: Companhia de Saneamento, adaptado pelo autor (2019).

Conforme o gráfico 08, verificou-se uma variação significativa do teor de alumínio na água tratada nos dois meses, tendo seu pico no mês de setembro atingindo o valor de 0,806 mg/L. Segundo informação obtida, novamente este resultado é atribuído a falhas operacionais e também ao fato de ter sido um período em que as condições climáticas estariam alterando as características da lagoa devido as fortes chuvas nesse período, dificultando os ajustes de dosagem de sulfato de alumínio. Nas outras coletas os valores do alumínio mantiveram se bem abaixo do valor máximo permitido pela legislação vigente.

O alumínio no mês de outubro, justificado também por falhas operacionais, chegou a 0,619 mg/L, posteriormente diminuindo até 0,290 mg/L, valores esses acima do valor máximo permitido.

Em água bruta o resultado obtido de análise realizada no mês de setembro pelo autor, em razão de que a empresa de saneamento não monitora o teor de alumínio em água bruta na lagoa, foi de 0,044 mg/L, bem abaixo do obtido da água tratada, o que preocupa muito quanto a qualidade da água fornecida pela empresa de saneamento. Vale ressaltar que o resultado foi baixo devido à água bruta não passar pelo processo de coagulação e floculação, representando o aumento da concentração de alumínio durante o tratamento.

Gráfico 9 – Resultado de pH no período de Setembro e Outubro de 2019.



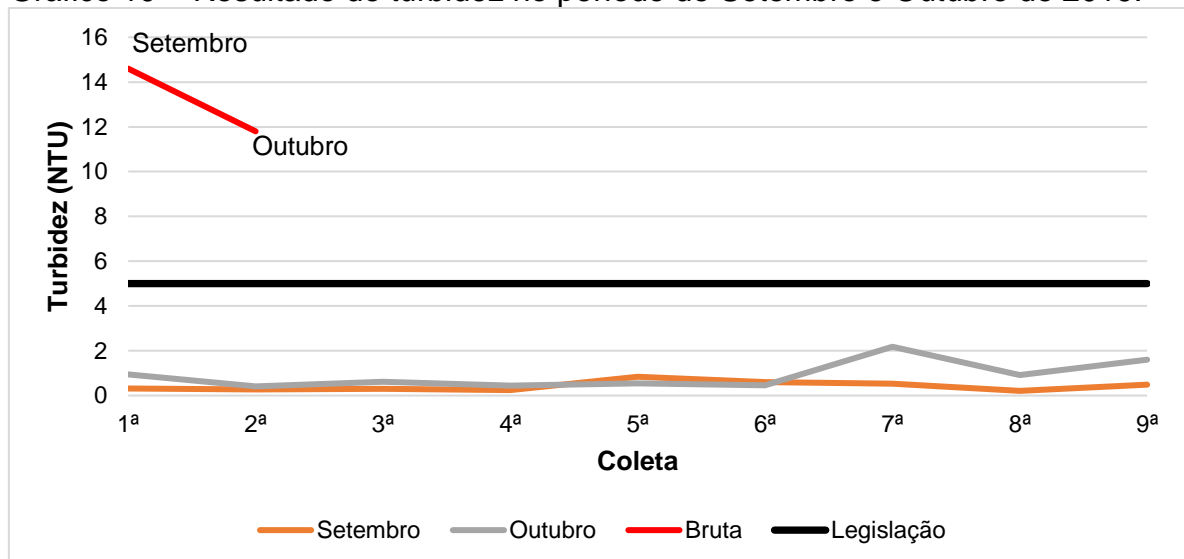
Fonte: Companhia de Saneamento, elaborado pelo autor (2019).

O pH no mês de setembro oscilou entre 6,75 e 7,79, valores esse dentro de um padrão muito bom para consumo humano.

No mês de outubro/19, embora mantendo-se dentro dos valores indicados pelo Anexo XX da Portaria consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, o pH chegou a 6,1, valor bem próximo do mínimo estabelecido pela legislação.

Em água bruta o pH apresentou os valores de 7,07 em setembro/19 o 6,74 em outubro/19. Pelo fato de se tratar de água bruta são valores muito bons, inclusive permitindo a diminuição, ou a não adição, de cal na entrada do sistema de tratamento da ETA II, com o objetivo de correção do pH.

