

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE  
UNIDADE ACADÊMICA DE BELO JARDIM – UABJ  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**WEDJA DE SOUZA LINS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE DIMENSIONAMENTO  
OTIMIZADO PARA A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES  
NA UNIDADE AFETOS – PESQUEIRA**

**BELO JARDIM – PE  
OUTUBRO – 2024**

**WEDJA DE SOUZA LINS**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE DIMENSIONAMENTO  
OTIMIZADO PARA A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES  
NA UNIDADE AFETOS – PESQUEIRA**

Projeto de desenvolvimento de um modelo de dimensionamento para a estação de tratamento de efluentes na unidade da COMPESA, localizada na ETA Afetos, na cidade de Pesqueira – PE.

**BELO JARDIM – PE  
OUTUBRO – 2024**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primordialmente a Deus, que é o meu Criador e Mantenedor, O qual me sustenta todos os dias. A Ele toda honra e glória sejam dadas.

Aos meus pais, pelos esforços realizados em prol da minha educação e por terem dado o melhor que podiam, apesar das dificuldades.

À Compesa, pela oportunidade de aprendizado e disponibilidade de recursos para a realização de testes e de visita à ETA.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco-UABJ, em especial aos meus orientadores Prof. Dr. José Roberto e Prof. Dr. Carlos André pelo apoio.

A Sorelle Castelle, meu mentor, pela partilha de conhecimento e troca de experiências.

A André Queiroz, por ser o meu maior incentivador a concluir esse projeto de pesquisa. Sua paciência e seu incentivo foram essenciais. Muito obrigada por acreditar em mim.

A Camila Daniele, minha amiga e dupla de estágio, pelo auxílio e companheirismo.

## RESUMO

A lavagem de filtros na ETAR- Afetos gera uma quantidade considerável de efluentes, os quais, podem causar impactos ambientais, se não forem adequadamente tratados. Além disso, há o desperdício de um bom volume de água, que poderia ser reutilizado para outros fins, ou até mesmo recirculado, devido ao fato de a ETAR estar subdimensionada. Diante da necessidade de tratamento dessa água, são utilizadas algumas substâncias, a fim de promover a remoção de partículas em suspensão, as quais além de desagradáveis visualmente falando, também podem ser prejudiciais à saúde. Os processos de floculação e decantação podem tornar-se mais eficientes, se forem utilizados auxiliares de coagulação. Em face de tal exposto, o projeto de pesquisa apresenta uma proposta de dimensionamento otimizado para a unidade, com foco na eficiência operacional e sustentabilidade ambiental. Foi feita a análise do uso do polímero catiônico, verificando a sua eficiência no tratamento de água, através da melhoria nos parâmetros de qualidade, os quais são estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Nesse caso, o polímero foi adicionado à água com sulfato de alumínio, coagulante utilizado na ETAR Afetos, em Pesqueira-PE. O objetivo desse projeto de pesquisa foi o desenvolvimento de um modelo de dimensionamento otimizado para a estação de tratamento de água de reúso de lavagem dos filtros da ETA Afetos. Desta forma, comprovou-se que o uso do polímero catiônico, na concentração 0,4 mg/L mostrou-se mais eficiente na remoção dos sólidos em suspensão.

**Palavras-chave:** ETAR; Dimensionamento; Polímero; Tratamento de água.

## ABSTRACT

The washing of filters at the ETAR - Afetos generates a considerable amount of effluents, which can cause environmental impacts if not adequately treated. Additionally, there is significant water waste, which could be reused for other purposes or even recirculated due to the underdimensioning of the ETAR. Given the need to treat this water, certain substances are used to promote the removal of suspended particles, which, besides being visually unpleasant, can also be harmful to health. The processes of flocculation and sedimentation can become more efficient if coagulation aids are utilized.

In light of this, the research project presents an optimized sizing proposal for the unit, focusing on operational efficiency and environmental sustainability. An analysis was conducted on the use of a cationic polymer, verifying its efficiency in water treatment by improving quality parameters as established by Ordinance GM/MS No. 888, of May 4, 2021. In this case, the polymer was added to the water along with aluminum sulfate, a coagulant used at ETAR Afetos in Pesqueira-PE.

The objective of this research project was to develop an optimized sizing model for the water reuse treatment station for washing filters at ETA Afetos. Thus, it was proven that the use of cationic polymer at a concentration of 0.4 mg/L was more efficient in removing suspended solids.

