



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS**

CAMILA DE SOUSA FERREIRA

**Estudo de Caso de uma ETA complementar para Abastecimento de um
Município de 50.000 habitantes**

**Ouro Branco
2022**

CAMILA DE SOUSA FERREIRA

**Estudo de Caso de uma ETA complementar para Abastecimento de um
Município de 50.000 habitantes**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Bioprocessos da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos.

Orientadora: Prof(a) Dr(a) Isabel Cristina Braga Rodrigues.

Ouro Branco
2022

CAMILA DE SOUSA FERREIRA

**Estudo de Caso de uma ETA complementar para Abastecimento de um
Município de 50.000 habitantes**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Bioprocessos da Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Alto Paraopeba, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos.

Orientadora: Profa. Dra. Isabel Cristina Braga Rodrigues.

Ouro Branco, 20 de julho de 2022

Banca examinadora:

Profa. Dra. Ana Cláudia Bernardes Silva – DQBIO/UFSJ

Profa. Dra. Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo – DQBIO/UFSJ

Orientado  Rodrigues

“Pense como uma rainha. Uma rainha não tem medo de falhar. O fracasso é mais um degrau para a grandeza”.

- Oprah Winfrey

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida,
Com muito amor, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me prometeu que “Aquele que iniciou a boa obra há de completá-la”, Ele operou milagres todos os dias até a chegada deste momento.

Aos da minha família que me apoiaram.

Às minhas colegas de graduação Nayara e Janielle.

À Bárbara por ter me ajudado com as traduções para o inglês.

À empresa de saneamento pela autorização concedida para que eu pudesse utilizar os dados da nova ETA para realizar este trabalho.

À UFSJ por ter contribuído tanto com a minha formação pessoal e profissional.

À professora Isabel por ter reacendido o brilho nos meus olhos ao assistir às suas aulas, pelo apoio para me formar, por ter acreditado neste projeto, por ter me orientado neste trabalho mesmo com todas as limitações do contato remoto.

Aos funcionários do CAP e em especial a Joselene pelo abraço curador que jamais irei esquecer, ao Miguel pelo “Bom dia Camila” em todos os dias de aula, a Lidiane pelas conversas nos laboratórios do campus.

Aos membros da banca por terem se disponibilizado a compartilhar a sua experiência para avaliação e enriquecimento deste trabalho.

E por fim, a todos aqueles que de alguma forma torcem e torceram pelo meu bem.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ETA - Estação de Tratamento de Água

PAC - Policloreto de alumínio

MS – Ministério da Saúde

VMP - Valores Máximos Permitidos

NBR – Norma Brasileira

NTU – Unidades Nefelométricas de Turbidez

uH – Unidade Hazen (Miligramas de Platina por Litro)

pH – Potencial Hidrogeniônico

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

NMP – Número Mais Provável

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SNIS – Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1 - Desenho de uma calha Parshall	43
Figura 5.2 - Esquema de um floculador do tipo bandeja	44
Figura 5.3 - Decantador lamelar de formato tubular e saída em pirâmide invertida.....	47
Figura 5.4 - Decantador lamelar de fundo em pirâmide invertida	48
Figura 5.5 - Esquema de filtro de dupla camada	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Tratamento mínimo indicado de acordo com o tipo de água natural disponível....	21
Tabela 3.2 - Classificação de águas naturais disponíveis para abastecimento	22
Tabela 3.3 - Coagulantes para tratamento de águas e pH de atuação	23
Tabela 3.4 - Derivados de cloro mais utilizados na desinfecção de águas	25
Tabela 3.5 - Concentração de íon fluoreto de acordo com a média das temperaturas máximas diárias	26
Tabela 5.1 - Captação máxima diária de água bruta nos meses de março, junho, setembro e dezembro do ano de 2021	29
Tabela 5.2 - Quantidade de água para abastecimento conforme os habitantes	30
Tabela 5.3 - Comparação das análises dos mananciais abastecedores da nova ETA e ETA atual	32
Tabela 5.4 - Parâmetros para a captação de água bruta	37
Tabela 5.5 - Comparação do custo total da tubulação de ferro fundido do projeto de acordo com o diâmetro	40
Tabela 5.6 - Dimensionamento da calha Parshall	42
Tabela 5.7 - Consumo mensal de coagulantes ETA atual no ano de 2021, (L)	46
Tabela 5.8 - Dosagens recomendadas de sulfato de alumínio e PAC para turbidez < 5,0	47
Tabela 5.9 - Valores de consumo médio, mínimo e máximo de cloro	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
OBJETIVO GERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1 ACESSO AOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO	17
3.2 SANEAMENTO E SAÚDE	18
3.3 TRATAMENTO DE ÁGUA, LEGISLAÇÕES E NORMAS	18
3.3.1 Qualidade da água para consumo humano	18
3.4 AS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA).....	21
3.5 OPERAÇÕES E PROCESSOS DE TRATAMENTOS DE ÁGUA.....	22
3.6 INOVAÇÕES NAS OPERAÇÕES E PROCESSOS DE TRATAMENTOS DE ÁGUA.....	26
4 METODOLOGIA.....	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 ANÁLISE DA CAPACIDADE DE ABASTECIMENTO DA ETA ATUAL.....	29
5.2 ALTERNATIVAS DE TRATAMENTO APLICÁVEIS DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DO MANANCIAL	31
5.3 ANÁLISE DO PROJETO DE CAPTAÇÃO.....	34
5.3.1 Grades e telas.....	34
5.3.2 Desarenador	37
5.4 ADUÇÃO	38
5.4.1 Poço de sucção	41
5.5 ANÁLISE DO PROJETO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS.....	42
5.5.1 Mistura rápida.....	42
5.5.2 Coagulação/floculação	44
5.5.3 Decantação.....	47
5.5.4 Filtração	49
5.5.5 Desinfecção	51
5.5.6 Fluoretação	53
5.6 ANÁLISE DO PROJETO PARA RESERVAÇÃO	54
5.7 ANÁLISE DO PROJETO PARA DISTRIBUIÇÃO	54
6 CONCLUSÃO.....	55
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXO A.....	61

RESUMO

O saneamento básico é um direito instituído pela constituição nos seus artigos 21, 23 e 200, além de ser definido pela Lei nº. 11.445/2007 é composto pelos conjuntos de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Por se tratar de um item de saúde pública, os processos de captação, tratamento e distribuição de água no Brasil costumam ser realizados por instituições públicas estaduais ou municipais, mas em alguns municípios são realizadas pela iniciativa privada. Cerca de 88% dos serviços são prestados por instituições públicas, autarquias ou empresas públicas. O objetivo deste trabalho foi estudar o caso de um município do interior de Minas Gerais que contava com uma população estimada de 52.996 habitantes no ano de 2021 e possui atualmente capacidade projetada para tratamento de no máximo 200 L.s^{-1} de água bruta o que seria a capacidade máxima de fornecimento para a população no referido ano. Levando em consideração as previsões de crescimento populacional da cidade, se fizeram necessários estudos para a ampliação do sistema de abastecimento existente. Dessa forma, propõe-se neste trabalho estudar como esse problema pode ser solucionado a partir da implementação de uma ETA complementar fazendo uma análise crítica dos dados levantados frente às legislações vigentes e à literatura sobre o tema. Levando em consideração as características do manancial é suficiente utilizar as etapas de tratamento de mistura rápida, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Por se tratar de mananciais do tipo C, as duas ETA possuem operações unitárias de tratamento iguais com diferença nas dosagens de produtos químicos para floculação/coagulação uma vez que esse processo depende da turbidez da água bruta que varia de acordo com o clima e estações do ano. E diferentes dosagens hipoclorito de sódio e ácido fluossilícico que são dosados de acordo com a vazão de água bruta da estação.

Palavras chave: Saneamento, abastecimento, tratamento de água.

ABSTRACT

Basic sanitation is a right established by the Constitution in its articles 21, 23 and 200, in addition to being defined by Law no. 11,445/2007 comprises the sets of public services, infrastructure and operational installations for the supply of drinking water, sanitary sewage, urban cleaning and solid waste management, drainage and urban rainwater management. As it is a public health item, the processes of capturing, treating and distributing water in Brazil are usually carried out by state or municipal public institutions, but in some municipalities they are carried out by the private sector. About 88% of services are provided by public institutions, municipalities or public companies. The objective of this work was to study the case of a municipality in the interior of Minas Gerais that had an estimated population of 52,996 inhabitants in the year 2021 and currently has a projected capacity to treat a maximum of 200 L.s⁻¹ of raw water, which would be the maximum supply capacity for the population in that year. Taking into account the city's population growth forecasts, studies were necessary to expand the existing supply system. In this way, it is proposed in this work to study how this problem was solved from the implementation of a complementary water treatment plant (WTP), making a critical analysis of the data collected against the current legislation and the literature on the subject. Taking into account the characteristics of the water source it is sufficient to use the treatment steps of rapid mixing, flocculation, decantation, filtration, disinfection and fluoridation. As they are type C springs, the two WTPs have the same treatment unit operations with differences in the dosages of chemical products for flocculation/coagulation, since this process depends on the turbidity of the raw water, which varies according to the climate and seasons of the year. And also different dosages of sodium hypochlorite and fluosilicic acid that are dosed according to the raw water flow of the station.

Keyword: Sanitation, supply system, water treatment.

1 INTRODUÇÃO

Em 2010 a Assembleia Geral das Nações Unidas reconheceu por meio da resolução A/RES/64/292 a água potável e o saneamento como “direito humano essencial para o pleno gozo da vida e de todos os outros direitos humanos, e ainda proclamou o dia 22 de março como o Dia Mundial da Água” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018, p. 10; ONU, 2011, p.1).

Inicialmente as estações de tratamento de águas (ETA) foram criadas com o objetivo de fornecer água para o consumo humano, sendo esta com qualidade superior à da água bruta coletada dos mananciais. Posteriormente, também se adicionou a necessidade de incorporar a desinfecção ao tratamento de água para abastecimento humano. Em 1908 um experimento em Chicago e Jersey City nos Estados Unidos concluiu que a aplicação de cloro no tratamento de água era efetiva para ação desinfetante, então qualquer que fosse o tratamento teria que contar com a adição deste produto. A partir disso foi estruturado o que hoje é conhecido como tratamento de águas convencional composto pelas etapas de captação; coagulação; floculação; sedimentação; filtração rápida; desinfecção; reservação e distribuição (FILHO, 2017, p. 5).

Em vista do exposto, pode-se definir o tratamento de água como o conjunto de medidas que serão aplicadas à água para que esta se enquadre nos padrões de qualidade estabelecidos por lei, sendo assim classificada como água potável (SOUZA, 2007, p. 13). A água a ser tratada pode ser de origem superficial ou subterrânea, e avaliando suas características determina-se o melhor conjunto de operações de tratamento. O principal objetivo de uma estação de tratamento de águas (ETA) é a elevação do padrão de qualidade da água bruta de forma que esta atenda aos parâmetros de qualidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Para ser considerada potável a água após tratada precisa estar dentro dos padrões microbiológicos e físico-químicos estabelecidos pela portaria de consolidação do Ministério da Saúde nº 888/2021 (SOUZA, 2007, p. 25; BRASIL, 2021).

Por se tratar de um item de saúde pública, os processos de captação, tratamento e distribuição de água no Brasil costumam ser realizados por instituições públicas estaduais ou municipais, mas em alguns municípios são realizadas pela iniciativa privada. Cerca de 88% dos serviços são prestados por instituições públicas, autarquias ou empresas públicas. (IBGE, 2020).

O objetivo deste trabalho foi estudar o caso de um município do interior de Minas Gerais que contava com uma população estimada de 52.996 habitantes no ano de 2021 e possui atualmente capacidade projetada para tratamento de no máximo 200 L s^{-1} de água bruta o que seria a capacidade máxima de fornecimento para a população no referido ano. Levando em consideração as previsões de crescimento populacional da cidade, se fizeram necessários estudos para a ampliação do sistema de abastecimento existente. Dessa forma, propõe-se neste trabalho estudar como esse problema pode ser solucionado a partir da futura implementação de uma ETA complementar fazendo uma análise crítica dos dados levantados frente às legislações vigentes e à literatura sobre o tema.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Estudar o caso de uma futura estação de tratamento de águas complementar à estação já existente em um município para prevenir problemas de abastecimento.

Objetivos Específicos

- Avaliar o sistema de tratamento de água existente, apontando a razão do problema no abastecimento
- Apontar a composição com maior possibilidade de sucesso para a implantação de uma futura nova estação de tratamento de águas no município em relação às características do novo manancial
- Avaliar a adequação dos parâmetros de projeto da nova ETA em relação à literatura e normas pertinentes
- Propor as dosagens de produtos para o tratamento de águas levando em consideração as características da nova captação

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Acesso aos serviços de saneamento

Com a criação do primeiro Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) em 1969 os serviços de saneamento sofreram uma expansão significativa, em especial o abastecimento de água. Desta maneira o governo federal passou a enviar os recursos do Sistema Financeiro de Saneamento para os estados que através das companhias estaduais passaram a executar serviços de saneamento municipais. Esses serviços eram executados por meio das concessões que duravam até 30 anos. Porém, a partir de 1983 devido à crise econômica e a restrição fiscal os investimentos no setor caíram muito e foram se exaurindo até a extinção do PLANASA em 1989 (SALLES, 2008, p. 7; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2012, p. 16). A partir da Constituição em 1988 os serviços de saneamento foram incluídos nas ações de políticas sociais (BRASIL, 1988). Atualmente as diretrizes utilizadas pelo serviço público vêm do Plano Nacional de Saneamento Básico aprovado pelo Decreto nº 8.141 de 20 de novembro de 2013 e pela Portaria Interministerial nº 571 de 05 de dezembro de 2013 (BRASIL, 2013a, p. 1; BRASIL, 2013b).

Segundo Vasco (2022) no Brasil, em torno de 35 milhões de pessoas não têm acesso à água tratada, e quando se trata da coleta de esgoto este número cresce para quase 100 milhões. Com a implementação do novo marco legal do saneamento, a partir da Lei 14.026/2020 os investimentos no setor chegaram a R\$13,7 bilhões, mas é sabido que esse valor se mostra bem inferior à necessidade (BRASIL, 2020). Segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS (2020) aproximadamente 91,3% da população da região sudeste conta com atendimento total de água e os prestadores de serviços são 54,28% de administração pública direta, seguido pelas autarquias que compõem 34,27%. Em Minas Gerais 94% da população urbana tem acesso a água potável, contudo quando se avalia o índice de atendimento total de abastecimento de água conclui-se há regiões com índices abaixo de 50% ou sem informação, sendo elas Norte, Vale do Jequitinhonha e Mucuri e parte da região do Rio Doce (MINAS GERAIS, 2021).

3.2 Saneamento e saúde

O uso apropriado dos serviços de saneamento reduz ou elimina os riscos à saúde pública, por exemplo o uso da água potável é interpretado como uma forma de fornecer alimento seguro para a população (FUNASA, 2017). Um dos fatores que contribui para a proliferação de doenças de veiculação hídrica é a inadequação ou falta de saneamento básico. Estima-se que no mundo cerca de 6% das doenças são ocasionadas pela disponibilização inadequada de água (CASTRO, 2018, p. 12). A contaminação da água por agentes biológicos é a causadora mais comum de doenças como a febre tifoide, cólera, verminoses, giardíase dentre diversas outras. Entre estas, a mais comum associada a problemas na qualidade da água é a cólera (CASTRO, 2018, p. 8).

Como exemplo da influência do saneamento na saúde pode-se citar a cidade de Uruguaiana no Rio Grande do Sul que em 2012 contava com 3.002 casos registrados como diarreia aguda e em 2018 foram registrados apenas 106 casos, graças a ampliação da rede de esgoto. Do mesmo modo ocorreu em Campo Grande no Mato Grosso do Sul, que registrou em 2003 uma taxa de internação de 157,3 a cada 100 mil pessoas, mas em 2015 passou a registrar uma taxa de 13,7 a cada 100 mil pessoas, devido a melhorias no tratamento de água e esgoto (ABCON; SINDCON, 2019, p. 16).