Gráfico 10 – Resultado de turbidez no período de Setembro e Outubro de 2019.



Fonte: Companhia de Saneamento, elaborado pelo autor (2019).

Em água tratada a turbidez se manteve em ambos os meses dentro do valor máximo estabelecido pelo Anexo XX da Portaria consolidação nº 5 do Ministério da Saúde

Em água bruta a turbidez apresentou valores altos 14,6 NTU e 11,8 NTU respectivamente. Esses valores altos são características do manancial Lagoa da Serra, como já citado anteriormente.

4.3 RESULTADOS DAS ANÁLISES DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NAS RESIDÊNCIAS DE MORADORES DA COMUNIDADE

Nas tabelas 01, 02, 03 a seguir encontram-se os resultados obtidos dos parâmetros pH, alumínio e turbidez nos meses de setembro, outubro e novembro de 2019.

É importante relatar que a região do bairro da Lagoa da Serra que é a área de estudo principal, é uma área de zona rural, visto que os pontos estudados não são circundantes de áreas industriais, bem como não apresentam interferências de ações antrópicas, os resultados obtidos podem ser justificados pelas características históricas do solo da região, e por suas características hidrogeológicas.

Tabela 1 – Análise de água de ponteira moradores residentes do Bairro lagoa da Serra, setembro de 2019.

Data	Local	pH	Alumínio (0,2	Turbidez
Padrão		(6 - 9,5)	mg/l)	(5 NTU)
20/09/19	Garapeira	5,86	0,017	0,63
20/09/19	Res.1	4,84	0,750	0,20
20/09/19	Res.2	4,94	0,035	0,85
20/09/19	Res 3	4,68	0,420	0,76

Fonte: do autor (2019).

Tabela 2 – Análise de água de ponteira moradores residentes do Bairro lagoa da Serra, outubro de 2019.

Data	Local	pH	Alumínio (0,2	Turbidez
Padrão		(6 - 9,5)	mg/l)	(5 NTU)
20/10/19	Garapeira	5,40	0,033	0,65
20/10/19	Res.1	4,74	0,661	0,46
20/10/19	Res.2	4,84	0,127	0,25
20/10/19	Res 3	4,60	0,542	0,37

Fonte: do autor (2019).

Tabela 3 – Análise de água de ponteiros de moradores residentes do Bairro lagoa da Serra, novembro de 2019.

Data	Local	pH	Alumínio (0,2 mg/l)	Turbidez (5 NTU)
Padrão		(6-9,5)		
04/11/19	Garapeira	5,14	0,029	0,75
04/11/19	Res.1	4,55	0,245	0,33
04/11/19	Res.2	4,74	0,225	0,25
04/11/19	Res 3	4,82	0,427	0,41

Fonte: do autor (2019).

O pH da água de ponteira no estabelecimento comercial (garapeira), foi o que chegou mais próximo do padrão vigente para consumo humano, embora abaixo do que determina a legislação vigente, oscilando de 5,14 até 5,86.

Nas residências 01, 02, 03 é notável que o pH se manteve bem abaixo do padrão vigente, variando de 4,55 até 4,94 em todas as análises, podendo ser considerada uma água ácida para consumo. Valores de pH baixo são características de água subterrânea.

Como citado anteriormente por Krebs (2004), considera-se que na região da bacia hidrográfica do rio Araranguá a poluição hídrica está associada à percolação da água da chuva através dos rejeitos da mineração que podem alcançar os corpos hídricos superficiais e/ou subterrâneos.

O teor de alumínio da água de ponteira no estabelecimento comercial (garapeira) manteve-se abaixo do valor máximo permitido para consumo humano (0,2 mg/L) em todas as análises, tendo pequenas oscilações e garantindo, nesse parâmetro, segurança para consumo da água nesse local.

Na residência 01 (Ponto 01) verificou-se que nos dias 20/09/19 e 20/10/19 obteve-se valores acima do máximo permitido pela legislação vigente, correspondendo, respectivamente, a valores de 0,750 e 0,661 mg/L. Embora no dia 04/11/10 tenha apresentado o resultado 0,245 mg/L, bem abaixo dos resultados anteriores, a mesma se mantém imprópria para consumo humano.