**Keywords:** ETAR; Sizing; Polymer; Water treatment.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01	- Recorte espacial da localização da ETA Afetos.....	10
Figura 02	- Imagem ilustrativa do tanque de lavagem da ETAR-Afetos.....	13
Figura 03	- Imagem ilustrativa do tanque de lavagem da ETAR-Afetos, com destaque na sua base.....	14
Figura 04	- Imagem ilustrativa dos filtros ascendentes da ETA -Afetos.....	14
Figura 05	- Foto do tanque de lavagem da ETAR-Afetos.....	15
Figura 06	- Foto da vista lateral do tanque de lavagem da ETAR-Afetos.....	15
Figura 07	- Foto da vista central do tanque de lavagem da ETAR-Afetos .....	16
Figura 08	- Foto dos filtros ascendentes da ETA-Afetos.....	16
Figura 09	- Foto dos filtros ascendentes da ETA-Afetos.....	17
Figura 10	- Foto dos filtros descendentes da ETA-Afetos.....	17
Figura 11	- Imagem ilustrativa do tanque de lavagem adicional proposto.....	20
Figura 12	- Foto do ensaio com aparelho de jarrest.....	22
Figura 13	- Foto da vista superior dos jarros.....	22

## **LISTA DE SIGLAS**

**CONAMA** – Conselho Nacional do Meio Ambiente

**DBO** – Demanda Bioquímica de Oxigênio

**ETA** – Estação de Tratamento de Água

**ETAR** – Estação de Tratamento de Água de Reúso

**ETE** – Estação de Tratamento de Efluentes

**NBR** – Normas Brasileiras

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>2</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Características das águas naturais</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 O que é efluente</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3 Tratamento de efluentes</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3.1 Conceitos fundamentais sobre tratamento de efluentes líquidos</b> .....	<b>6</b>
<b>2.4 Processos de tratamento de efluentes</b> .....	<b>7</b>
<b>2.4.1 Métodos de tratamento físico, químico e biológico</b> .....	<b>7</b>
<b>2.5 Dimensionamento de estações de tratamento de efluentes</b> .....	<b>8</b>
<b>2.5.1 Princípios e diretrizes</b> .....	<b>8</b>
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 A Estação de Tratamento de Água de Pesqueira (ETA Afetos) – PE</b> .....	<b>9</b>
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 Objeto de estudo, materiais e métodos</b> .....	<b>11</b>
<b>5 ANÁLISE E DISCUSSÕES</b> .....	<b>13</b>
<b>5.1 Dimensionamento atual</b> .....	<b>13</b>
<b>5.2 Dimensionamento proposto</b> .....	<b>20</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>23</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>24</b>





## 1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais decorrentes das atividades humanas tem se tornado cada vez mais evidente. No Brasil, assim como em outros países, há uma legislação específica que regulamenta o descarte de efluentes, estabelecendo limites para a carga poluidora que pode ser lançada no meio ambiente. Dessa forma, o tratamento de efluentes constitui uma exigência legal, e as empresas que não cumprem essas normativas estão sujeitas a sanções, que podem incluir multas ou até mesmo a suspensão ou paralisação de suas atividades. Nesse contexto, torna-se imperativa a busca por soluções que, além de eficazes, sejam economicamente viáveis, de modo a otimizar os processos de tratamento.

Para evitar problemas relacionados à fiscalização, o descarte de efluentes deve observar os parâmetros de carga poluidora estabelecidos pelas normativas federais. Entre as principais regulamentações estão a Resolução CONAMA nº 430/2011 e a Resolução CONAMA nº 357/2005, sendo que a primeira complementa e modifica a segunda. O correto dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Água de Reúso (ETAR) é um fator crucial para garantir a remoção eficiente de poluentes e assegurar o adequado tratamento das águas residuais.

O reúso de água deve ser entendido como uma prática inserida em um contexto mais amplo, que envolve a utilização racional e eficiente dos recursos hídricos. Esse conceito abrange, além do reúso, ações como o controle de perdas e desperdícios, bem como a redução na geração de efluentes e na demanda por água (CETESB, 2024).

Assim sendo, o principal objetivo desse projeto de pesquisa consiste no desenvolvimento de um modelo de dimensionamento otimizado para a estação de tratamento de água de reúso de lavagem dos filtros da ETA Afetos, localizada no município de Pesqueira, na rua Amazonas, bairro caixa d'água, com vistas à sua máxima eficiência operacional, bem como, alcançar os melhores parâmetros de qualidade exigidos pela legislação vigente. O resultado esperado é um sistema de dimensionamento bem desenvolvido, capaz de oferecer soluções sustentáveis e com respeito ao meio ambiente.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Características das águas naturais

As águas naturais apresentam características químicas, físicas, biológicas e radiológicas, as quais traduzem uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e na bacia hidrográfica devido às capacidades de dissolução de grande variedade de substâncias e de transporte pelo escoamento superficial e subterrâneo (LIBÂNIO, 2010).