3.3 Tratamento de água, legislações e normas

3.3.1 Qualidade da água para consumo humano

As legislações que versam sobre o tratamento de água se iniciaram com o Código das Águas, decreto nº 24.643/1934 de 10 de julho de 1934 considerado o marco legal dos recursos hídricos do Brasil (BRASIL, 1934). Em relação a qualidade da água, suas primeiras regulações se iniciaram com o decreto federal nº 79.367 de 9 de março de 1977, que também deixou a cargo do Ministério da Saúde a criação dos padrões de qualidade da água, o que ocorre até os dias atuais (WAJSMAN, 2014, p. 5; BRASIL, 1977). Com essa determinação o próprio Ministério da Saúde elaborou diversas legislações a respeito:

- Portaria n.º 635 BSB de 26 de dezembro de 1975: Trata sobre as quantidades mínimas de flúor que precisam estar presentes nas águas de abastecimento e consumo humano (BRASIL, 1975);
- Portaria n.º 56 BSB de 14 de março de 1977: Determina os valores máximos para os padrões bacteriológicos, organolépticos, físicos, químicos e radiológicos (BRASIL, 1977);
- Portaria n.º 443 BSB de 03 de outubro de 1978: Contém determinações sobre a proteção sanitária dos mananciais, dos serviços de abastecimento público e o controle de qualidade da água nos mesmos, e das instalações prediais (BRASIL, 1978).

Após essas determinações, em 1986, criou-se o Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental que tinha como foco a qualidade da água para consumo humano e dessa forma seria possível divulgar aos estados o planejamento e a organização relacionada a vigilância da qualidade da água (BRASIL, 1986, p. 29). Esse programa foi considerado uma revisão da portaria vigente no momento (Portaria n.º 56/1977) mais ao final trouxe modificações importantes como as definições para as bactérias do grupo coliformes (coliformes termotolerantes e fecais) e a contagem das bactérias heterotróficas, além de outras modificações. E dessa forma foi elaborada a Portaria n.º 36 de 19 de janeiro de 1990 (WAJSMAN, 2014, p. 6; BRASIL, 1977; BRASIL, 1990).

Após esse tempo, mudanças marcantes ocorreram com relação às políticas de saúde, como a criação da Secretaria Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e a regulamentação da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Dessa forma, houve a substituição da determinação anterior pela portaria MS nº 1.469 de 29 de dezembro de 2000 que trata de uma forma bastante avançada e específica sobre procedimentos e responsabilidades sobre o padrão de potabilidade, controle e vigilância da qualidade da água (WAJSMAN, 2014, p. 7; BRASIL, 2000).

Apesar das mudanças benéficas ainda era necessário melhorar os indicadores de qualidade microbiológica, por isso foi criada a Portaria MS nº 518 de 25 de março de 2004 que passou a adotar a turbidez pós-filtração/pré-desinfecção como componente do padrão microbiológico de potabilidade, reconhecendo que apenas a análise das bactérias do grupo coliforme representava uma limitação como indicador. Além disso, esta portaria estabelece outros parâmetros como o controle da remoção de patógenos com atenção a protozoários e vírus (BRASIL, 2004).

Entretanto, as portarias anteriores não levavam em consideração o histórico de resultados para avaliar se a água distribuída atende aos parâmetros estabelecidos. Essa modificação foi adicionada com a criação da portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011). Novas atualizações foram adicionadas com a criação da portaria de consolidação nº5 de 28 de setembro de 2017, que estabelece que a água própria para consumo envolve tanto o que é ingerido quanto o que é utilizado na preparação de alimentos e produtos de higiene pessoal (ingestão indireta) e possui os parâmetros de controle de qualidade da água em seu anexo XX (BRASIL, 2017). O anexo foi modificado posteriormente para a criação da portaria vigente que é a Portaria MS nº888 de 04 de maio de 2021. Atualmente não é mais obrigatório realizar a análise das bactérias heterotróficas para atestar a qualidade da água além disso novos valores máximos permitidos (VMP) foram estabelecidos para o cloro residual, entre outras mudanças (BRASIL, 2021).

3.3.2 Normas para Projetos de Estações de Tratamento de Água

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) fundada em 28 de setembro de 1940 é o foro nacional de normalização responsável pela elaboração das normas brasileiras ABNT NBR (ABNT, 2022). Entre as normas criadas pela ABNT estão as que versam sobre os projetos de estações de tratamento de água, são elas:

- ABNT NBR 12211: Estabelece definições sobre sistemas públicos de abastecimento de água. Essencial nos primeiros estudos para avaliação econômica, disponibilidade de recursos para implantação, estudo de topografia, definição de funcionamento do sistema (ABNT NBR 12211, 1992, p. 1-14);
- ABNT NBR 12213: Determinações para o projeto de captação de água superficial para abastecimento público. Estruturas e dispositivos da captação, tomada de água, definições para grades, telas e desarenador (ABNT NBR 12213, 1992, p. 1-5).
- ABNT NBR 12214: Condições para realização de projeto de bombeamento de água superficial para abastecimento público. Define elementos necessários, vazões de projeto, seleção de conjuntos motor-bomba, localização da estação elevatória, tubulações de sucção e recalque (ABNT NBR 12214, 1992, p. 1-15);
- ABNT NBR 12216: Parâmetros para elaboração de projetos de estação de tratamento de água. Etapas mínimas de tratamento com base na classificação da água, além das dosagens mínimas de produtos químicos (ABNT NBR 12216, 1992, p. 1-18).

3.4 As Estações de Tratamento de Água (ETA)

A composição de um sistema de abastecimento de água é bastante complexa e envolve diversos serviços, estruturas e equipamentos. O processo convencional de tratamento de água é composto por cinco etapas: captação, adução, tratamento, reservação e distribuição. Dessa forma é possível perceber que o tratamento de água é apenas uma parte do abastecimento, e as etapas se complementam para ao final ter água disponível para comércio, residências e indústrias (SNIS, 2020, p. 16).

Segundo a ABNT NBR 12216 (1992) as etapas que compõem o tratamento de água são definidas preferencialmente por ensaios laboratoriais ou de acordo com as características do manancial. Desta forma considera-se os seguintes tipos de águas naturais para abastecimento público, nas quais indica-se um tratamento específico na tabela 3.1 e constam seus parâmetros na tabela 3.2.

Tabela 3.1- Tratamento mínimo indicado de acordo com o tipo de água natural disponível.

Tipo de água natural	Tratamento mínimo indicado
Tipo A - águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias sanitariamente protegidas, com características básicas definidas na tabela 3.2, e as demais satisfazendo aos padrões de potabilidade.	Desinfecção e correção de pH.
Tipo B - águas subterrâneas ou superficiais, provenientes de bacias não-protegidas, com características básicas definidas na tabela 3.2, e que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade, após processo de tratamento que não exija coagulação.	Desinfecção e correção do pH e: a) decantação simples, para águas contendo sólidos sedimentáveis, caso depois do processo a água se enquadre nos padrões de potabilidade; ou b) filtração, precedida ou não de decantação, para águas com turbidez natural na entrada do filtro, menor que 40 Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU) e cor menor que 20 unidades Hazen (uH).
Tipo C - águas superficiais provenientes de bacias não protegidas, com características básicas definidas na tabela 3.2, e que exijam coagulação para enquadrar-se nos padrões de potabilidade.	Coagulação, seguida ou não de decantação, filtração em filtros rápidos, desinfecção e correção do pH;
Tipo D - águas superficiais provenientes de bacias não protegidas, sujeitas a fontes de poluição, com características básicas definidas na tabela 3.2, e que exijam processos especiais de tratamento para que possam enquadrar-se nos padrões de potabilidade.	Tratamento mínimo do tipo C e tratamento complementar indicado de acordo com as características da água.

Fonte: adaptado de ABNT NBR 12216, 1992.

Tabela 3.2 - Classificação de águas naturais disponíveis para abastecimento

Tipos	A	B	C	D
DBO 5 dias (mg/L)				
média	até 1,5	1,5 – 2,5	2,5 – 4,0	> 4,0
máxima (em qualquer amostra)	1 – 3	3 – 4	4 – 6	> 6,0
Coliformes (NMP/100 mL)				
média mensal em qualquer mês	50 - 100	100 - 5000	5000 - 20000	> 20000
máximo	> 100 cm menos de 5% das amostras	> 5000 cm menos de 20% das amostras	> 20000 cm menos de 5% das amostras	
pH	5 - 9	5 - 9	5 - 9	3,8 - 10,3
Cloretos	< 50	50 - 250	250 - 600	> 600
Fluoretos	< 1,5	1,5 - 3,0	> 3,0	-

Fonte: adaptado de ABNT NBR 12216, 1992.

3.5 Operações e processos de tratamentos de água

Os sistemas de abastecimento, normalmente, são constituídos das unidades descritas como se segue:

- Manancial

É a fonte da água que será posteriormente tratada. A água do manancial precisa estar em condições sanitárias adequadas e com vazão suficiente disponível para atender a demanda (FUNASA, 2007, p. 81).

- Captação

É o conjunto de equipamentos e instalações utilizados para retirar a água do manancial e levá-la até a estação de tratamento (FUNASA, 2007, p. 82).

- Adução

As adutoras são as tubulações que levam a água da captação até a ETA, e da ETA ao reservatório de distribuição (FUNASA, 2007, p. 83). Elas podem ser classificadas pelo tipo de água que transportam - água bruta e água tratada, e pelo tipo de energia que utilizam - gravidade (sem o uso de bombas de sucção), recalque (com o uso de bombas de sucção) ou mista. Os tubos que derivam da adutora são chamados de subadutoras (TSUTIYA, 2007, p. 156).

- Grades e telas

Costumam estar presentes na captação para retenção de materiais grosseiros nas grades e sólidos finos nas telas, mas caso ocorra algum impedimento elas podem se localizar na ETA (ABNT NBR 12216, 1992, p. 4).

- Desarenador / Caixa de areia

Remove grãos de areia e outras partículas de acordo com suas velocidades de sedimentação. É complementar as grades e pode ser adicionado na captação ou na ETA (FUNASA, 2007, p. 223).

- Adição de hidróxido de cálcio (cal):

Antes da operação de mistura rápida pode-se adicionar hidróxido de cálcio à água bruta para aumento do pH e consequente melhora no processo de coagulação (ABNT NBR 12216, 1992, p. 4).

- Mistura rápida

Operação realizada para dispersar produtos químicos na água. Para isto pode-se utilizar diversos dispositivos de mistura, entre eles o mais comum é a calha Parshall (ABNT NBR 12216, 1992, p. 4).

- Coagulação / Floculação

Unidades em que ocorre a agregação dos flocos formados na mistura rápida se transformando nos coágulos (ABNT NBR 12216, 1992, p. 4).

Diversos tipos de coagulantes podem ser utilizados no tratamento de água, entre eles o sulfato de alumínio, policloreto de alumínio (PAC), cloreto férrico, sulfato ferroso (FLORES, 2018, p.53). A tabela 3.3 mostra as faixas ótimas de pH para cada tipo de coagulante citado.

O sulfato de alumínio possui características muito interessantes que acabam tornando-o mais vantajoso que os outros coagulantes como o baixo custo, a versatilidade, pelo fato de estar disponível nas formulações sólidas ou líquidas em concentração de 7-8%, além da excelente formação dos flocos (FLORES, 2018, p.52). Por esses motivos é o mais amplamente utilizado e, dessa forma, é o coagulante citado na ABNT NBR 12216. Também é empregado no tratamento de efluentes.

Tabela 3.3 - Coagulantes para tratamento de águas e pH de atuação.

Coagulante	Faixa ótima de pH
Sulfato de alumínio	5,0 - 7,5
Policloreto de alumínio (PAC)	4,5 - 7,5
Cloreto férrico	5,0 - 11,0
Sulfato ferroso	8,5 - 11,0

Fonte: adaptado de FLORES, 2018, p.52.

- Decantação

Processo em que os flocos irão se depositar no fundo do tanque decantador e a água clarificada segue para a filtração (FUNASA, 2007, p. 95). De acordo com as características dos flocos é possível retirá-los pelo fundo do tanque quando decantam ou pela superfície.

- Filtração em filtros rápidos

Tem por objetivo retirar as partículas que ainda permanecem em suspensão na água. A filtração rápida pode ser do tipo ascendente ou descendente e as camadas dos filtros podem ser duplas ou simples, sendo na filtração ascendente sempre simples (FUNASA, 2007, p. 97).

- Desinfecção

Realiza-se a desinfecção para eliminar micro-organismos patogênicos da água e mantê-la dessa forma até chegar aos consumidores. Pode ser realizada através da adição de ozônio, prata ou derivados do cloro (FUNASA, 2007, p. 105). Os mais utilizados são os derivados de cloro como mostrado na tabela 3.4, devido a economia, não serem tóxicos ao homem na dosagem aplicada, facilidade de aplicação, além de não alterarem as características da água. Podem ser utilizados em forma gasosa ou líquida (FUNASA, 2007, p. 105). O derivado mais utilizado é o hipoclorito de sódio líquido 12%, popularmente chamado de cloro. Consta na portaria nº 888 que em toda a extensão da rede de distribuição deve ser mantido o percentual mínimo de cloro residual livre em $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ e o valor máximo permitido (VMP) de $5,0 \text{ mg L}^{-1}$ (BRASIL, 2021).

- Correção de pH

Processo que objetiva estabilizar o pH da água para evitar corrosão (água com pH ácido) ou incrustação (água com pH básico). Costuma-se adicionar ortopolifosfato na água para evitar a incrustação e proteger as adutoras (HELLER; PÁDUA, 2010, p. 560). A ABNT NBR 12216 (1992) não lista o ortopolifosfato como produto adicionado a água, portanto a adição é opcional dependendo da necessidade.

- Fluoretação

Realizada de acordo com a portaria n.º 635 BSB de 26 de dezembro de 1975 que obriga a adição de flúor na água para prevenção da cárie dentária (BRASIL, 1975). A portaria nº 888 estabelece que o valor máximo permitido para adição é de $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ (BRASIL, 2021). Este produto pode ser obtido pela adição de fluoreto de sódio, fluossilicato de sódio ou ácido fluossilícico à água após tratamento. Este último é um dos mais utilizados por se apresentar em forma líquida

(FUNASA, 2007, p. 108). Conforme demonstra a tabela 3.5, o valor mínimo de íon fluoreto que deve estar presente na água é calculado a partir do valor correspondente a média das temperaturas máximas do ar. Isto porque para locais com temperaturas menores é necessário adicionar maior quantidade de flúor, o que não ocorre em locais de temperaturas maiores (FUNASA, 2007, p. 19).

Tabela 3.4 - Derivados de cloro mais utilizados na desinfecção de águas.

Nome do composto	Fórmula química	% de cloro disponível	Características	Embalagem	Prazo de validade	Nome comercial
Hipoclori-to de sódio	NaOCl	10% - 15%	Solução aquosa, alcalina, de cor amarelada, límpida e de odor característico.	Recipientes opacos de materiais compatíveis com o produto, volumes variáveis.	Um mês, decompõe-se pela luz e calor. Deve ser estocado em locais frios e ao abrigo da luz.	Hipoclori-to de sódio.
Hipoclori-to de cálcio	Ca(OCl) ₂	Superior a 65%	Coloração branca, pode ser em pó ou granulado.	Recipientes plásticos ou tambores metálicos com revestimento.	Seis meses.	Hipoclori-to de cálcio.
Cloro	Cl ₂	100%	Gás liquefeito sob pressão de coloração verde amarelado e de odor irritante.	Cilindros verticais de aço de 68 Kg e horizontais de 940 Kg.	-	Cloro gasoso
Cal clorada	CaOCl	35% - 37%	Pó branco.	Embalagens de 1 - 50Kg. Sacos de polipropileno. Manter em local seco e ao abrigo da luz.	Pouco estável, perda de 10% no teor de cloro ativo a cada mês.	Cloreto de cal
Água sanitária	Solução aquosa à base de hipoclori-to de sódio ou de cálcio.	2% - 2,5% durante o prazo de validade.	Solução de coloração amarelada.	Embalagem de 1L, plástico opaco.	Verificar no rótulo do produto.	Água sanitária ou água de lavadeira.