Na residência 02 nota-se um comportamento crescente nos resultados do alumínio nos dias 20/09/19 e 20/10/19, atendendo a legislação para consumo, fato não verificado na análise realizada no dia 4/11/19, obtendo-se o valor de 0,225 mg/L, um pouco acima do valor máximo permitido.

Na residência 03 verificou-se que todos os resultados obtidos de teor de alumínio estão acima do determinado pela legislação vigente, entretanto foi o ponto que apresentou menor oscilação nos resultados, correspondendo aos valores de 0,420 mg/L, 0,542 mg/L e 0,427 mg/L, estando o consumo dessa água de ponteira impróprio.

Com elevadas precipitações pluviais, característica das condições climáticas tropicais e subtropicais, o alumínio se libera por meio de intemperismo da rocha, para o solo e água subterrânea na forma solúvel (TAVARES, 2016).

Como já citado por Rosalino (2011), o alumínio tem sido frequentemente associado à etiologia ou patogênese da doença de Alzheimer, não sendo, no entanto, ainda possível referi-lo isoladamente como elemento causal da doença, entretanto essa doença pode ser considerada multifatorial, ou seja, a ingestão do alumínio no organismo é dada tanto através da água como por outras formas. Trazendo a preocupação com os resultados obtidos.

A turbidez foi o parâmetro que teve menor oscilação, estando sempre dentro do padrão preconizado e legislação (5,0 NTU), mantendo-se sempre abaixo de 0,850 NTU.

5 CONCLUSÃO

5.1 QUANTO AO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS MORADORES DA REGIÃO DA ETA II:

As análises de água realizadas no Bairro Lagoa da Serra, Araranguá – SC, foram de grande importância ambiental e de saúde pública, em razão de que a maior parte destes moradores nunca haviam realizado análises de monitoramento da qualidade da água consumida, com exceção do estabelecimento comercial (ponto 01).

Conversando com os moradores ficou evidente pela opinião deles, que por ser fonte de água subterrânea, a água é potável, portanto, não necessita de nenhum tipo de tratamento, por entenderem não haver nenhum tipo de interferência antrópica. Embora os moradores aleguem ser a água é potável, conforme legislação vigente, para ser considerada potável a mesma deve passar pela etapa de desinfecção com cloro mantendo um residual de 0,2 – 2,0 mg/L de cloro.

Entretanto, avaliando os resultados das análises de alumínio na comunidade em alguns pontos (Ponto 02 e Ponto 04), demonstraram resultados preocupantes, assumindo valores até três vezes acima do máximo permitido pela legislação vigente. Segundo Tavares (2016), com as elevadas precipitações pluviais, característica das condições climáticas tropicais e subtropicais, permite que o alumínio seja liberado por meio de intemperismo da rocha, para o solo e água subterrânea na forma solúvel. Visto os riscos associado a saúde pública através do consumo em excesso do alumínio dissolvido na água, algumas medidas devem ser tomadas pelos moradores.

Quanto ao Ponto 01 o alumínio se manteve bem abaixo do valor máximo permitido por lei assim como no Ponto 03, onde o teor de alumínio teve um comportamento crescente, porém abaixo da legislação vigente, que é de 0,2 mg/L.

Referente ao parâmetro turbidez manteve-se dentro do valor máximo permitido pela legislação vigente, que é de 5,0 NTU. Quanto ao pH apresentou todos os resultados abaixo da determinação mínima pela legislação que é 6,0.

O valor baixo do pH da água subterrânea na região pode se dar, como relatado por Krebs (2004), pelo fato que na região da bacia hidrográfica do rio Araranguá a poluição hídrica está associada à percolação da água da chuva através

dos rejeitos da mineração que podem alcançar os corpos hídricos superficiais e/ou subterrâneos.

Importante relatar que além do estudo realizado visando à preocupação com a saúde pública da população que abrange o município de Araranguá – SC pode-se observar a falta de conhecimento da população em relação à qualidade da água além da falta de interação entre a Empresa de Saneamento e comunidade.

Alternativas para os cuidados com água de abastecimento foram introduzidas no diálogo com os moradores, entretanto vale ressaltar que foram somente sugestões e que a escolha fica a critério de cada morador. Outro ponto a destacar é a necessidade do estudo de viabilidade técnica e econômica de tratamento para remoção do alumínio na água, assim como o consumo da água fornecida pela empresa de saneamento.

5.2 QUANTO AO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA ETA II:

Nos resultados históricos das estações de tratamento de água monitoradas pela Empresa de Saneamento, observou-se algumas falhas operacionais no processo de tratamento que acabaram ocasionando alterações significativas nos resultados dos parâmetros analisados, a citar, acidentalmente com dosagens em excesso de sulfato de alumínio, a falta de controle de pH na estação em razão do medidor de pH estar em manutenção, fatos estes preocupantes e que não devem ocorrer jamais.

Na ETA II dos parâmetros levantados, apenas o alumínio se manteve acima do padrão para a água tratada, e mesmo tendo ocorrido o fato citado acima no mês de agosto/19 que se estendeu por algumas semanas, verificou-se que no mês de maio/19 também apresentou um resultado fora do padrão, sem justificativa do ocorrido. Estes fatos comprometem diretamente a qualidade da água consumida pela população da região e que ações efetivas devem ser implantadas, a citar, treinamento do pessoal, reavaliação do processo, entre outros, para que não ocorra novamente.

Vale ressaltar que a Empresa de Saneamento não monitora o teor de alumínio na água bruta da Lagoa da Serra. Entretanto para atender a legislação vigente a empresa deve analisar, entre outros parâmetros, o alumínio a cada seis meses. O que levou a preocupação maior foi o fato de nos meses de setembro e outubro/19 na ETA II voltar a apresentar valores de alumínio na água tratada bem

acima do máximo estabelecido pela legislação vigente, e com as mesmas justificativas, falha no processo, já que na água bruta o resultado encontrado foi bem abaixo de 0,2mg/L, não sendo ela a interferência no resultado. Quanto a turbidez na água bruta da Lagoa se manteve bem alta, características do manancial.

Nas ETAs IV e V, não são monitorados na água tratada o teor de alumínio, pois seus resultados na água bruta (mensal), são bem baixos. Essas estações tiveram maiores problemas relacionados a turbidez na água bruta devido as ponteiros ficarem desligadas por um tempo, no caso da ETA IV em razão de estar passando por algumas reformas e ampliações e que, quando ligadas novamente, acabou carregando sólidos em suspensão, entretanto após o tratamento apresentaram resultados de turbidez dentro do padrão.

5.3 RECOMENDAÇÕES

De acordo com as observações realizadas durante o estudo algumas recomendações para melhorias são indicadas a seguir:

- a) Treinamentos relacionados à parte operacional da ETA com os operadores;
- b) Maior controle na dosagem de sulfato de alumínio;
- c) Otimização do processo de coagulação com melhor ajuste do pH ótimo;
- d) Otimização no processo de floculação com formação de flocos maiores e mais densos;
- e) Otimizar decantação com limpeza adequada;
- f) Otimização dos filtros com retrolavagem e leitos filtrantes em boa qualidade;
- g) Valorização profissional dos operadores de ETA;
- h) Realização de palestras de conscientização do uso e tratamento da água com funcionários e moradores de comunidades vizinhas;
- i) Aquisição de equipamentos reserva para uso na ETA em substituição ao que está em manutenção, exemplo: pHmetro, turbidímetro, espectrofotômetro, entre outros;

- j) Rever cronograma de monitoramento da qualidade da água bruta e tratada nas ETAs;
- k) Realizar análise semestral de alumínio na água bruta da ETA II, atendendo a legislação vigente;
- l) Reavaliação da metodologia aplicada na análise de alumínio.

5.4 SUGESTÃO DE CONTINUIDADE

- a) Continuidade do monitoramento, principalmente do parâmetro alumínio, a fim de que se possa avaliar efetivamente as variações ocorridas e a confirmação dos resultados obtidos para que venham ser propostos planos de ações mais efetivos;
- b) Incluir os parâmetros de Fe, Mn, Zn e sulfatos para averiguar possibilidade de contaminação da água subterrânea;
- c) Realização de procedimentos de análises mais precisos na determinação do alumínio, a citar, absorção atômica, assim como a realização de análises que contemplem mais parâmetros determinados pelo Anexo XX da Portaria da Consolidação número 5 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017);
- d) Testes com outros coagulantes, a citar, o policloreto de alumínio (PAC), que além de reduzir a quantidade de cal, aumenta a eficiência na formação dos flocos, e libera menor quantidade de alumínio residual, se comparado ao sulfato de alumínio;