Fonte: adaptado de FUNASA, 2007, p. 107

Tabela 3.5 - Concentração de íon fluoreto de acordo com a média das temperaturas máximas diárias.

Média das temperaturas máximas diárias do ar (°C)	Limites recomendados para a concentração de íon fluoreto (mg L ⁻¹)		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 - 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 - 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 - 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 - 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 - 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 - 32,5	0,6	0,8	0,6

Fonte: adaptado de FUNASA, 2012, p. 19.

- Reservação

Os reservatórios são tanques criados com o objetivo de estocar água tratada para atender a variação da demanda diária, manter as pressões adequadas na rede, garantir reserva para incêndio e paralisação no tratamento. Podem ser localizados a montante, a jusante, elevados, apoiados, enterrados ou semi-enterrados (FUNASA, 2007, p. 110).

- Distribuição

Conjunto de tubulações, conexões, registros e peças especiais que atuam na distribuição da água à população (FUNASA, 2007, p. 111).

A concepção apresentada é a básica para um sistema de distribuição de água, mas dependendo das características do manancial outras operações podem ser incluídas para adequar a água aos padrões de potabilidade.

3.6 Inovações nas operações e processos de tratamentos de água

Um dos problemas do tratamento de água é a disposição do lodo produzido na etapa de coagulação. Este é classificado como resíduo sólido e então deve ser tratado antes de receber alguma destinação final. Geralmente os resíduos são lançados diretamente em algum corpo d'água próximo a ETA, porém essa prática pode ser considerada crime ambiental já que leva a efeitos ao ambiente aquático (SILVA, et. al., 2012, p.303). Estudos realizados para caracterização do lodo obtido com o uso do coagulante PAC identificaram a presença de

alumínio, arsênio, bário, chumbo, cromo, mercúrio, prata e selênio (SILVA, et. al., 2012, p.304). Um efeito comum é a presença de residuais de alumínio na água de abastecimento. O consumo de alumínio residual vem sendo objeto de estudo pois pode estar associado ao surgimento de doenças degenerativas (GERHARDT, 2018, p. 6).

Por isso, têm sido realizados alguns estudos para o uso de coagulantes orgânicos no tratamento de águas como as sementes de moringa (SILVA, et. al., 2012), tanino proveniente da acácia negra (GERHARDT, 2018), tanino SH e quitosana (HANAUER, et. al., 2017). Nos trabalhos pesquisados os coagulantes orgânicos apresentaram a mesma eficiência que os químicos com a vantagem de serem biodegradáveis, reduzirem a formação de lodo e originarem lodo de baixa toxicidade e risco, além da possibilidade de ser utilizado como biofertilizante. Os coagulantes orgânicos não costumam ser aplicados no tratamento de água devido ao seu alto custo, por exemplo o produto registrado como Magnafloc custa R\$12,92 o Kg, enquanto o PAC custa R\$1,95 o Kg. Mesmo utilizando uma menor quantidade do Magnafloc se comparado ao PAC, ainda assim o custo total seria superior (ROSA, 2019, p. 45).

Em relação às operações unitárias e processos envolvidos no tratamento de água não há informações sobre novas tecnologias a não ser a reorganização dos processos já existentes para a otimização do tratamento de água. Como o estudo realizado por SOUZA, et. al., (2016, p. 28) que cita o tratamento primário e secundário de efluentes domésticos seguido de um tratamento terciário em que o efluente é encaminhado para o tratamento de água e enfim disponibilizado como água potável para abastecimento.

4 METODOLOGIA

Este trabalho estudou o caso de um município do interior de Minas Gerais que contava com uma população estimada de 52.996 habitantes no ano de 2021 e possui atualmente capacidade média para tratamento de $188,5 \text{ L s}^{-1}$ de água bruta, o que seria a capacidade máxima de fornecimento para a população devido às limitações de projeto da estação de tratamento de água (ETA). Para realização do estudo a empresa de saneamento disponibilizou o memorial descritivo do projeto, os laudos das análises realizadas nos mananciais abastecedores da ETA atual e da futura nova ETA, e os boletins diários de tratamento de água do ano de 2021 da ETA atual.

Em princípio verificou-se a justificativa para ampliação do sistema de abastecimento existente na cidade. Foram utilizados os dados de vazão de água bruta registrados nos boletins diários dos meses de março, junho, setembro e dezembro de 2021 para calcular a média de captação de água bruta para fornecimento à população e assim comparar com a média de fornecimento recomendado na literatura.

Posteriormente, analisou-se o manancial abastecedor que irá atender a futura nova ETA, comparando-o com o manancial da ETA atual e classificando-o com base nas suas características conforme ABNT NBR 12216 para determinar a melhor composição das operações unitárias utilizadas para o tratamento. Os cálculos das operações unitárias que não constavam nas normas ABNT NBR foram realizados a partir de fórmulas disponíveis na literatura, como por exemplo o livro de TSUTIYA, 2007 que aborda com detalhes os cálculos realizados para projetos de ETA.

Por fim, nas operações unitárias de floculação/coagulação, desinfecção e fluoretação foram apresentadas as dosagens e dimensionamento dos tanques de armazenamento de produtos químicos com base nas determinações da literatura, nas dosagens mínimas e máximas determinadas pela Portaria nº888/2021 e nos procedimentos já adotados pela empresa na ETA atual.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise da capacidade de abastecimento da ETA atual

A capacidade total de projeto de tratamento da ETA atual é de até 200 L s⁻¹, porém, a média entre as vazões máximas de água bruta listadas em quatro meses no ano de 2021 foi de 188,5 L s⁻¹ como indicado na tabela 5.1. Os valores escolhidos para o cálculo foram dos meses de março, junho, setembro e dezembro, um mês para cada estação do ano considerando as mudanças que ocorrem no tratamento de acordo com as alterações do clima.

Tabela 5.1 - Captação máxima diária de água bruta nos meses de março, junho, setembro e dezembro do ano de 2021

Valor máximo de captação de água bruta (L s ⁻¹)									
Dias do mês	Março	Junho	Setembro	Dezembro	Dias do mês	Março	Junho	Setembro	Dezembro
1	179,0	192,0	195,0	191,0	17	195,0	180,0	198,0	165,0
2	180,0	182,0	188,0	202,0	18	177,0	187,0	198,0	195,0
3	179,0	178,0	188,0	186,0	19	176,0	203,0	197,0	188,0
4	183,0	202,0	198,0	211,0	20	185,0	204,0	184,0	207,0
5	182,0	198,0	191,0	209,0	21	186,0	185,0	204,0	190,0
6	178,0	175,0	191,0	190,0	22	183,0	179,0	190,0	198,0
7	174,0	196,0	197,0	187,0	23	182,0	200,0	187,0	179,0
8	183,0	207,0	203,0	176,0	24	180,0	203,0	188,0	195,0
9	177,0	190,0	191,0	149,0	25	177,0	200,0	187,0	188,0
10	175,0	188,0	192,0	201,0	26	188,0	205,0	183,0	190,0
11	172,0	207,0	193,0	200,0	27	178,0	213,0	187,0	188,0
12	181,0	204,0	195,0	198,0	28	188,0	181,0	183,0	196,0
13	180,0	193,0	194,0	188,0	29	182,0	201,0	189,0	147,0
14	170,0	180,0	181,0	184,0	30	187,0	202,0	198,0	189,0
15	174,0	182,0	194,0	188,0	31	179,0	-	-	177,0
16	189,0	181,0	194,0	191,0	Média	188,5			

Fonte: Boletim diário da empresa de saneamento, 2021.

É necessário verificar se a vazão de água atual é suficiente para o abastecimento de toda a população. Segundo os dados da tabela 5.2, uma população de aproximadamente 50.000 habitantes possui um consumo que varia de 200 a 250 L hab⁻¹ d⁻¹. Realizando os cálculos, a partir da equação 5.1, pode-se verificar que a vazão necessária para suprir as necessidades da população de acordo com esse consumo é de 170,6 L s⁻¹.

Tabela 5.2 - Quantidade de água para abastecimento conforme os habitantes

Habitantes	Quantidade de litros.habitantes ⁻¹ .dia ⁻¹
Até 6.000	de 100 a 150
de 6.000 até 30.000	de 150 a 200
de 30.000 até 100.000	de 200 a 250
Acima de 100.000	de 250 a 300

Fonte: adaptado de FUNASA, 2007, p. 50.

Para determinar qual a demanda suprida atualmente pela ETA em operação pode-se utilizar a equação 5.1 adaptada de TSUTIYA (2007, p. 47).

$$Q_1 = \left(\frac{K_1 \cdot P \cdot qpc}{h \cdot 3.600} + Q_{esp} \right) * C_{ETA} \quad (5.1)$$

Em que:

Q_1 = vazão da captação a reservação, L s⁻¹;

k_1 = razão entre o maior consumo diário no ano e o consumo médio diário no ano = 1,2 (valor médio citado por TSUTIYA (2007, p. 47));

p = população = 53.000 habitantes;

qpc = consumo per capita em L hab⁻¹ d⁻¹ = 225 L hab⁻¹ d⁻¹;

h = quantidade de horas que o sistema funciona ou irá funcionar = 24 horas;

C_{ETA} = consumo específico na própria ETA= 1,03 (valor médio citado por TSUTIYA (2007, p. 47));

Q_{esp} = consumo específico de grandes consumidores = 0 (por se tratar de abastecimento predominantemente populacional, não se contabiliza a utilização de grandes consumidores);

A vazão máxima de água bruta que chega a ETA atualmente é de 188,5 L s⁻¹, como citado anteriormente, levando em consideração que este é o valor de água bruta que chega à estação, o valor de água tratada que vai para abastecimento é menor, além de algumas limitações de funcionamento que geram a perda de água no tratamento. Dessa forma, a ETA atual

realmente em seu limite máximo de operação, considerando-se o resultado de vazão calculado ($170,6 \text{ L s}^{-1}$), não sendo suficiente para acompanhar o crescimento populacional da cidade.

A nova ETA a ser construída está projetada para uma vazão de captação de 100 L s^{-1} , utilizando a equação 5.1 calcula-se que com a ampliação do sistema de abastecimento a cidade pode atender mais 31.068 habitantes, totalizando uma população de até 84.000 habitantes aproximadamente.

5.2 Alternativas de tratamento aplicáveis de acordo com as características do manancial

Para aplicar os tratamentos conforme ABNT NBR 12216 (1992) é necessário verificar as características do manancial abastecedor disponível para a nova ETA e classificá-lo segundo a tabela 3.1. No estudo disponibilizado pela empresa não consta a classificação atribuída, porém se trata de um manancial superficial, aberto, em área rural. Observando as características descritas na tabela 3.1 pode-se classificá-lo como manancial do tipo C que necessitaria de, no mínimo, coagulação, seguida ou não de decantação, filtração em filtros rápidos, desinfecção e correção de pH.

As operações de tratamento de água são determinadas de acordo com as características do manancial disponível e essas devem ser verificadas preferencialmente por meio de ensaios laboratoriais, porém na falta destes pode-se utilizar dados de outra estação com características semelhantes (ABNT NBR 12216, 1992). Por isso, o tratamento realizado na ETA atual foi considerado pela empresa como modelo para a nova ETA, comparando-se as características de ambos os mananciais. Foi divulgado pela empresa, para compor este estudo, análises realizadas por laboratório especializado e verificaram-se as características listadas na tabela 5.3 referentes aos mananciais da nova ETA e da ETA atual.

Ao todo o laudo que caracteriza os mananciais é composto por setenta e cinco parâmetros (laudo completo no Anexo A), as características demonstradas na tabela 5.3 são as que se destacaram entre as outras que apresentaram resultados dentro dos padrões para os dois mananciais, exceto os valores de turbidez, cor aparente e alumínio que serão discutidos adiante.

Tabela 5.3 - Comparação das análises dos mananciais abastecedores da nova ETA e ETA atual.

Parâmetros	Unidade	Manancial abastecedor ETA atual	Manancial abastecedor ETA nova	Valor máximo permitido (VMP) portaria nº 888/2021
pH	-	6,85	6,69	6,0 a 9,5
Temperatura	°C	23,8	23,9	40
Alumínio	mg L⁻¹	3,567	0,547	0,20
Cor Aparente	UC	663,75	149,0	15,00
Ferro	mg L ⁻¹	0,052	0,055	0,30
Manganês	mg L ⁻¹	0,012	0,010	0,10
Sódio	mg L ⁻¹	1,584	1,764	200,00
Sólidos Totais Dissolvidos	mg L ⁻¹	12,00	12,00	1.000,00
Turbidez	NTU	94,20	14,40	5,00

Fonte: adaptado de laudo de análise de água realizado por laboratório terceirizado, 2021.

A água com alto valor de turbidez indica a presença de grande quantidade de matéria orgânica em suspensão que consequentemente aumenta a quantidade de microrganismos e pode reduzir a eficiência da etapa de desinfecção (ROCHA, 2019, p. 18). A cor se relaciona a substâncias dissolvidas na água, como plâncton, substâncias húmicas e a presença de metais, dessa forma com alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO) ou seja, também é grande a quantidade de microrganismos presentes (MENDES; FERREIRA, 2014, p. 98).

A quantidade de alumínio será importante para o processo de coagulação/floculação, já que é mais um componente da água que afeta o comportamento das partículas que precisam ser retiradas. Outro ponto importante, é que na água potável o valor máximo permitido de alumínio pela Organização Mundial da Saúde (OMS) é de 0,2 mg L⁻¹. Levando-se em consideração que a coagulação utilizando sais de alumínio pode aumentar a concentração de alumínio na água, e o manancial já possui alta quantidade de alumínio, é necessário monitorar a eficiência do tratamento para verificar se a água tratada se encaixa na classificação de água potável para consumo humano (ROSALINO, 2011, p. 17 - 28; BRASIL, 2021).

Os altos valores de alumínio já verificados no manancial da ETA nova podem ser ainda maiores depois do tratamento devido ao uso dos coagulantes contendo alumínio (CLETO, 2008,

p. 3). Diversos estudos ligam a presença de altos teores de alumínio na água potável ao surgimento de doenças neurológicas como neurodegeneração, encefalopatia, demência dialítica, Alzheimer e alterações neurocomportamentais. Além da possível ocorrência de turvação na água que conseqüentemente torna a desinfecção ineficiente. Um detalhe importante é que como vários processos são realizados no tratamento de água, o alumínio presente na água bruta e no coagulante metálico utilizado pode se transformar em moléculas tóxicas (ROSALINO, 2011, p. 2).

Dessa forma, é necessário avaliar o uso dos coagulantes orgânicos, visando a redução da quantidade de alumínio na água. Como por exemplo os coagulantes comerciais Tanfloc SG, Tanfloc SL e Veta organic obtidos a partir dos taninos da casca da acácia negra. Estes apesar de serem mais caros que os coagulantes com sais metálicos possuem a vantagem de originarem uma menor quantidade de lodo, lodo com baixa quantidade de metais e que pode ser diretamente utilizado na agricultura. Além do exposto, esses coagulantes possuem pH ótimo de atuação entre 7 a 8, então não é necessário utilizar alcalinizantes no final do processo de tratamento porque o coagulante não altera o pH da água (PIANTÁ, 2008, p. 41). Dessa forma, apesar dos coagulantes orgânicos serem mais caros, o custo pode ser equivalente de acordo com as características do manancial.

O manancial abastecedor da ETA atual possui valores de alumínio, cor aparente e turbidez ainda maiores que o da ETA nova, e na primeira adota-se o tratamento recomendado para águas do tipo C conforme a tabela 3.1. Apesar do ideal serem os estudos laboratoriais completos, o projeto inicial apresenta uma previsão básica de que os processos de tratamento serão semelhantes e, observa-se, que a serão eficientes, uma vez que os valores críticos (turbidez, cor e alumínio) estão em concentrações inferiores. Uma análise mais detalhada das características do novo manancial poderia trazer economia de reagentes para a nova ETA.

O uso de etapas complementares no tratamento de águas depende muito da característica do manancial. De acordo com a ABNT NBR 12216 (1992) os mananciais que mais se encaixam nos padrões da tabela 3.2 são os que requerem tratamentos convencionais, porém, quanto mais distante dos padrões o manancial se encontra, mais etapas são necessárias para que a água distribuída seja considerada potável.

5.3 Análise do projeto de captação

5.3.1 Grades e telas

Em relação ao gradeamento o memorial descritivo da empresa relata que este será mecanizado e seguido de um desarenador.

As grades são destinadas a reter materiais grosseiros que estão em suspensão ou flutuando. Já as telas irão reter o que passou pelas grades. Dessa forma o sistema de grades é composto por uma grade grossa seguido de uma grade fina e depois se localiza a tela (ABNT NBR 12213, 1992, p. 1).

Segundo a ABNT NBR 12213 (1989) com relação ao dimensionamento das grades e telas para captações superficiais o espaçamento entre barras paralelas deve estar entre 7,5 cm a 15 cm para a grade grossa, e 2 cm a 4 cm para a grade fina. As grades ou telas sujeitas a limpeza manual necessitam de inclinação e passadiço para facilitar a execução desses serviços. Na seção de passagem correspondente ao nível mínimo de água, a área das aberturas da grade deve ser igual ou superior a $1,7 \text{ cm}^2 \text{ L}^{-1} \text{ min}^{-1}$ de modo que a velocidade resultante seja igual ou inferior a 10 cm s^{-1} , sendo as perdas de carga avaliadas admitindo a obstrução de 50% da seção da passagem.

Neste trabalho, avaliou-se como deveria ser o dimensionamento das grades da captação e os cálculos dos parâmetros para dimensionamento da grade grossa foram realizados pelas equações 5.2 a 5.5 adaptadas de TSUTIYA (2007) e pelas equações 5.6 e 5.7 de acordo com a ABNT NBR 12213 (1992).

Inicia-se com o cálculo da vazão mínima de projeto (Q_{min}) para os parâmetros da grade grossa (equação 5.2).

$$Q_{min} = 0,20 \cdot Q_1 = 34,12 \text{ L s}^{-1} = 0,03412 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad (5.2)$$

Em que:

Q_{min} = vazão mínima do projeto, L s^{-1} ;

Q_1 = vazão da captação a reservação em $\text{L s}^{-1} = 170,6 \text{ L s}^{-1}$.

Para a área útil (A_u):

$$A_u = 1,7 \cdot Q_{min} = 0,3480 \text{ m}^2 \quad (5.3)$$

Em que:

A_u = área útil na vazão mínima, m^2 ;

Q_{min} = vazão mínima do projeto = $34,12 \text{ L s}^{-1}$.

Para a largura útil do canal (B_u):

$$B_u = \frac{A_u}{H_{min}} = 1,16 \text{ m} \quad (5.4)$$

Em que:

B_u = largura útil do canal, m;

A_u = área útil na vazão mínima = $0,3480 \text{ m}^2$;

H_{min} = altura mínima = $0,30 \text{ m}$ (escolhida pela autora).

Para a largura do canal (B):

$$B = n \cdot s + (n - 1) \cdot b = 1,2 \text{ m} \quad (5.5)$$

Em que:

B = largura do canal, m;

n = número de barras = deve ser maior que 11, utilizou-se o valor 12;

s = espessura das barras = $0,0111 \text{ m}$ de acordo com a NBR 12213;

b = distância livre entre as barras = $0,1 \text{ m}$ de acordo com a NBR 12213.

Para a perda de carga (h) de acordo com a fórmula disponível na NBR 12213:

$$h = \frac{K \cdot v^2}{2g} = 0,01114 \text{ m} \quad (5.6)$$

Em que:

h = perda de carga, m;

K = coeficiente de perda de carga, adimensional;

v = velocidade a montante com obstrução de 50% = $0,049 \text{ m s}^{-1}$;

g = aceleração da gravidade = $9,8 \text{ m s}^{-2}$;

Para o valor de coeficiente de perda de carga (K):

$$K = \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{1,33} \cdot \sin \alpha = 0,0909 \quad (5.7)$$

Em que:

K = coeficiente de perda de carga, adimensional;

s = espessura das barras = 0,0111 m de acordo com a NBR 12213;

b = distância livre entre as barras = 0,1 m de acordo com a NBR 12213;

α = ângulo da grade em relação ao eixo horizontal = 70° ou 80 ° de acordo com a NBR 12213;

β = coeficiente função da forma da barra, adimensional = 1,79 em função circular de acordo com a NBR 12213.

Encerrando os cálculos para a grade grossa, também é necessário calcular os parâmetros para a grade fina. A vazão mínima do projeto (Q_{min}), área útil (A_u), largura útil do canal (B_u), largura do canal (B) e altura mínima (H_{min}) são iguais para as duas grades. Então será necessário calcular apenas a perda de carga (h_f). Dessa forma, para dimensionar a grade fina utiliza-se as equações 5.6 e 5.7 adaptadas de ABNT NBR 12213 (1992, p. 4), sendo a perda de carga calculada igual a 3,4 m, para um valor de coeficiente de perda de carga (k) calculado igual a 0,2851.

No cálculo da tela de acordo com a NBR ABNT 12213 (1992, p. 5) é preciso calcular o valor do coeficiente de perda de carga (k), utilizando a equação 5.8 que é diferente da 5.7 por considerar a porosidade. Este parâmetro varia de acordo com o formato da malha da tela, quando se trata de uma malha retangular, a porosidade é calculada de acordo com a equação 5.9.

$$k = 0,55 \cdot \frac{1-\varepsilon^2}{\varepsilon^2} = 0,0135 \quad (5.8)$$

Em que:

k = perda de carga, adimensional;

ε = porosidade, razão entre a área livre e a área total da tela, m².

$$\varepsilon = (1 - n \cdot d)^2 \quad (5.9)$$

Em que:

ε = porosidade, m²;

n = número de fios por unidade de comprimento = 30 valores de acordo com o número de barras da grade;

d = diâmetro do fio em metros = 0,0002 m diâmetro de fio comum.

Ao final, apresentam-se todos os resultados na tabela 5.4 juntamente com os outros parâmetros do projeto (cálculos não mostrados).

Tabela 5.4 – Parâmetros calculados para a captação de água bruta para a nova ETA

Parâmetro	Grade fina	Grade grossa	Tela
vazão mínima do projeto (Q_{min})	34,12 L s ⁻¹	34,12 L s ⁻¹	-
área útil (A_u)	0,3480 m ²	0,3480 m ²	-
largura útil do canal (B_u)	1,16 m	1,16 m	-
largura do canal (B)	1,20 m	1,20 m	-
altura mínima (H_{min})	0,3 m	0,3 m	-
perda de carga (h_f)	3,4 mm	0,01114 mm	-
coeficiente de perda de carga (K)	0,2851	0,0909	0,0135
(H_{max}) altura máxima	0,90 m	0,90 m	-
altura da grade	1,18 m	1,18 m	-
altura da caixa de tomada	1,50 m	1,50 m	-

Fonte: Autoria própria, 2022.

Segundo Tsutiya (2007, p. 89) para obras de captação com vazão maior que 500 L s⁻¹ ou em mananciais que exigem uma limpeza constante das grades finas é indicado o uso do gradeamento mecanizado. Além disso, as telas e grades precisam ser constituídas de material resistente à corrosão para prolongar a vida útil. Apesar do projeto estudado contar com captação inferior a 500 L s⁻¹ há a previsão do uso do gradeamento mecanizado, que é uma vantagem pois facilita a realização de manutenções e limpezas.

5.3.2 Desarenador

De acordo com o memorial descritivo da empresa, no tratamento preliminar da nova ETA será implantado um sistema desarenador que minimize o carregamento de materiais. A eficácia do novo desarenador, é definida de acordo com o diâmetro mínimo das partículas que são retidas na unidade, fixado em 0,2 mm.

Segundo a ABNT NBR 12213 (1992) indica-se a instalação de duas unidades de desarenadores se possível, para contar com um reserva. E destaca, ainda, que o uso de desarenador não é obrigatório, desde que seja provado que o transporte de sólidos não é prejudicial ao sistema.

Dados para os cálculos do desarenador:

- Menor largura do desarenador = $B = 1,30 \text{ m}$ segundo memorial descritivo fornecido pela empresa;
- Velocidade de sedimentação das partículas de 0,2 mm de diâmetro ($w = 0,021 \text{ m s}^{-1}$), segundo NBR 12213;
- Velocidade de escoamento longitudinal ($w_l = 0,30 \text{ m s}^{-1}$), segundo NBR 12213;
- Vazão máxima de escoamento ($Q = 0,10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) segundo memorial descritivo fornecido pela empresa;
- Comprimento mínimo do desarenador = $L = 3,66 \text{ m}$ segundo memorial descritivo fornecido pela empresa.

A velocidade de sedimentação das partículas pode ser considerada como $0,021 \text{ m s}^{-1}$ e a velocidade de escoamento longitudinal igual e não superior a $0,30 \text{ m s}^{-1}$ (ABNT NBR 12213, 1992). O comprimento mínimo do desarenador é obtido pela equação (5.10) contida no memorial descritivo fornecido pela empresa e na ABNT NBR 12213.

$$L = \frac{Q}{w \cdot B} = 3,66 \text{ m} \quad (5.10)$$

A partir do comprimento mínimo determina-se o comprimento do desarenador com folga multiplicando-o por um coeficiente não inferior a 1,5 (ABNT NBR 12213).

$$L' = 1,5 \cdot L = 5,5 \text{ m} \quad (5.11)$$

A empresa adotou um tanque com comprimento de 5,50 m que é adequado, segundo os cálculos apresentados e as recomendações da ABNT NBR 12213.

5.4 Adução

A adução é composta por dois trechos, do manancial até a ETA (adução de água bruta) e da ETA até o reservatório (adução de água tratada) (TSUTIYA, 2007, p. 290). O memorial descritivo fornecido informa que a adução de água bruta ocorrerá por gravidade pois no local

já existe uma barragem, e de água tratada ocorrerá por recalque, mas sem especificar os parâmetros de projeto calculados. Portanto, neste trabalho, os cálculos de todos os trechos serão apresentados já que a adução da água bruta é primordial para início do tratamento.

É necessário calcular as vazões de água tratada e de água bruta (TSUTIYA, 2007, p. 290). A equação 5.1 foi utilizada para calcular a vazão da captação a reservação, e adaptando-a é possível calcular a vazão da reservação em separado dando origem a equação 5.12 (TSUTIYA, 2007, p. 158). Lembrando que a vazão de captação de água bruta é de 100 L s^{-1} como consta no projeto da estação.

$$Q_{trat} = \left(\frac{K_1 \cdot P \cdot qpc}{h \cdot 3.600} \right) = 96,88 \text{ L s}^{-1} \quad (5.12)$$

Em que:

Q_{trat} = vazão da reservação, L s^{-1} ;

k_1 = razão entre o maior consumo diário no ano e o consumo médio diário no ano = 1,2, valor sugerido em TSUTIYA, 2007, p. 158;

p = população = 31.000 habitantes*;

qpc = consumo per capita em $\text{L hab}^{-1} \text{ d}^{-1} = 225 \text{ L hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$;

h = quantidade de horas que o sistema funciona ou irá funcionar = 24 horas;

*a ETA está sendo construída como ampliação do sistema de saneamento já existente. Atualmente a cidade conta com aproximadamente 53.000 habitantes e se fosse utilizado esse valor o cálculo estaria incorreto. Por isso foi utilizado a quantidade de pessoas que a ampliação irá atender.

A adução adotada no projeto é por recalque, fator que implica na necessidade de se utilizar uma bomba para transportar a água tratada até o reservatório e também na criação do poço de sucção, mas não interfere nos cálculos de vazão e diâmetro da adutora (TSUTIYA, 2007, p. 157). Assim, para calcular o diâmetro da adutora utiliza-se as equações de Bresse (5.13 e 5.14) adaptadas de Tsutiya (2007, p. 171).

$$D = K_b \cdot \sqrt{Q_n} \quad (5.13)$$

Em que:

D = diâmetro da adutora, m;

K_b = coeficiente de Bresse = 1,2 (valor que pode ser tomado quando se utilizam tubos de ferro fundido);

Q_n = vazão aduzida, $\text{m}^3 \text{ s}^{-1} = 0,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ para água bruta e $0,0967 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ para água tratada.

$$K_b = \sqrt{\frac{4}{\pi \cdot v}} \rightarrow v = 0,88 \text{ m s}^{-1} \quad (5.14)$$

Em que:

v = velocidade de escoamento dentro da adutora, m.s^{-1} ;

K_b = coeficiente de Bresse = 1,2.

Assim:

$D = 0,379 \text{ m} = 379 \text{ mm}$ para água bruta;

$D = 0,373 \text{ m} = 373 \text{ mm}$ para água tratada.

Dessa forma aconselha-se o uso de tubos de 400 mm de diâmetro (TSUTIYA, 2007, p. 170). Porém, no memorial descritivo da empresa, a engenharia escolheu os tubos de 300 mm de diâmetro devido ao custo total de aquisição do material disponível e custo de instalação, conforme tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Comparação do custo total da tubulação de ferro fundido do projeto de acordo com o diâmetro.

Custos e perda de carga da tubulação de ferro fundido de acordo com o diâmetro			
Diâmetro	300 mm	350 mm	400 mm
Custo	R\$1.739.100,00	R\$1.980.000,00	R\$2.112.000,00
Perda de carga continua	18,69 m	8,82 m	4,60 m

Fonte: adaptado do Memorial descritivo da empresa, 2021.

Segundo ROSA (2015, p. 21) para dimensionamento de tubulações é necessário levar em consideração as seguintes variáveis dependentes: o diâmetro, a velocidade do fluido e a perda de pressão. Portanto, um diâmetro do tubo maior conseqüentemente leva a uma menor queda de pressão (perda de carga), e a um menor custo energético de bombeamento. Mais, pode-se verificar que a tabela 5.5 mostra que quanto maior o diâmetro, maior o custo da tubulação e menor a perda de carga. Dessa forma, em projetos com longo prazo de duração, o investimento em tubulações de maior diâmetro pode ser pago com a economia energética gerada.

No memorial descritivo a empresa informa que o custo de energia anual com o bombeamento de água para os diâmetros de 300mm, 350mm e 400mm seria de R\$967.104,00 utilizando a mesma bomba para os três diâmetros. Porém, esse valor está incorreto se levarmos em consideração que a perda de carga no tubo de 300mm é maior, então a bomba dessa adutora consumirá mais energia para bombear em torno de 100 L.s⁻¹ de água do que a bomba da adutora de 400mm que possui perda de carga menor. De acordo com os dados apresentados, o uso das adutoras de 400mm continua sendo o mais adequado.