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Nadja Zim. **Análise integrada da qualidade das águas da bacia do rio Araranguá-SC**: 2000. 296 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geografia, Departamento de Geociências, UFSC, Florianópolis, 2000. Disponível em: <file:///C:/Users/Rodrigo%20Neotti/Downloads/182578%20(2).pdf>. Acesso em: 16 set. 2019.

ATKINS, P.; DE PAULA, J. **Físico-Química. Volume 3**. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 7 ed. 279p. 2004.

BASTOS, M.G.A. **Polímeros termo resistentes modificados com inserção de grupos iônicos para o preparo de membranas seletivas de íons**. Tese de Doutorado Pós-Graduação de Ciências em Engenharia Química- Universidade Federal do Rio de Janeiro. 182 p. 2005.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução À Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

BRASIL. ANA. (Ed.). **água subterrânea: Água subterrânea**. 2019. Elaborado por agência nacional de água. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>>. Acesso em: 01 set. 2019.

_____. **“Águas Subterrâneas um recurso a ser conhecido e protegido”**. Brasília: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 38 p. 2007. Disponível em <www.evolvedoc.com.br>. Acesso em: setembro de 2019.

_____. Ministério da Saúde. Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde. [constituição (2017)]. **do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Brasil:[s.n.],2017. Disponível em <https://cevsadmin.rs.gov.br/upload/arquivos/201804/26143402-anexo-xx.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2019.

CALIJURI, Maria do Carmo (Coord.); CUNHA, Davi Gasparini Fernandes. **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier,2013. xxxiii, 789 p. ISBN 9788535259544 (broch.)

CETESB. (Ed.). **Água subterrânea: Poluição das águas subterrâneas**. 2019. Elaborado por CETESB. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/informacoes-basicas/poluicao-das-aguas-subterraneas/>>. Acesso em: 01 set. 2019.

CORAL, Lucila; BERGAMASCO, Rosangela. **Estudo da Viabilidade de Utilização do Polímero Natural (TANFLOC) em Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Águas para Consumo**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Ufsc, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/>>. Acesso em: 12 set. 2019.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos, 2ª Ed. v. 1 e 2. 1993. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/100470/309797.pdf>>. Acesso em agosto de 2019.

FERREIRA, Priscila Costa et al. **Alumínio como Fator de Risco para a Doença de Alumínio**. Revista Latino, São Paulo, p.2-7, 22 ago. 2007. Mensal. Elaborado por Priscila Costa. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rlae/v16n1/pt_22.pdf>. Acesso em: 01 set. 2019.

FIGUEIREDO, G.J.A. UFPB. **Avaliação da presença de alumínio na água no sistema de abastecimento público**. 2004. Disponível em <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/4536/1/arquivototal.pdf>> Acesso em agosto de 2019.

FOLZKE, Cristiane Tarouco. **Estudo da remoção de alumínio de água para abastecimento utilizando quitosana**: Estudo da remoção de alumínio de água para abastecimento utilizando quitosana. 2013. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Ufsc, Florianópolis, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/107126>>. Acesso em: 01 set. 2019.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Disponível em: . Acesso em: agosto de 2019. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007 Disponível. Acesso em: agosto de 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007 Disponível. Acesso em: agosto de 2019.

HEALTH CANADA. **Aluminum. de Health Canada**. 1998. Disponível em <http://www.hcsc.gc.ca/ewhsemt/alt_formats/hecsesc/pdf/pubs/watereau/aluminum/aluminum-eng.pdf>. Acesso em: agosto 2019.

KREBS, Antonio Silvio Jornada. **Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do Rio Araranguá, SC**: Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do Rio Araranguá, SC. 2004. 375 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Centro de Filosofia e Defesas Humanas da UFSC, Florianópolis, 2004. Disponível

em:<<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87645>>. Acesso em: 01 set. 2019.

LEGNER, Carla. **Tratamento de águas subterrâneas**: Tratamento de águas subterrâneas. Revista Tae, São Paulo, p.01-06, 07 ago. 2013. Mensal. Elaborado por revista TAE. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/6378-noticias>>. Acesso em: 01 set. 2019.

LEME, Edson José de Arruda. **Manual Prático De Tratamento De Águas Residuárias**. 25 ed. São Carlos, SP: EDUFSCAR, 2014. 300 p.

LOBO-RECIO, M. A.; MERCÊ, A. L. R.; NAGEL-HASSEMER, M.E.; LAPOLLI, F. R. **Aluminium in Waters.Sources,Speciation and Removal Techniques**. Canada, 2010.Disponível em:<http://www.hcsc.gc.ca/ewhsemt/alt_formats/hecssesc/pdf/pubs/watereau/aluminum/aluminum-eng.pdf>.Acesso em: agosto 2019.

MACEDO, Jorge Antônio Barros. **Águas e Águas**. Ed: 01. São Paulo: Livraria Varela, 2004.

MANOEL FILHO, J. **Água subterrânea**: histórico e importância. FEITOSA, F. A. C. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997. p. 3-10. Disponível em:<<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87645>> aceso em setembro de 2019.

METCALF & EDDY. **WastewaterEngineering – Treatmentand Reuse**. 1819 p. FourthEdition, New York, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/107126>>. Acesso em setembro de 2019.

MIERZWA, J.C., **O uso racional e o reuso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria estudo de caso da Kodak Brasileira (Volume 1 e 2)**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 399p. 2002.

OLIVEIRA, Letícia Raquel de; ALMEIDA, Juliano Silva. III: **Remoção de alumínio em sistema contínuo por coluna de leito fixo de carvão ativado – EFEITO DA GRANULOMETRIA**. 2013. 4 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Ufu, Uberlândia, 2013. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org>>. Acesso em: 13 set. 2019.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Guidelines for ddrinkinswaterquality**. vol. 2, Genebra, Suíça, 1996. Acesso em: agosto de 2019.

QUEIROZ, Sérgio Carlos Bernardo. et al. **Remoção De Alumínio Em Águas Para Abastecimento Público Por Meio De Precipitação Química Com Hidróxido De Cálcio**. 2016. Disponível em:

<<http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/50062>>. Acesso em: agosto 2019.

ROSALINO, Melanie Roselyne Rodrigues. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. Lisboa, Portugal. 2011. Disponível

em:<https://run.unl.pt/bitstream/10362/6323/1/Rosalino_2011.pdf>Rosalino_2011.pdf >. Acesso em: agosto de 2019.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. 2017. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 16 set. 2019.

TAVARES, Rosangela Gomes. **Atenuação do alumínio do resíduo de estações de tratamento de água por vermicompostagem e adsorção**: 2016. 207 f. Tese

(Doutorado) - Curso de Doutorado em Geotecnia Ambiental, Centro de Tecnologia e Geociências, Ufpe, Pernambuco, 2016. Disponível em:<repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/22325/4/TESE%20Rosangela%20Gomes%20Tavares.pdf>. Acesso em: 20 set. 2019.

THIOLLENT, M. (2009). **Metodologia de Pesquisa-ação**. São Paulo: Saraiva. Disponível. Acesso em: agosto de 2019.

TRATA BRASIL. **Água**. Brasil. Disponível

em:<<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>>. Acesso setembro de 2019 .

VARGAS, Marcelo Coutinho. **O Negócio Da Água: Riscos E Oportunidades Das Concessões De Saneamento À Iniciativa Privada: Estudos De Caso No Sudeste Brasileiro**. São Paulo: Annablume, 2005. 269 p.

VESILIND, P. Aarne; MORGAN, Susan M. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 438 p. ISBN 9788522107186 (broch.).

WHO. (2003) **Aluminium in Drinking Water**, de World Health Organization:

disponível<http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/wsh0304_53/en/index.html> Acesso em agosto de 2019.