5.4.1 Poço de sucção

No memorial descritivo da empresa consta a construção de um poço de sucção para abrigar a bomba que leva água tratada até o reservatório, mas sem detalhes sobre o projeto dele. Já a adução de água bruta ocorrerá por gravidade devido a localização da captação. Em função da adução ocorrer por recalque é necessário construir um poço para abrigar a bomba que retira água da ETA (nível mais baixo) e leva até o reservatório (nível mais alto) (TSUTIYA, 2007, p. 274). Segundo a ABNT NBR 12214 (1992) a tubulação de sucção deve estar submersa a uma altura de 2,5 d, sendo "d" o diâmetro interno desta tubulação, a distância mínima entre a parte inferior do crivo (ou do tubo) e o fundo do poço de 1,0 d a 1,5 d e a distância mínima da parte externa da tubulação às paredes de 1,0 d. Quando o fundo do canal de chegada e o do poço de sucção se encontram em cotas diferentes, a concordância entre ambos deve ser feita por plano inclinado de no máximo 45° em relação à horizontal. Os parâmetros são calculados a partir das equações 5.15 a 5.17 segundo ABNT NBR 12214 (1992).

$$a_{400} = 2,5 . D = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m} \quad (5.15)$$

$$a_{300} = 2,5 . D = 750 \text{ mm} = 0,75 \text{ m}$$

Em que:

a = altura da tubulação submersa, m;

D = diâmetro da tubulação = 400 mm e 300 mm.

$$d_{400} = 1,5 . D = 0,6 \text{ m} \quad (5.16)$$

$$d_{300} = 1,5 . D = 0,45 \text{ m}$$

Em que:

d = distância mínima entre o tubo e o fundo do poço, m;

D = diâmetro da tubulação = 400 mm e 300 mm.

$$d_{p\ 400} = 1,0 . D = 0,4 \text{ m} \quad (5.17)$$

$$d_{p\ 300} = 1,0 . D = 0,3 \text{ m}$$

Em que:

d_p = distância mínima da parte externa e as paredes, m;

D = diâmetro da tubulação = 400 mm e 300 mm.

Dessa forma, seguindo as especificações para 400 mm, a altura da tubulação submersa deve ser de 1 m, com distância mínima entre o tubo e o fundo do poço de 0,6 m, além de distância mínima da parte externa e as paredes de 0,4 m. E a para 300 mm, a altura da tubulação submersa deve ser de 0,75 m, com distância mínima entre o tubo e o fundo do poço de 0,45 m, além de distância mínima da parte externa e as paredes de 0,3 m.

5.5 Análise do projeto da Estação de Tratamento de Águas

5.5.1 Mistura rápida

No memorial descritivo da empresa consta que o dispositivo de mistura rápida a ser utilizado é a calha Parshall, mas não há as dimensões deste dispositivo. O tempo de detenção máximo informado foi de 0,2843 s e o gradiente de velocidade máximo de 1.397 s^{-1} . Sendo assim, é possível determinar o tamanho da calha Parshall a partir da vazão de água tratada na estação que será correspondente a medida da garganta do dispositivo, conforme a tabela 5.6.

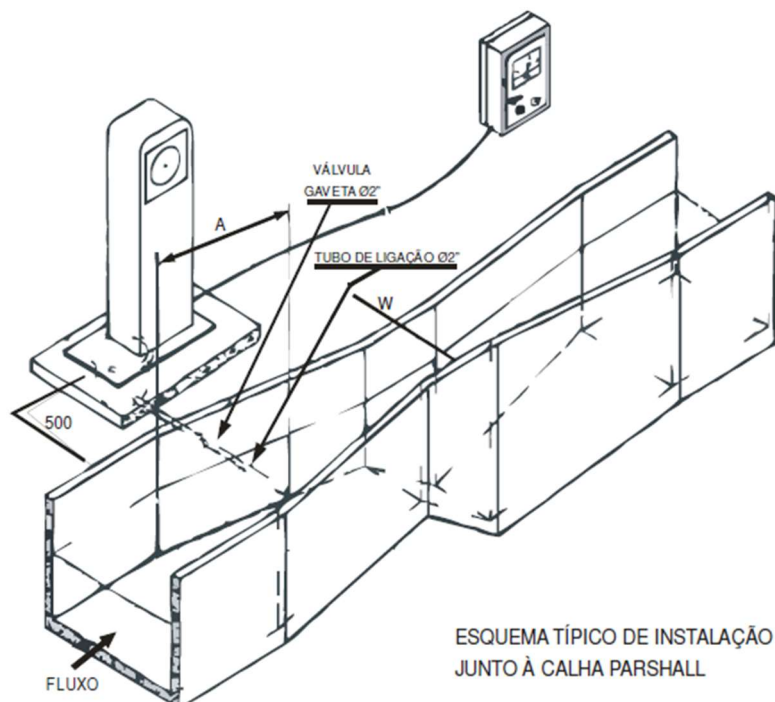
Tabela 5.6 - Dimensionamento da calha Parshall

Vazão com escoamento livre (L s^{-1}) Mínima - Máxima	W medida da garganta (cm)
0,3 - 5,0	2,5
0,8 - 53,8	7,6
1,4 - 110,4	15,2
2,5 - 252,0	22,9
3,1 - 455,9	30,5
4,2 - 696,6	45,7
11,9 - 937,3	61,0
17,3 - 1427,2	91,5
36,8 - 1922,7	122,0

Fonte: adaptado de DIGIFLOW, 2022; SANECOM, 2022.

Dessa forma, a partir da tabela 5.6 verifica-se que será necessário a implementação de uma calha de 22,9 cm de garganta porque a implementação de uma calha menor levaria ao risco de extravasamento. Esse modelo é representado pela figura 5.1, em que estão destacadas as dimensões da calha.

Figura 5.1 – Esquema típico de uma calha Parshall, sendo ‘W’ a medida da garganta da calha, igual a 22,9 cm para este projeto e ‘A’ a seção convergente de 87,9 cm.



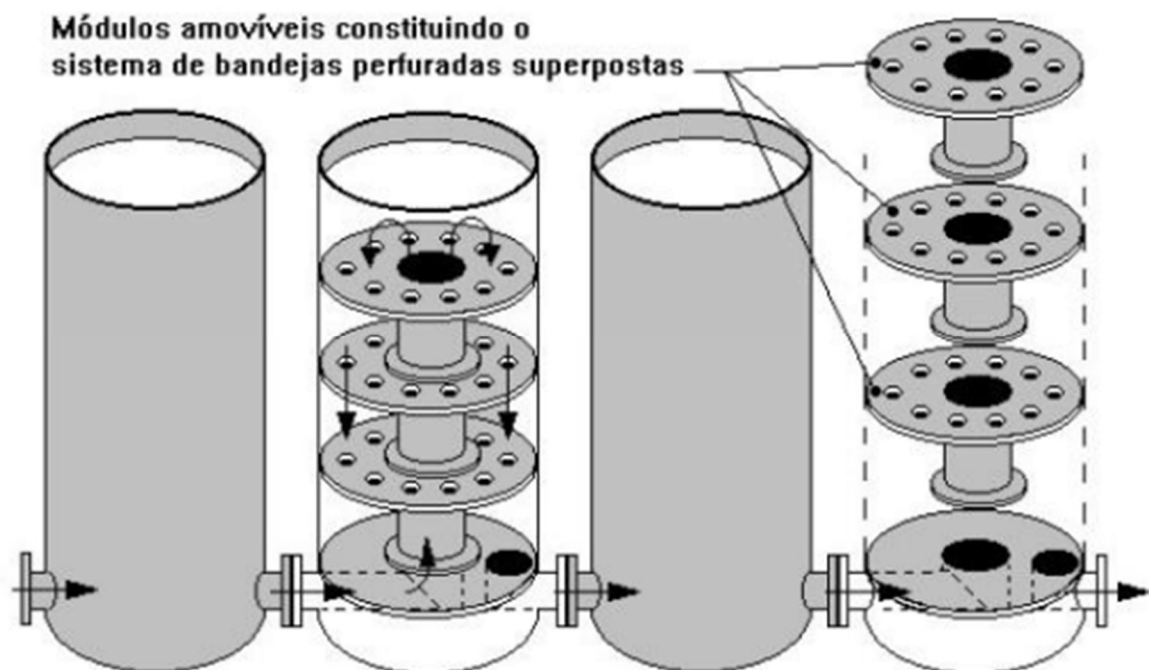
Fonte: SOUZA, 2007, p. 68.

De acordo com a NBR 12216 as condições ideais de tempo de mistura, gradiente de velocidade e concentração da solução coagulante devem ser determinadas através de ensaios laboratoriais preferencialmente. Quando não são realizados é necessário que a dispersão de coagulantes metálicos hidrolisáveis seja feita em gradientes de velocidade entre 700 e 1100 s^{-1} com um tempo de mistura menor ou igual a 5 s. Quando em uso de polieletrólitos, a dispersão deve ser realizada de acordo com as indicações do fabricante. Há ainda a recomendação de que a aplicação da solução coagulante seja feita imediatamente antes do ponto de maior dissipação de energia por jatos separados de no máximo 10 cm. Conforme informado pelo projeto, o tempo de detenção está de acordo com as determinações, mas é necessário adequar o gradiente máximo.

5.5.2 Coagulação/floculação

De acordo com o memorial descritivo da nova ETA optou-se por utilizar floculadores compostos por 2 séries com 4 câmaras de formato cilíndrico, do tipo hidráulico com 6 bandejas perfuradas contendo 200 orifícios, como exemplificado pela figura 5.2. Os floculadores de bandeja foram criados especialmente para utilização em estações de tratamento de água pré-fabricadas (WAJSMAN, 2014, p. 16).

Figura 5.2 - Esquema de um floculador do tipo bandeja



Fonte: WAJSMAN, 2014, p. 16.

Os floculadores podem ser dos tipos mecanizado ou hidráulico. Os mecanizados contam com um conjunto mecânico para promover a agitação, como bombas e agitadores. Já nos hidráulicos a água é forçada a realizar caminhos distintos, e esse movimento irá promover a agitação. Estes últimos são mais eficientes já que não se observam as zonas mortas e curto-circuito, que implicam num tempo mais curto de floculação (PELISSARI, 2006, p. 28; NBR ABNT 12216, 1992).

Os dados de projeto do floculador foram retirados do memorial descritivo de projeto da nova ETA (MEMORIAL DESCRITIVO, 2021):

Vazão total: $Q = 110 \text{ L s}^{-1}$;

Vazão por série: $Q = 55 \text{ L s}^{-1}$;

Altura total de cada câmara de floculação: $A_c = 4,40 \text{ m}$;

Diâmetro total de cada câmara de floculação: $D_c = 2,80 \text{ m}$;

Tempo de detenção: $t = 24,20 \text{ min}$

Gradiente de velocidade das câmaras:

$$G_{\text{câm } 1} = 58 \text{ s}^{-1}$$

$$G_{\text{câm } 2} = 32 \text{ s}^{-1}$$

$$G_{\text{câm } 3} = 21 \text{ s}^{-1}$$

$$G_{\text{câm } 4} = 12 \text{ s}^{-1}$$

A ABNT NBR 12216 (1992) estabelece que o gradiente de velocidade precisa ser de no máximo 70 s^{-1} e no mínimo 10 s^{-1} . Além disso, o tempo de detenção precisa estar entre 20 e 30 minutos. Portanto, os valores adotados no memorial descritivo estão de acordo com as determinações da norma.

Para realizar a floculação é necessário adicionar os agentes coagulantes na água bruta. O sulfato de alumínio é o coagulante mais utilizado e abordado na ABNT NBR 12216. A norma indica que a previsão de consumo de produtos químicos seja feita com base em ensaios laboratoriais, mas caso não seja possível realizá-los também pode-se utilizar dados de estações com mananciais de características semelhantes para os cálculos (ABNT NBR 12216, 1992, p. 14). Na estação de tratamento de água existente no município é utilizado o coagulante sulfato de alumínio e, em algumas situações, o policloreto de alumínio (PAC). Os dados relacionados às quantidades utilizadas desses produtos no tratamento de água foram disponibilizados pela empresa para compor este estudo de caso. Dessa forma, como o manancial utilizado na estação atual é classificado como do tipo C, assim como ao manancial da nova ETA, é possível realizar uma previsão do uso deste produto nesta última estação de tratamento de água. O boletim diário de operação de ETA, utilizado pela empresa, informa o consumo diário e mensal de coagulantes e a partir destes dados construiu-se a tabela 5.7 que também auxilia no dimensionamento do tanque de armazenamento para estes produtos.

No mês de novembro ocorreu o maior consumo de sulfato de alumínio de 2021, e no mês de fevereiro o maior consumo de PAC do ano. Sendo assim, os tanques de armazenamento precisam ser compatíveis com o maior uso registrado dos coagulantes. E outro detalhe

importante, a ETA nova irá tratar metade da capacidade da ETA atual então os valores da tabela 5.7 representam aproximadamente o dobro do que será consumido.

PAC 18% = aproximadamente 1 tanque de 1.000L

Sulfato de alumínio 50% = aproximadamente 1 tanque de 1.000L

Tabela 5.7 - Consumo mensal de coagulantes ETA atual no ano de 2021, (L).

	PAC 18% (líquido)	Sulfato de alumínio 50% (líquido)
Janeiro	1.146,58	53,76
Fevereiro	1.550,1	116,4
Março	1.282,2	2,4
Abril	52,8	7,2
Maio	103,92	2,4
Junho	84,24	15,0
Julho	0	26,52
Agosto	0	56,52
Setembro	14,40	118,2
Outubro	143,04	1.524,37
Novembro	56,28	1.558,5
Dezembro	738,77	798,1
Total	4.276,0	5.172,33

Fonte: Boletim diário da empresa de saneamento, 2021.

A quantidade de produto utilizado depende da turbidez aferida na água bruta, a empresa possui um procedimento operacional padrão indicando as dosagens de coagulante na água com turbidez a partir de 5,0 NTU representado na tabela 5.8 até a turbidez de 30,0 NTU.

Tabela 5.8: Dosagens recomendadas de sulfato de alumínio e PAC para turbidez < 5,0 NTU.

Turbidez água bruta (NTU)	PPM Sulfato de alumínio	PPM PAC
< 5,0	2,00	1,00
10,0	2,40	1,40
15,0	2,70	1,70
20,0	3,00	2,00
30,0	3,50	2,00

Fonte: Procedimento operacional padrão para utilização do aparelho Jar Test, 2018.

5.5.3 Decantação

Os decantadores utilizados serão os de alta taxa, com placas lamelares, de fundo tipo tronco com pirâmide invertida e capacidade de $110,0 \text{ L s}^{-1}$. A água será distribuída por meio de dois tubos difusores e a descarga será feita por meio de duas válvulas borboleta com 200 mm de diâmetro. Os decantadores lamelares possuem módulos instalados em seu interior, como mostra a figura 5.3. Também é possível observar o fundo em pirâmide invertida.

Figura 5.3 - Decantador lamelar de formato tubular e saída em pirâmide invertida



Fonte: Águas Claras, 2022.

Os decantadores podem ser de fluxo horizontal e de fluxo vertical, além de também serem classificados pelo formato da saída da água decantada em: quadrada, baixa, alta, em 'U' e em pirâmide invertida ou 'V' (SOUZA, 2007, p. 89 - 101). O formato em 'V' escolhido facilita a limpeza do decantador, já que o lodo irá se depositar ao fundo e pode-se adicionar um

tubo e uma válvula para retirá-lo (SOUZA, 2007, p. 91). Além disso, os decantadores lamelares são conhecidos por serem de alta taxa já que possuem maior superfície de contato e ocupam menor espaço, o que representa um rendimento elevado na decantação se comparado a outros modelos (SOUZA, 2007, p. 101).

Na figura 5.4 pode-se observar que a água entra na parte superior do decantador, desce até o fundo em pirâmide invertida e depois sobe para seguir a próxima operação unitária. Esse percurso é o que classifica o decantador como sendo de fluxo vertical.

Figura 5.4 - Decantador lamelar de fundo em pirâmide invertida



Fonte: Nordic Water, 2022.

A ABNT NBR 12216 (1992, p. 7) indica que as ETA com capacidade menor que $1.000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ tenham no mínimo uma unidade de decantação, desde que não mecanizada. Já as unidades com capacidade maior e que funcionem durante mais de 18 h dia^{-1} precisam contar com no mínimo duas unidades ainda que mecanizadas.

Os dados de projeto do decantador foram retirados do memorial descritivo de projeto da nova ETA (MEMORIAL DESCRITIVO, 2021).