ANEXOS

ANEXO A – RESULTADO DAS ANÁLISES DE ÁGUA BRUTA E TRATADA

Tabela 4 – Análise de água tratada Estação II Lagoa da Serra Maio de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
02/05/2019	6,78	0,05	0,82
06/05/2019	7,01	0	0,60
08/05/2019	6,78	0	1,18
13/05/2019	8,50	0,024	1,6
15/05/2019	6,98	0,008	1,07
20/05/2019	7,10	0,102	0,94
22/05/2019	7,38	0,004	1,15
27/05/2019	7,28	0,385/0,17	2,16
29/05/2019	8,05	0,455	2,27

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Nota: Foi realizado uma análise no início do dia 27/05/19 e o valor do alumínio foi de 0,385 mg/l, posteriormente no final do dia foi feita outra coleta e perante a análise, esse valor reduziu-se a 0,17mg/l.

Tabela 5 – Análise de água tratada estação Lagoa da Serra Junho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
03/06/2019	6,46	0,068	1,43
05/06/2019	7,31	0,229	1,71
10/06/2019	7,87	0,11	1,28
12/06/2019	7,29	0,145	1,10
17/06/2019	7,92	0,849	2,66
19/06/2019	7,01	0,22	1,29
24/06/2019	7,21	0,331	1,55
25/06/2019	7,26	0	1,64
27/06/2019	8,65	0,082	1,2

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 6 – Análise de água tratada estação Lagoa da Serra Julho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
03/07/2019	6,67	0,127	1,80
04/07/2019	6,36	0,242	1,50
08/07/2019	7,15	0,07	1,32
10/07/2019	7,00	0,1	0,23
16/07/2019	7,04	0,337	1,18
18/07/2019	7,05	0,279	1,35
22/07/2019	8,23	0,086	0,94
29/07/2019	7,54	0,322	1,81
31/07/2019	6,11	0,155	1,07

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 7 – Análise de água tratada estação Lagoa da Serra Agosto de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
05/08/2019	7,22	0,073	0,10
08/08/2019	7,00	0,176	0,18
12/08/2019	9,33	0,08	1,05
14/08/2019	7,36	0,132	1,34
19/08/2019	9,12	0,204	0,90
21/08/2019	7,20	0,018	0,41
26/08/2019	8,36	0,027	0,57
27/08/2019	8,92	0,20	0,90
28/08/2019	8,19	0,093	0,55

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 8 – Análise de água tratada estação II Setembro de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
05/08/19	7,17	0,03	0,32
08/08/19	7,44	0,009	0,27
12/8/19	7,04	0,00	0,30
14/08/19	7,79	0,054	0,25
19/08/19	7,03	0,806	0,84
21/08/19	7,26	0	0,60
26/08/19	6,97	0	0,53
27/08/19	7,42	0,014	0,21
28/08/19	6,75	0,005	0,48

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 9 – Análise de água tratada estação II outubro de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
02/09/19	7,1	0,077	0,95
04/09/19	6,7	0	0,41
09/09/19	6,48	0,00	0,61
11/09/19	6,39	0	0,44
16/09/19	6,91	0,031	0,55
19/09/19	7	0,016	0,46
23/09/19	6,79	0,619	2,18
24/09/19	6,1	0,29	0,92
28/08/19	6,49	0,022	1,6

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 10 – Análise de água Bruta estação Lagoa da Serra Maio de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
29/05/2019	5,9	-	7,47

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 11 – Análise de água Bruta estação Lagoa da Serra Junho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
27/06/2019	7,24	-	6,37

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 12 – Análise de água Bruta estação Lagoa da Serra Julho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
31/07/2019	6,0	-	10,8

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 13 – Análise de água Bruta estação Lagoa da Serra Agosto de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
27/08/2019	7,24	-	8,49

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 14 – Análise de água Bruta estação Lagoa da Serra Setembro de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
30/09/2019	7,07	-	14,6

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 15 – Análise de água tratada estação IV Maio de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
02/05/19	7,31	-	0,85
06/05/19	7,29	-	1,27
08/5/19	7,34	-	0,94
13/05/19	7,42	-	1,46
15/05/19	7,42	-	1,03
20/05/19	7,27	-	0,86
22/05/19	7,37	-	0,89
27/05/19	7,28	-	1,37
29/05/19	7,37	-	1,17

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 16 – Análise de água tratada estação IV Junho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
03/06/19	7,29	-	1,42
05/06/19	7,39	-	1,49
10/06/19	7,25	-	1,18
12/06/19	7,41	-	1,42
17/06/19	7,21	-	1,20
18/06/19	7,55	-	1,21
19/06/19	7,55	-	0,90
24/06/19	7,58	-	1,56
25/06/19	7,50	-	1,18