Largura: $3,20 \text{ m}$;

Comprimento: $5,0 \text{ m}$;

Altura: $3,90 \text{ m}$;

Diâmetro do tubo difusor: 325 mm ;

Número de orifícios: 90;

Escoamento superficial: $\frac{Q}{A} = 149,0 \text{ m}^3 (\text{m}^2 \text{ dia})^{-1}$;

Velocidade de sedimentação: $V_s = 1,37 \text{ cm min}^{-1}$.

O memorial descritivo informa que a empresa irá utilizar quatro decantadores com capacidade de $110,0 \text{ L s}^{-1}$. Dessa forma, estão de acordo com as determinações da ABNT NBR 12216. Os decantadores lamelares exigem baixa manutenção e no caso deste projeto, o uso de várias unidades se explica pelo aumento da eficiência do processo e pela flexibilidade de manutenção, já que se pode parar apenas uma unidade para limpeza e manutenção, enquanto as outras continuam funcionando (SENS, p. 43).

Analisando os valores comerciais destas unidades no site Águas Claras Engenharia no dia 10 de julho de 2022, tem-se que decantadores com capacidade de 7.500 L h^{-1} custam R\$ 41.224,40; decantadores com capacidade de 5.000 L h^{-1} têm o valor de R\$ 32.181,88; e decantadores com capacidade de 3.500 L h^{-1} são comercializados por R\$25.242,16. Ou seja, utilizar várias unidades com menor capacidade tem um valor mais elevado que uma unidade de maior capacidade, porém usar uma unidade tem a desvantagem do risco de comprometer o abastecimento em caso de possível manutenção.

5.5.4 Filtração

A nova ETA foi projetada para utilizar seis filtros rápidos descendentes de camada dupla em formato retangular, conforme ilustrado pela figura 5.5. Serão montados em duas séries compostas por três filtros cada. A descarga será feita com registros de gaveta.

Os dados de projeto de cada filtro foram retirados do memorial descritivo de projeto da nova ETA (MEMORIAL DESCRITIVO, 2021).

Composição dos filtros: camada dupla com areia e antracito;

Taxa de aplicação ou taxa de filtração: $\frac{Q_{m\acute{a}x}}{A} = 120,73 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2.\text{dia}}$

- Camada de areia

Espessura da camada de areia: $L = 25 \text{ cm}$;

Tamanho do grão menor: $d = 0,42 \text{ mm}$;

Tamanho do grão maior: $D = 1,68 \text{ mm}$;

Tamanho efetivo: $d_{10\%} = 0,50 \text{ mm}$;

Coefficiente de uniformidade: $C_{uni} = 150$;

Peso específico da areia: $\gamma_s = 2,65 \text{ g/cm}^3$.

- Camada de antracito

Espessura da camada de antracito: $L = 25 \text{ cm}$;

Tamanho do grão menor: $d = 0,42 \text{ mm}$;

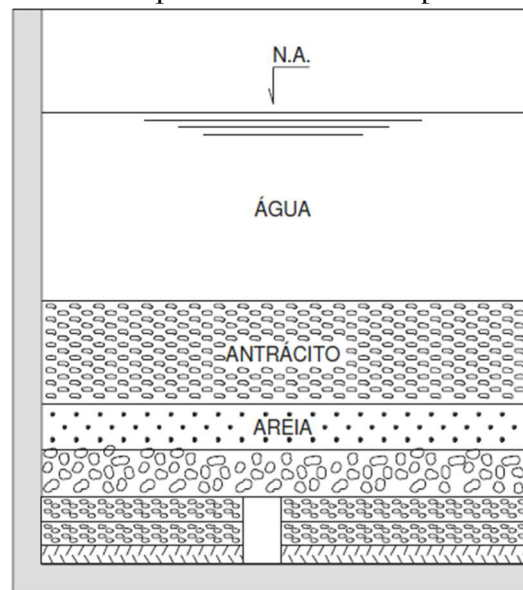
Tamanho do grão maior: $D = 1,68 \text{ mm}$;

Tamanho efetivo: $d_{10\%} = 0,50 \text{ mm}$;

Coefficiente de uniformidade: $C_{uni} = 150$;

Peso específico da antracito: $\gamma_s = 2,65 \text{ g/cm}^3$.

Figura 5.5 - Esquema de filtro de dupla camada.



Fonte: SOUZA, 2007, p. 115.

A NBR 12216 especifica que os filtros rápidos tenham a seguinte composição:

- Areia: espessura mínima da camada de 25 cm, tamanho efetivo de 0,40 mm a 0,45 mm, coeficiente de uniformidade de 1,4 a 1,6;
- Antracito: espessura mínima da camada de 45 cm, tamanho efetivo de 0,8 mm a 1,0 mm, coeficiente de uniformidade inferior ou igual a 1,4.
- A taxa de filtração máxima para filtros de camada dupla deve ser de $360 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

Levando em consideração as determinações e os valores informados no memorial descritivo, os coeficientes de uniformidade da camada de areia e de antracito, o tamanho efetivo dos grãos de areia, além da espessura da camada de antracito estão fora dos padrões estabelecidos pela ABNT NBR 12216. A norma diz que podem ser feitas mudanças no projeto caso seja comprovado por ensaios piloto que o filtro com valores fora das determinações é tão

eficiente quanto o filtro com os valores mínimos (ABNT NBR 12216, 1992, p. 10). Pois a eficiência da filtração depende das propriedades do material filtrante como o tamanho, densidade, formato e dureza (VIEIRA, 2013, p. 24).

Uma alternativa que pode melhorar a eficiência dos filtros é a adição de carvão ativado. O carvão ativado já vem sendo estudado para remoção de hormônios na água, defensivos agrícolas, cloro e fármacos. O estudo de Borges et. al., (2016) em relação a remoção dos fármacos ibuprofeno, amoxicilina, naxopreno e diclofenaco de sódio constatou a remoção de 80% dessas substâncias utilizando carvão biológico. E o estudo de AZEVEDO, (2019, p. 21) avaliou a remoção de desreguladores endócrinos da água pelo carvão ativado granular, chegando a uma média de remoção de 83%. Para isso é necessário obedecer as determinações para troca do leito filtrante, dessa forma sem saturar a superfície do carvão.

5.5.5 Desinfecção

O memorial descritivo da empresa não aborda a etapa de desinfecção. Porém, esta se constitui uma etapa obrigatória do tratamento de água segundo a NBR ABNT 12216.

A ABNT NBR 12216 determina que “o consumo de produtos químicos pode ser estimado por meio de dados verificados em outras estações com águas de características semelhantes”. O consumo de hipoclorito de sódio é estimado em no mínimo 1 mg L^{-1} e máximo 5 mg L^{-1} . E para estações com capacidade inferior a $10.000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ podem-se utilizar cilindros de cloro líquido.

Para dosagem não há nenhuma fórmula específica na norma, então para dimensionamento do tanque de contato para cloração utiliza-se as equações 5.18 a 5.21 e para consumo de cloro na desinfecção utiliza-se a equação 5.22 (SILVA, T. S. 2014). Os dados utilizados nos cálculos são descritos a seguir.

$$Q = \text{vazão de fornecimento de água} = 100 \text{ L s}^{-1} \text{ ou } 0,1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Dosagem de cloro} = Cl_{\min} = 1,0 \text{ mg L}^{-1}; Cl_{\text{méd}} = 2,5 \text{ mg L}^{-1}; Cl_{\max} = 5,0 \text{ mg L}^{-1}$$

$$T_c = \text{tempo de contato} = 15 \text{ minutos ou } 900 \text{ segundos}$$

$$4 < \frac{L}{B} \leq 2,5 \text{ para fins de cálculo adotou-se no projeto } \frac{L}{B} = 3 \text{ (NBR 12216).}$$

$$H = \text{altura do tanque de contato} = 4,0 \text{ m.}$$

Inicialmente é necessário saber o volume do tanque, calculado pela equação 5.18.

$$V = Q \cdot T_c = 90.000 \text{ L ou } 90 \text{ m}^3 \quad (5.18)$$

Em que:

T_c = tempo de contato, s;

V = volume do tanque de contato, L;

Q = vazão de fornecimento de água, L s^{-1} .

A determinação da área superficial é dada pela equação 5.19.

$$A_s = \frac{V}{H} = 22,5 \text{ m}^2 \quad (5.19)$$

Em que:

A_s = área superficial do tanque de contato, m^2 ;

V = volume do tanque de contato, m^3 ;

H = altura do tanque de contato = 4,0 m.

A partir da área superficial é possível saber o comprimento e largura do tanque utilizando a equação 5.20.

$$A_s = B \cdot L \quad (5.20)$$

Em que:

A_s = área superficial do tanque de contato, m^2 ;

B = largura do tanque de contato, neste caso, $B = 2,7 \text{ m}$, podendo este valor ser arredondado para 3,0 m.

L = comprimento do tanque de contato, neste caso, $L = 8,0 \text{ m}$.

A partir desses dados é calculada a velocidade da água nas passagens, conforme equação 5.21.

$$V_h = \frac{Q}{A_h} = 0,0042 \text{ m s}^{-1} \quad (5.21)$$

Em que:

$A_h = B \cdot L$ = área superficial entre as chicanas;

V_h = velocidade nas passagens entre as chicanas;

Q = vazão de fornecimento de água, $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Por fim, a quantidade de cloro é dada pela equação 5.22 e os dados calculados se encontram na tabela 5.9 (resultados dos cálculos de massa para o consumo mínimo, médio e máximo). A empresa costuma utilizar cloro líquido nas suas estações, então pode-se converter a massa de cloro pelo volume através da densidade ($\rho_{\text{cloro}} = 1,20 \text{ Kg L}^{-1}$).

$$M_{\text{cloro}} = Q \cdot Cl \cdot \Delta t \quad (5.22)$$

Em que:

M_{cloro} = massa de cloro, Kg/dia;

Cl = dosagem de cloro, Kg/m³

Δt = tempo de consumo = 86.400s

Q = vazão de fornecimento de água, m³/s

Tabela 5.9 - Valores de consumo médio, mínimo e máximo de cloro.

	Consumo total em massa de cloro	Consumo em litros de cloro em solução 12%
$Cl_{\text{mín}} = 1,0 \text{ mg L}^{-1}$	8,64 kg dia ⁻¹	60 L dia ⁻¹
$Cl_{\text{méd}} = 2,5 \text{ mg L}^{-1}$	21,6 kg dia ⁻¹	150 L dia ⁻¹
$Cl_{\text{máx}} = 5,0 \text{ mg L}^{-1}$	43,2 kg dia ⁻¹	300 L dia ⁻¹

FONTE: Autoria própria, 2022.

A portaria n°888/2021 determina que o valor mínimo de cloro presente na água em qualquer ponto da rede de distribuição seja de 0,2 mg L⁻¹ e no máximo 5,0 mg L⁻¹. Dessa forma, na ETA existente no município trabalha-se com o residual mínimo de cloro na saída do tratamento de 0,8 mg L⁻¹ e adotando a mesmo valor, o resultado mais próximo ao consumo real seria de 8,64 kg dia⁻¹ que em solução 12% representa 60 L dia⁻¹.

5.5.6 Fluoretação

O valor máximo de dosagem de ácido fluossilícico (flúor) na água tratada de acordo com a legislação é de 1,5 mg L⁻¹, mas o valor mínimo é determinado de acordo com as médias das temperaturas máximas do ar. Com os dados da tabela 3.5 e levando em consideração a média das temperaturas máximas como 25°C tem-se as seguintes concentrações de flúor:

Valor mínimo: 0,7 mg L⁻¹

Valor máximo: 1,0 mg L⁻¹

Valor ótimo: 0,8 mg L⁻¹, utilizado no cálculo da dosagem de ácido fluossilícico na avaliação do projeto da nova ETA.

Considerando o abastecimento de 100 L s⁻¹ pode-se obter o consumo total de ácido fluossilícico para um dia, de acordo com equação 5.23.

$$D_{flúor} = Q_1 \cdot F \cdot t = 5,86 \text{ L dia}^{-1} \quad (5.23)$$

Em que:

$D_{flúor}$ = dosagem de ácido fluossilícico, L dia⁻¹

Q_1 = vazão da captação a reservação em L s⁻¹

t = tempo, s = 86.400 s

$\rho_{ácido \text{ fluossilícico}}$ = 1,18 Kg L⁻¹

F = valor ótimo de flúor na água tratada, mg L⁻¹

5.6 Análise do projeto para reservação

O memorial descritivo prevê a instalação de um reservatório de 1.000 m³, diâmetro de 12,0 m, altura total de 8,80 m, altura útil de 8,0 m. Este reservatório será interligado à rede de distribuição já construída pela empresa.

Recomenda-se a utilização de reservatórios elevados de até 1.000 m³ por questões estéticas e econômicas, porém é mais comum a utilização de reservatórios de até 500 m³ (TSUTIYA, 2007, p. 365).

5.7 Análise do projeto para distribuição

Segundo o memorial descritivo, a água tratada pela nova ETA será distribuída a partir do sistema de distribuição existente. Será realizada a interligação entre a distribuição e o reservatório da estação. Esta prática é recomendada na NBR 12216, já que pode reduzir os custos do projeto.

6 CONCLUSÃO

A partir da avaliação das vazões de água bruta captadas na ETA atual pode-se concluir que a estação realmente atua em sua capacidade máxima, não sendo suficiente para abastecimento da população. Dessa forma, se faz necessário um projeto para aumentar a capacidade de abastecimento da cidade.

O projeto da nova ETA utiliza um manancial classificado como do tipo C assim como o manancial da ETA atual. As características do manancial são determinantes para a implementação das etapas de tratamento de água. Levando em consideração as características do manancial é suficiente utilizar as etapas de tratamento de mistura rápida, floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Por se tratar de mananciais do tipo C, as duas ETA possuem operações unitárias de tratamento iguais com diferença nas dosagens de produtos químicos para floculação/coagulação, uma vez que esses processos dependem da turbidez da água bruta que varia de acordo com o clima e estações do ano. E também as dosagens de hipoclorito de sódio (cloro) e ácido fluorossilícico (flúor) que são dosados de acordo com a vazão de água bruta da estação.

Com relação às operações unitárias aplicadas, apenas os parâmetros para a filtração e mistura rápida precisam de adequações, porém as normas aplicáveis permitem a realização de alterações no projeto desde que seja justificado que a mudança aumenta a eficiência do processo. As outras operações estão de acordo com as determinações das normas técnicas e recomendações da literatura específica.

Para melhora do projeto como sugestão deve-se utilizar as adutoras de 400 mm e com relação a qualidade do processo de tratamento, a eficiência da filtração pode ser elevada a partir da implantação de um filtro com pelo menos uma das camadas composta por carvão ativado, para remoção de agentes nocivos além da troca dos coagulantes compostos por sais metálicos, pelos coagulantes orgânicos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCON; SINDCON. **Panorama da Participação Privada no Saneamento**. 2019, p. 92. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/uploads/Estudo---PANORAMA-SETOR-PRIVADO-NO-SANEAMENTO-2019.pdf> . Acesso em: 12 jul. 2022.

ÁGUAS CLARAS. Decantador Lamelar, 2022, site. Disponível em: <https://loja.aguasclarasengenharia.com.br/decantadores-lamelares/decantador-fisico-quimico-vertical-20m-h> . Acesso em: 12 jul. 2022.

ANÁLISE CAPTAÇÃO NOVA ETA E ETA ATUAL. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12211**. p. 14, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12213**. p. 5, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12214**. p. 15, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12216**. p. 18, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Quem somos, 2022, site. Disponível em: <https://www.abnt.org.br/institucional/sobre>. Acesso em: 12 jul. 2022.

AZEVEDO, T. S. **Remoção de Desreguladores Endócrinos em Água de Abastecimento**. Orientadora: Ann Honor Mounteer. 2019. p. 91. Dissertação de Mestrado (Pós Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/24707/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2021.

BOLETIM DIÁRIO DE OPERAÇÃO. 2021.