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 17 – Análise de água tratada estação IV Julho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
03/07/19	6,88	-	0,97
04/07/19	7,44	-	0,87
08/7/19	7,16	-	1,17
10/07/19	7,42	-	1,07
16/07/19	7,54	-	0,69
18/07/19	7,65	-	0,93
22/07/19	7,42	-	1,17
29/07/19*	7,78	-	1,06
31/07/19	7,29	-	1,18

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 18 – Análise de água tratada estação IV Agosto de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
05/08/19	7,4	-	0,10
08/08/19	7,09	-	1,21
12/8/19	7,64	-	1,26
14/08/19	7,62	-	1,03
19/08/19	7,65	-	1,51
21/08/19	7,61	-	1,33
26/08/19	7,39	-	1,86
27/08/19	7,59	-	1,8
28/08/19	7,51	-	2,14

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 19 – Análise de água Bruta estação IV Maio de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
29/05/2019	6,26	0,015	6,91

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Análise de água Bruta estação IV Junho de 2019. Não foi coletada água bruta da ETA IV.

Tabela 20 – Análise de água Bruta estação IV Julho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
31/07/2019	6,08	0,031	3,89

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 21 – Análise de água Bruta estação IV Agosto de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
27/08/2019	6,30	0,012	24,8

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 22 – Análise de água Bruta estação IV Setembro de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
30/09/2019	6,36	0,010	0,39

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 23 – Análise de água tratada estação V Maio de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
02/05/19	7,16	-	0,40
06/05/19	7,33	-	0,53
08/5/19	7,35	-	0,31
13/05/19	7,38	-	0,28
15/05/19	7,42	-	1,03
20/05/19	7,37	-	0,36
22/05/19	7,4	-	0,28
27/05/19	7,34	-	0,37
29/05/19	7,26	-	0,35

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 24 – Análise de água tratada estação V Junho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
06/06/19	7,38	-	0,41
10/06/19	7,45	-	0,38
11/06/19	7,41	-	0,65
12/06/19	7,39	-	0,38
17/06/19	7,44	-	0,25
18/06/19	7,92	-	0,61
24/06/19	7,65	-	0,26
25/06/19	7,72	-	0,35
27/06/19	7,55	-	0,25

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 25 – Análise de água tratada estação V Julho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
03/07/19	7,32	-	0,21
04/07/19	7,46	-	0,26
08/07/19	7,52	-	0,13
10/07/19	7,76	-	0,2
16/07/19	7,66	-	18
18/07/19	7,57	-	0,27
22/07/19	7,71	-	0,44

29/07/19	7,81	-	0,31
31/07	7,34	-	0,34

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 26 – Análise de água tratada estação V Agosto de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
05/08/19	7,4	-	0,10
08/08/19	7,09	-	1,21
12/8/19	7,64	-	1,26
14/08/19	7,62	-	1,03
19/08/19	7,65	-	1,51
21/08/19	7,61	-	1,33
26/08/19	7,39	-	1,86
27/08/19	7,59	-	1,8
28/08/19	7,51	-	2,14

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 27 – Análise de água tratada estação V Setembro de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
02/09/19	7,42	-	1,17
04/09/19	7,61	-	2,13
09/09/19	7,69	-	0,93
11/09/19	7,58	-	0,98
16/09/19	7,37	-	1,32
19/09/19	7,73	-	1,04
23/09/19	7,48	-	0,47
24/09/19	7,35	-	1,41
28/08/19	7,51	-	2,14

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 28 – Análise de água Bruta estação V Maio de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
29/05/19	7,01	0,08	0,26

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 29 – Análise de água Bruta estação V Junho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
27/06/19	7,09	0,00	0,50

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 30 – Análise de água Bruta estação V Julho de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
31/07/19	7,01	0,00	0,27

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 31 – Análise de água Bruta estação V Agosto de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
27/08/19	7,17	0,00	0,43

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).

Tabela 32 – Análise de água Bruta estação V Setembro de 2019.

Data	pH	Alumínio	Turbidez
30/09/19	7,25	0,00	0,35

Fonte: Companhia de Saneamento (2019).