BORGES, R. M.; MINILLO, A.; LEMOS, E. G. M.; PRADO, H. F. A.; TANGERINO, E. P. Uso de Filtros de Carvão Ativado Granular Associado a Microrganismos Para Remoção de Fármacos no Tratamento de Água Para Abastecimento. **Scielo Brasil Engenharia Sanitária e Ambiental**. n. 4. v. 21. p. 12. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/qShs6gCcN46bLKrnCB9Ljkr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 jul. 2022.

BRASIL. Casa Civil. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm . Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Casa Civil. **Decreto Nº 24.643 de 10 de julho de 1934**. 1934. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-24643-10-julho-1934-498122-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Casa Civil. **Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Decreto Federal Nº 79.367 de 9 de março de 1977**. 1977. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/d79367.htm . Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS Nº 1.469 de 29 de dezembro de 2000**. p. 33, 2000. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_1469.pdf. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011**. 2011. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria MS Nº 518 de 25 de março de 2004**. p. 34, 2004. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 443 BSB de 03 de outubro de 1978**. p. 8, 1978. Disponível em: <https://daejudiai.com.br/wp-content/uploads/2013/10/Portaria-Federal-443-Bsb.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 56 BSB de 14 de março de 1977**. 1977.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 56 de 14 de março de 1977**. 1977.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 635 BSB de 26 de dezembro de 1975**. 1975. Disponível em: <https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/MatrizesConsolidacao/comum/249408.html> . Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 36 de 19 de janeiro de 1990**. 1990. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1990/prt0036_19_01_1990.html . Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria PRC N°5 de 28 de setembro de 2017**. 2017. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html. Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental**. Brasília, p. 106, 1986. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/programa_agua_consumo_humano.pdf . Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Portaria Interministerial N° 571 de 5 de dezembro de 2013**. 2013b. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=176&data=06/12/2013> . Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Poder Legislativo. **Lei N° 14.026, de 15 de julho de 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421> . Acesso em: 12 jul. 2022.

BRASIL. Secretaria Geral. **Decreto N° 8.141, de 20 de novembro de 2013**. 2013a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/D8141.htm#textoimpressao . Acesso em: 12 jul. 2022.

CASTRO, R. S. A. **Qualidade da Água Distribuída e seus Prováveis Impactos na Saúde da População do Distrito Federal**. Orientador: Dr. Jaime Lopes da Mota Oliveira. 2018. p. 44. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Brasília. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/34225/2/ve_Rossana_Santos_ENSP_2018 . Acesso em: 12 jul. 2022.

CLETO, C. I. T. P. **O Alumínio na Água de Consumo Humano**. Orientadora: Dra Isabel Ferra. 2008. p. 87. Dissertação (Mestrado em Química Industrial) – Universidade da Beira Interior, Covilhã. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2842/1/TESE%20FINAL.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

DIGIFLOW MEDIÇÃO E CONTROLE DE FLUIDOS. Calha Parshall, 2022, site. Disponível em: <http://www.digiflow.com.br/pdf/1-17-2.pdf> . Acesso em: 12 jul. 2022.

FILHO, S. S. F. **Tratamento de água : concepção, projeto e operação de estações de tratamento**. 1° Ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2017. 446 p.

FLORES, R. O. **Avaliação das Melhores Condições para o Tratamento das Águas dos Rios Guandu e Saracuruna por Clarificação Visando uso Industrial**. Orientadora: Dr.(a) Fabiana Valéria da Fonseca. 2018. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.tpqb.eq.ufrj.br/download/tratamento-das-aguas-dos-rios-guandu-e-saracuruna-por-clarificacao-visando-uso-industrial.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2022.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Relatório de Pesquisa Sistema Estadual de Informações Sobre Saneamento**. Belo Horizonte, 2012, p. 165. Disponível em: http://fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/Relatorio_da_Pesquisa_SEIS_2012.pdf. Acesso em: 12 jul. 2022.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de Fluoretação da Água para Consumo Humano**. Brasília, 2012, p. 71. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/mnl_fluoretacao_2.pdf. Acesso em: 12 jul. 2022.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual de Saneamento**. Brasília, 2006, p. 408. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/ccz/files/2016/03/FUNASA-MANUAL-SANEAMENTO.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2022.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Saneamento para Promoção da Saúde, 2017, site. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/saneamento-para-promocao-da-saude>. Acesso em: 12 jul. 2022.

GERHARDT, C. M. **Uma Alternativa de Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Água Potável**. Orientadora: Dr.(a) Tânia Mara Pizzolato. 2018. 79 p. Trabalho de Conclusão (Graduação) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/193971/001091936.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 jun. 2022.

GERHARDT, C. M. **Uma Alternativa de Substituição ao Sulfato de Alumínio no Tratamento de Água Potável**. Orientadora: Dra. Tânia Mara Pizzolato. 2018. p. 79. Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/193971/001091936.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 jul. 2022.

HANAUER, T. V.; ANDERLE, G. A.; COSTA, J. C.; DOLINE, J. SILVA, A. H. C.; HERMES, E. Aplicação de Coagulantes Químico e Orgânico para o Tratamento de Efluente de Abatedouro Avícola. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 2, p. 480 - 493, 2017.

HANAUER, T. V.; ANDERLE, G. A.; COSTA, J. C.; DOLINE, J.; SILVA, A. H. C.; HERMES, E. Aplicação de Coagulantes Químico e Orgânico para o Tratamento de Efluente de Abatedouro Avícola. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, p. 480 - 493, 2019.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 1º edição, volume 1. Belo Horizonte, Editora UFMG, 2010. p. 428.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 1º edição, volume 2. Belo Horizonte, Editora UFMG, 2010. p. 459.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Em apenas 3,6% dos municípios empresas privadas são responsáveis pelo abastecimento de água, 2020, site. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/28325-em- apenas-3-6-dos-municipios-empresas-privadas-sao-responsaveis-pelo-abastecimento-de-agua>. Acesso em: 12 jul. 2022.

MEMORIAL DESCRITIVO DA EMPRESA DE SANEAMENTO. 2021. p. 70.

MENDES, L. S.; FERREIRA, I. M. Influência da Sazonalidade na Qualidade da Água Bruta no Município de Ituiutaba - MG. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, p. 97 - 105, 2014.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário, 2021, site. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/saneamento/abastecimento-de-agua-e-esgotamento-sanitario>. Acesso em: 12 jul. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Qualidade da Água para Consumo Humano: Cartilha para promoção e proteção da saúde**. Brasília: Editora MS, 2018. 51 p. Disponível em:

https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/qualidade_agua_consumo_humano_cartilha_promocao.pdf . Acesso em: 30 mar. 2022.

NORDIC WATER. Sedimentadores Lamelares, 2022, site. Disponível em: <https://www.nordicwaterbr.com/nordic-water-lamella.html>. Acesso em: 12 jul. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **O Direito Humano à Água e Saneamento**. 2011, p. 8. Disponível em: https://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf . Acesso em: 12 jul. 2022.

PELISSARI, L. M. T. **Influência de Parâmetros de Projeto no Desempenho do Floculador Tubular Helicoidal Aplicado ao Tratamento de Água de Abastecimento**. Orientador: Dr. Renato do Nascimento Siqueira. 2006. p. 123. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de Coagulantes Orgânicos Naturais Como Alternativa ao Uso do Sulfato de Alumínio no Tratamento de Água**. Orientadora: Carmen Maria Barros de Castro. 2008. p. 78. Trabalho de Conclusão (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26026/000754989.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO PARA UTILIZAÇÃO DO APARELHO JAR TEST. 2018.

ROCHA, P. S. G. **Análise da Influência da Turbidez em Resultado de Amostras de Água Subterrânea**. Orientador: Dr Robson Leocádio Franklin. 2019. p. 72. Trabalho de Conclusão (Pós-graduação) - Escola Superior da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2020/11/Paulo-Sergio-Goncalves-Rocha-TCC-T2.pdf> . Acesso em: 11 jul. 2022.

ROSA, R. M. S. **Análise do Diâmetro Econômico das Tubulações**. Orientador: Eduardo Thadeu. 2015. p. 40. Monografia (Graduação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/25265/25265.PDF>. Acesso em: 12 jul. 2022.

ROSA, M. S. **Avaliação do Emprego de Coagulantes Orgânicos e Inorgânicos no Tratamento Primário de Efluente de Abate e Industrialização de Aves**. Orientadora: Dra. Juliana Bortoli Rodrigues Mees. 2019. p. 52. Trabalho de Conclusão (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12533/2/empregocoagulantestratamentoeffluente.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2022.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais Efeitos da Presença de Alumínio na Água de Consumo Humano**. Orientadora: Dra. Maria Gabriela L. S. Féria de Almeida. 2011. p. 65. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade Nova de Lisboa. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/303714863.pdf> . Acesso em: 11 jul. 2022.

SALLES, M. J. **Política Nacional de Saneamento: percorrendo caminhos em busca da universalização**. Orientador: Dr. Jorge Mesquita Huet Machado. 2008. p. 185. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/2605/1/ENSP_Tese_Salles_Maria_Jos%C3%A9.pdf . Acesso em: 11 jul. 2022.

SANECOM FIBRA. Guia Completo Calha Parshall, 2022, site. Disponível em: <https://irp.cdn-website.com/0710e58f/files/uploaded/GUIA%20COMPLETO%20PARSHALL%20E-BOOK.pdf> . Acesso em: 12 jul. 2022.

SENS, M. L. Tratamento de Águas de Abastecimento. **Saneamento Básico I**. p. 162. Disponível em: http://neagua.ufsc.br/tiki-download_file.php?fileId=33 . Acesso em: 11 jul. 2022.

SILVA, C. A.; SILVEIRA, C.; SILVA, F. A.; KLEN, M. R. F.; BERGAMASCO, R. Classificação dos Lodos Formados Durante o Processo de Coagulação/Floculação com os Coagulantes PAC e *Moringa oleifera*. **Engevista**, v. 14, p. 302 - 309, 2012.

SILVA, C. A.; SILVEIRA, C.; SILVA, F. A.; KLEN, M. R. F.; BERGAMASCO, R. Classificação dos Lodos Formados Durante o Processo de Coagulação/Floculação da Água com os Coagulantes PAC e *Moringa oleifera*. **ENGEVISTA**, v. 14, n. 3, p. 302 - 309, 2012.

SILVA, T. S. **Concepção Autossustentável de uma Estação de Tratamento de Água para o Município de Campina Grande - PB**. Orientadora: Dra. Weruska Brasileiro Ferreira. 2014. p. 102. Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/8283/1/PDF%20-%20Tairone%20Santiago%20Silva.pdf> . Acesso em: 12 jul. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto**. Brasília, 2021, p. 91. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 12 jul. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Painel de informações sobre abastecimento de água, 2020, site. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua> . Acesso em: 12 jul. 2022.

SOUZA, T. P. S.; LIBÂNIO, M.; FERNANDES, P. R. M. Avaliação da Perspectiva do Uso de Efluentes Sanitários Para Fins de Abastecimento. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Belo Horizonte, v. 9, n. 5, p. 28 - 53, 2016. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2017/04/avaliacao-da-perspectiva-uso-de-efluentes-sanitarios-para-fins-de-abastecimento.pdf> . Acesso em: 11 jul. 2022.

SOUZA, W. A. Tratamento de Água. Natal:CEFET/RN, 2007. 152 p.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3º edição. São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. p. 659.

VASCO, P. S. Estudo aponta que falta de saneamento prejudica mais de 130 milhões de brasileiros, 2022, site. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2022/03/estudo-aponta-que-falta-de-saneamento-prejudica-mais-de-130-milhoes-de-brasileiros#:~:text=Quase%2035%20mil%C3%B5es%20de%20pessoas,levar%20%C3%A0%20morte%20por%20contamina%C3%A7%C3%A3o> . Acesso em: 12 jul. 2022.

VIEIRA, C. C. **Aproveitamento de Águas Pluviais: Influência do Volume de Descarte e da Filtração na Qualidade da Água**. Orientador: Prof. Dr. Flávio Bentes Freire. 2013. p. 71. Trabalho de Conclusão (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8376/2/CT_EPC_2012_2_06.PDF. Acesso em: 12 jul. 2022.

WAJSMAN, E. N. **Concepção de Estação Piloto de Tratamento de Água no Centro Experimental de Saneamento Ambiental da UFRJ**. Orientadora: Iene Christie Figueiredo. 2014. 85 p. Trabalho de conclusão (Graduação) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://drhima.poli.ufrj.br/images/documentos/tcc/2014/ester-nigri-2014.pdf> . Acesso em: 11 jun. 2022.

ANEXO A

Análise de água da captação para a nova ETA

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADO	LIMITES (VMP)	LQ DO MÉTODO	LD DO MÉTODO	METODOLOGIA	DATA DO ENSAIO
Parâmetros Realizados em Campo							
Temperatura (Ensaio de Campo)	° C	23,9	40,0	0 a 50	NA	SMEWW 23ª ED 2550 B	14/12/21
pH (Ensaio de Campo)	-	6,69	6,00 a 9,50	2 a 13	NA	SMEWW 23ª ED 4500 H+ B	14/12/21
Anexo 7 do Anexo XX – Padrão para Substâncias Químicas – Orgânicas							
Acrilamida ¹	µg/L	<0,151515	0,50	0,50	0,151515	EPA 8316-09/1994	23/12/21
Benzeno ¹	µg/L	<0,467630	5,00	1,00	0,467630	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Benzo(a)pireno ¹	µg/L	<0,00303	0,70	0,01	0,003030	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Cloreto de Vinila ¹	µg/L	<0,732720	2,00	1,00	0,732720	EPA 5021A/8260D	23/12/21
1,2-Dicloroetano ¹	µg/L	<0,327240	10,00	1,00	0,327240	EPA 5021A/8260D	23/12/21
1,1-Dicloroetano ¹	µg/L	<0,030303	30,00	0,10	0,030303	EPA 5021A/8260D	23/12/21
1,2-Dicloroetano ¹ (cis+trans)	µg/L	<0,069697	50,00	1,00	0,069697	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Diclorometano ¹	µg/L	<0,044280	20,00	1,00	0,044280	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Dietilxiftalato ¹ (DEHP)	µg/L	<0,030303	8,00	0,10	0,030303	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Estireno ¹	µg/L	<0,036720	20,00	1,00	0,03672	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Pentaclorofenol ¹	µg/L	<0,030303	9,00	0,10	0,030303	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Tetracloroeto de Carbono ¹	µg/L	<0,315050	4,00	1,00	0,315050	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Tetracloroetano ¹	µg/L	<0,412040	40,00	1,00	0,412040	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Triclorobenzenos ¹ (1,2,4+1,3,5-1,2,3)	µg/L	<0,432310	20,00	1,00	0,432310	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Tricloroetano ¹	µg/L	<0,655980	20,00	1,00	0,655980	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Anexo 7 do Anexo XX – Padrão para Substâncias Químicas – Agrotóxicos							
2,4 D + 2,4,5 T ¹	µg/L	<0,348485	30,00	0,50	0,348485	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Alaclor ¹	µg/L	<0,030303	20,00	0,10	0,030303	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Aldicarbe + Aldicarbessulfona + Aldicarbessulfóxido ¹	µg/L	<1,437	10,00	4,40	1,437	POP CR 006	23/12/21
Aldrin + Dieldrin ¹	µg/L	<0,000606	0,03	0,001	0,000606	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Atrazina ¹	µg/L	<0,0042	2,00	0,20	0,0042	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Carbendazim + Benomil ¹	µg/L	<6,060606	120,00	10,00	6,060606	POP CR 006	23/12/21
Carbofuran ¹	µg/L	<1,515152	7,00	5,00	1,515152	POP CR 006	23/12/21
Clordano ¹	µg/L	<0,0004	0,20	0,005	0,0004	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Clorpirifos + Clorpirifosoxon ¹	µg/L	<0,01030	30,00	0,30	0,0103	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
DDT + DDD + DDE ¹	µg/L	<0,0001	1,00	0,001	0,0001	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Diuron ¹	µg/L	<15,151515	90,00	50,00	15,151515	POP CR 006	23/12/21
Endossulfan ¹	µg/L	<0,009091	20,00	0,01	0,009091	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Endrin ¹	µg/L	<0,000303	0,60	0,001	0,000303	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Glifosato+AMPA ¹	µg/L	<11,70	500,00	200,00	11,70	EPA 300.1	22/12/21
Lindano ¹	µg/L	<0,0004	2,00	0,005	0,0004	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Mancozebe ¹	µg/L	<32,363636	180,00	106,80	32,363636	EPA 5021 A	23/12/21
Metamidofós ¹	µg/L	<0,001800	12,00	0,50	0,0018	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Metolaclo ¹	µg/L	<0,0103	10,00	0,03	0,0103	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Molinate ¹	µg/L	<0,030303	6,00	0,10	0,030303	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Parationa Metilica ¹	µg/L	<0,0007	9,00	0,05	0,0007	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Pendimetalina ¹	µg/L	<0,0068	20,00	0,02	0,0068	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Permetrina ¹	µg/L	<0,060606	20,00	0,20	0,060606	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Profenofós ¹	µg/L	<0,007	60,00	0,05	0,007	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Simazina ¹	µg/L	<0,0024	2,00	0,05	0,0024	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Tebuconazol ¹	µg/L	<0,0025	180,00	0,10	0,0025	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Trifluralina ¹	µg/L	<0,0001	20,00	0,02	0,0001	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Terbufos ¹	µg/L	<0,0012	1,20	0,02	0,0012	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Anexo 7 do Anexo XX – Padrão para Substâncias Químicas – Desinfetantes e Produtos Secundários da Desinfecção							
Ácido Haloacético Total ¹	mg/L	<0,015152	0,08	0,02	0,015152	POP CR 025	27/12/21
Bromato ¹	mg/L	<0,001515	0,01	0,005	0,0015152	EPA 300.1	22/12/21
Clorito ¹	mg/L	<0,030303	1,00	0,10	0,030303	EPA 300.1	22/12/21
2,4,6-Triclorofenol ¹	mg/L	<0,000001	0,20	0,00005	0,000001	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Trihalometano Total ¹	mg/L	<0,000812	0,10	0,001	0,000812	EPA 5021A/8260D	23/12/21

Anexo 10 do Anexo XX – Padrão Organoléptico							
Alumínio ¹	mg/L	0,547	0,20	0,004	0,001212	EPA 200.7	24/12/21
Amônia (como NH3) ¹	mg/L	<0,04	1,50	0,04	0,012121	SMEWW 23ª ED 4500- NH3 B/F	23/12/21
Cloreto ¹	mg/L	<0,70	250,00	0,70	0,0791	EPA 300.1	22/12/21
Cor Aparente ¹	UC	149,00	15,00	5,00	1,515152	SMEWW 23ª ED 2120 C	20/12/21
1,2-Diclorobenzeno ¹	mg/L	<0,000272	0,01	0,001	0,000272	EPA 5021A/8260D	23/12/21
1,4-Diclorobenzeno ¹	mg/L	<0,000653	0,03	0,001	0,000653	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Dureza Total ¹	mg/L	<0,142424	500,00	0,47	0,142424	SMEWW 23ª ED 2340 B / EPA 200.7	24/12/21
Etilbenzeno ¹	mg/L	<0,00022	0,20	0,001	0,00022	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Ferro ¹	mg/L	0,055	0,30	0,01	0,003030	EPA 200.7	24/12/21
Gosto ¹	Intensid.	<0,606061	6,00	2,00	0,606061	SMEWW 23ª ED 2170 B	20/12/21
Odor ¹	Intensid.	<0,606061	6,00	2,00	0,606061	SMEWW 23ª ED 2170 B	20/12/21
Manganês ¹	mg/L	0,010	0,10	0,005	0,001515	EPA 200.7	24/12/21
Monoclorobenzeno ¹	mg/L	<0,000337	0,12	0,001	0,000337	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Sódio ¹	mg/L	1,764	200,00	0,08	0,024242	EPA 200.7	24/12/21
Sólidos Totais Dissolvidos ¹	mg/L	12,00	1.000,00	2,00	0,606061	SMEWW 23ª ED 2540B/C/D/E/G	23/12/21
Sulfato	mg/L	<1,15	250,00	1,15	0,030303	SMEWW 23ª ED 4500 SO4 E	15/12/21
Sulfeto de Hidrogênio ¹	mg/L	<0,000303	0,10	0,001	0,000303	SMEWW 23ª ED 4500-S2H	28/12/21
Surfactantes ¹	mg/L	<0,030303	0,50	0,10	0,030303	SMEWW 23ª ED 5540 C	23/12/21
Tolueno ¹	mg/L	<0,000361	0,17	0,001	0,000361	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Turbidez ¹	NTU	14,40	5,00	0,05	0,016666	SMEWW 23ª ED 2130 B	20/12/21
Zinco ¹	mg/L	<0,00303	5,00	0,01	0,003030	EPA 200.7	24/12/21
Xileno ¹	mg/L	<0,000295	0,30	0,001	0,000295	EPA 5021A/8260D	23/12/21

Anexo 11 do Anexo XX – Cianobactérias							
Densidade de Cianobactérias ¹	céls/mL	558,00	20.000	3,00	0,909091	SMEWW 23ª ED 10200 F	21/12/21
Análise Avulsa							
Pseudomonas Aeruginosa	P/A 100mL	Ausente	-*	A	-	SMEWW 23ª ED 9213 E	15/12/21

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADO	LIMITES (VMP)	LQ DO MÉTODO	LD DO MÉTODO	METODOLOGIA	DATA DO ENSAIO
Vírus Entéricos ²	P/A 2L	Ausente	-*	NA	-	SMEWW 23ª ED 9510B/C/G Katayama,H - Shimasaki,A - Ohgaki,S	27/01/22
Clorofila-a ¹	µg/L	<3,00	-*	3,00	1,515152	SMEWW 23ª ED 10200 H	21/12/21

Análise de água da captação da ETA atual

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADO	LIMITES (VMP)	LQ DO MÉTODO	LD DO MÉTODO	METODOLOGIA	DATA DO ENSAIO
Parâmetros Realizados em Campo							
Temperatura (Ensaio de Campo)	° C	23,8	40,0	0 a 50	NA	SMEWW 23ª ED 2550 B	14/12/21
pH (Ensaio de Campo)	-	6,85	6,00 a 9,50	2 a 13	NA	SMEWW 23ª ED 4500 H+ B	14/12/21
Anexo 7 do Anexo XX – Padrão para Substâncias Químicas – Orgânicas							
Acrilamida ¹	µg/L	<0,151515	0,50	0,50	0,151515	EPA 8316-09/1994	23/12/21
Benzeno ¹	µg/L	<0,467630	5,00	1,00	0,467630	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Benzo(a)pireno ¹	µg/L	<0,00303	0,70	0,01	0,003030	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Cloreto de Vinila ¹	µg/L	<0,732720	2,00	1,00	0,732720	EPA 5021A/8260D	23/12/21
1,2-Dicloroetano ¹	µg/L	<0,327240	10,00	1,00	0,327240	EPA 5021A/8260D	23/12/21
1,1-Dicloroetano ¹	µg/L	<0,030303	30,00	0,10	0,030303	EPA 5021A/8260D	23/12/21
1,2-Dicloroetano ¹ (cis+trans)	µg/L	<0,069697	50,00	1,00	0,069697	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Diclorometano ¹	µg/L	<0,044280	20,00	1,00	0,044280	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Di(2-etilhexil)ftalato ¹ (DEHP)	µg/L	<0,030303	8,00	0,10	0,030303	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Estireno ¹	µg/L	<0,036720	20,00	1,00	0,03672	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Pentaclorofenol ¹	µg/L	<0,030303	9,00	0,10	0,030303	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Tetracloreto de Carbono ¹	µg/L	<0,315050	4,00	1,00	0,315050	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Tetracloroetano ¹	µg/L	<0,412040	40,00	1,00	0,412040	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Triclorobenzenos ¹ (1,2,4+1,3,5-1,2,3)	µg/L	<0,432310	20,00	1,00	0,432310	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Tricloroetano ¹	µg/L	<0,655980	20,00	1,00	0,655980	EPA 5021A/8260D	23/12/21

Anexo 7 do Anexo XX – Padrão para Substâncias Químicas – Agrotóxicos							
2,4 D + 2,4,5 T ¹	µg/L	<0,348485	30,00	0,50	0,348485	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Alaclor ¹	µg/L	<0,030303	20,00	0,10	0,030303	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Aldicarbe + Aldicarbessulfona + Aldicarbe sulfóxido ¹	µg/L	<1,437	10,00	4,40	1,437	POP CR 006	23/12/21
Aldrin + Dieldrin ¹	µg/L	<0,000606	0,03	0,001	0,000606	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Atrazina ¹	µg/L	<0,0042	2,00	0,20	0,0042	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Carbendazim + Benomil ¹	µg/L	<6,060606	120,00	10,00	6,060606	POP CR 006	23/12/21
Carbofuran ¹	µg/L	<1,515152	7,00	5,00	1,515152	POP CR 006	23/12/21
Clordano ¹	µg/L	<0,0004	0,20	0,005	0,0004	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Clorpirifos + Clorpirifosoxon ¹	µg/L	<0,01030	30,00	0,30	0,0103	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
DDT + DDD + DDE ¹	µg/L	<0,0001	1,00	0,001	0,0001	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Diuron ¹	µg/L	<15,151515	90,00	50,00	15,151515	POP CR 006	23/12/21
Endossulfan ¹	µg/L	<0,009091	20,00	0,01	0,009091	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Endrin ¹	µg/L	<0,000303	0,60	0,001	0,000303	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Glifosato+AMPA ¹	µg/L	<11,70	500,00	200,00	11,70	EPA 300.1	22/12/21
Lindano ¹	µg/L	<0,0004	2,00	0,005	0,0004	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Mancozebe ¹	µg/L	<32,363636	180,00	106,80	32,363636	EPA 5021 A	23/12/21
Metamidofós ¹	µg/L	<0,001800	12,00	0,50	0,0018	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Metolaclo ¹	µg/L	<0,0103	10,00	0,03	0,0103	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Molinate ¹	µg/L	<0,030303	6,00	0,10	0,030303	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Parationa Metilica ¹	µg/L	<0,0007	9,00	0,05	0,0007	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADO	LIMITES (VMP)	LQ DO MÉTODO	LD DO MÉTODO	METODOLOGIA	DATA DO ENSAIO
Pendimetalina ¹	µg/L	<0,0068	20,00	0,02	0,0068	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Permetrina ¹	µg/L	<0,060606	20,00	0,20	0,060606	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Profenofós ¹	µg/L	<0,007	60,00	0,05	0,007	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Simazina ¹	µg/L	<0,0024	2,00	0,05	0,0024	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Tebuconazol ¹	µg/L	<0,0025	180,00	0,10	0,0025	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Trifluralina ¹	µg/L	<0,0001	20,00	0,02	0,0001	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Terbufos ¹	µg/L	<0,0012	1,20	0,02	0,0012	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Anexo 7 do Anexo XX – Padrão para Substâncias Químicas – Desinfetantes e Produtos Secundários da Desinfecção							
Ácido Haloacético Total ¹	mg/L	<0,015152	0,08	0,02	0,015152	POP CR 025	27/12/21
Bromato ¹	mg/L	<0,001515	0,01	0,005	0,0015152	EPA 300.1	22/12/21
Clorito ¹	mg/L	<0,030303	1,00	0,10	0,030303	EPA 300.1	22/12/21
2,4,6-Triclorofenol ¹	mg/L	<0,000001	0,20	0,00005	0,000001	EPA 8270E / 3550C / 3510C	27/12/21
Trihalometano Total ¹	mg/L	<0,000812	0,10	0,001	0,000812	EPA 5021A/8260D	23/12/21

Anexo 10 do Anexo XX – Padrão Organoléptico							
Alumínio ¹	mg/L	3,564	0,20	0,004	0,001212	EPA 200.7	24/12/21
Amônia (como NH3) ¹	mg/L	0,06	1,50	0,04	0,012121	SMEWW 23ª ED 4500- NH3 B/F	23/12/21
Cloreto ¹	mg/L	<0,70	250,00	0,70	0,0791	EPA 300.1	22/12/21
Cor Aparente ¹	UC	663,75	15,00	5,00	1,515152	SMEWW 23ª ED 2120 C	20/12/21
1,2-Diclorobenzeno ¹	mg/L	<0,000272	0,01	0,001	0,000272	EPA 5021A/8260D	23/12/21
1,4-Diclorobenzeno ¹	mg/L	<0,000653	0,03	0,001	0,000653	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Dureza Total ¹	mg/L	<0,142424	500,00	0,47	0,142424	SMEWW 23ª ED 2340 B / EPA 200.7	24/12/21
Etilbenzeno ¹	mg/L	<0,00022	0,20	0,001	0,00022	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Ferro ¹	mg/L	0,052	0,30	0,01	0,003030	EPA 200.7	24/12/21
Gosto ¹	Intensid.	<0,606061	6,00	2,00	0,606061	SMEWW 23ª ED 2170 B	20/12/21
Odor ¹	Intensid.	<0,606061	6,00	2,00	0,606061	SMEWW 23ª ED 2170 B	20/12/21
Manganês ¹	mg/L	0,012	0,10	0,005	0,001515	EPA 200.7	24/12/21
Monoclorobenzeno ¹	mg/L	<0,000337	0,12	0,001	0,000337	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Sódio ¹	mg/L	1,584	200,00	0,08	0,024242	EPA 200.7	24/12/21
Sólidos Totais Dissolvidos ¹	mg/L	12,00	1.000,00	2,00	0,606061	SMEWW 23ª ED 2540B/C/D/E	23/12/21
Sulfato	mg/L	<1,15	250,00	1,15	0,030303	SMEWW 23ª ED 4500 SO4 E	15/12/21
Sulfeto de Hidrogênio ¹	mg/L	<0,000303	0,10	0,001	0,000303	SMEWW 23ª ED 4500-S2H	28/12/21
Surfactantes ¹	mg/L	<0,030303	0,50	0,10	0,030303	SMEWW 23ª ED 5540 C	23/12/21
Tolueno ¹	mg/L	<0,000361	0,17	0,001	0,000361	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Turbidez ¹	NTU	94,20	5,00	0,05	0,016666	SMEWW 23ª ED 2130 B	20/12/21
Zinco ¹	mg/L	<0,01	5,00	0,01	0,003030	EPA 200.7	24/12/21
Xileno ¹	mg/L	<0,000295	0,30	0,001	0,000295	EPA 5021A/8260D	23/12/21
Anexo 11 do Anexo XX – Cianobactérias							
Densidade de Cianobactérias ¹	céls/mL	892,80	20.000	3,00	0,909091	SMEWW 23ª ED 10200 F	21/12/21
Análise Avulsa							
Pseudomonas Aeruginosa	P/A 100mL	Presente	-*	A	-	SMEWW 23ª ED 9213 E	15/12/21

PARÂMETROS	UNIDADE	RESULTADO	LIMITES (VMP)	LQ DO MÉTODO	LD DO MÉTODO	METODOLOGIA	DATA DO ENSAIO
Vírus Entéricos ²	P/A 2L	Ausente	-*	NA	-	SMEWW 23ª ED 9510B/C/G Katayama, H - Shimasaki, A - Ohgaki, S	27/01/22
Clorofila-a ¹	µg/L	<3,00	-*	3,00	1,515152	SMEWW 23ª ED 10200 H	21/12/21

LEGENDA: LQ = Limite de Quantificação. NA = Não se Aplica. NI = Não Informado. P/A = Presente ou Ausente. VMP = Valor Máximo Permitido.

¹ Parâmetros subcontratados por laboratório acreditado no INMETRO com escopo CRL0248.

² Parâmetros subcontratados por laboratório com reconhecimento de competência na REDE METROLÓGICA com escopo PRC 438 01.

* Ensaios que não contém valores de referência.