Entre tais características, pode-se destacar as características físicas, que exercem um impacto direto na aceitação ou recusa da água pelos consumidores, as características químicas, que por sua vez, podem interferir em diversos processos ligados à potabilização, e as biológicas, cuja relevância manifesta-se na possibilidade de transmissão de doenças e transformação da matéria orgânica dentro dos ciclos biogeoquímicos de vários elementos, a exemplo do nitrogênio. Das diversas características físicas encontradas na água, nos deteremos exclusivamente na cor e turbidez.

A cor da água, parâmetro físico, é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas, denominadas colóides, finamente dispersas, normalmente de origem orgânica. Além disso, pode ser também causada pela presença de compostos de ferro e manganês (LIBÂNIO, 2010).

Em laboratório, a cor é analisada através de um padrão Platina-Cobalto (PtCo), sendo o resultado apresentado em unidades de cor (uC). Para fins de caracterização de águas para abastecimento, considera-se a cor aparente.

A turbidez está associada à concentração de partículas suspensas e coloidais presentes na massa líquida. Comumente, é causada pela presença de fragmentos de argila, silte, plâncton, microrganismos, matéria orgânica e inorgânica particulada, e, menos frequentemente, devido à precipitação de carbonato de cálcio (em águas duras) e de óxido de ferro e compostos de alumínio (em águas tratadas). Infere-se essa concentração por meio da passagem de um feixe de luz através da amostra, sendo expressa em unidade nefelométrica de turbidez (NTU) (LIBÂNIO, 2010).

Segundo Bernardo e Dantas (2005), dentre as várias características químicas das águas naturais, o pH, potencial hidrogeniônico, indica quão ácido ou alcalino é o meio em análise. É um parâmetro bastante importante, especialmente nas etapas de coagulação, filtração e desinfecção. Sua escala varia de 0 a 14, onde valores inferiores a 7 e próximos a zero apontam aumento de acidez. Já os valores de pH entre 7 e 14, apontam aumento de alcalinidade da solução analisada.

Águas com valores baixos de pH tendem a ser corrosivas a certos metais e paredes de concreto. Por outro lado, as águas com valores de pH alto tendem a formar incrustações (BERNARDO e DANTAS, 2005). Sua análise é realizada através de um equipamento denominado potenciômetro, também conhecido como pHmetro.

A alcalinidade, outro parâmetro químico, pode ser compreendida como a capacidade que a água possui de neutralizar ácidos.

Ela exerce uma função primordial no processo de coagulação, minimizando a redução muito significativa do pH após a dispersão do coagulante. Para a maioria das águas naturais superficiais, a alcalinidade é decorrente somente de bicarbonatos, principalmente de cálcio e magnésio. Pode ser determinada por meio de titulação com um ácido forte como o ácido sulfúrico, e expressa em mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (LIBÂNIO, 2010).

O ferro e o manganês originam-se da dissolução de compostos de solos e rochas. Pela sua abundância, o ferro é normalmente encontrado nas águas naturais, superficiais e subterrâneas. Na estação de tratamento, a sua oxidação leva à formação do precipitado de hidróxido de ferro, o qual é facilmente sedimentado ou retido no meio filtrante. Em contrapartida, as formas de dióxido de manganês apresentam-se como flocos minúsculos, de sedimentabilidade mais baixa e mais suscetíveis de não serem retidos no meio filtrante (LIBÂNIO, 2010).

O parâmetro DBO (demanda bioquímica de oxigênio) indica a presença de matéria orgânica, através da intensidade do consumo de oxigênio (em mg/L) necessário às bactérias na estabilização da matéria orgânica carbonácea. Para determiná-lo, verifica-se a diferença na concentração de oxigênio dissolvido em amostra de água no período de cinco dias e temperatura de 20°C. Logo, se uma amostra de água natural apresentar DBO de 5 mg/L, serão necessárias 5 mg de

oxigênio dissolvido para estabilizar, sob as condições supracitadas, a quantidade de matéria orgânica biodegradável contida em 1,0 L da amostra (LIBÂNIO, 2010).

Das características biológicas, uma das mais relevantes são as bactérias pertencentes ao grupo coliforme, as quais são indicadoras de contaminação de uma amostra por fezes. A maioria das doenças de veiculação hídrica é transmitida por via fecal, onde os organismos patogênicos eliminados pelas fezes atingem o ambiente aquático, contaminando assim, as pessoas que tenham contato ou sejam abastecidas por esta água (LIBÂNIO, 2010).

O termo *coliformes fecais* refere-se às bactérias termotolerantes, inclusive os gêneros de origem não necessariamente fecal.

## **2.2 O que é efluente**

Trata-se de efluente o resíduo líquido proveniente dos processos produtivos e que adquirem características próprias em função das atividades e dos produtos utilizados (BITTENCOURT; PAULA, 2014). Quer sejam domésticos, hospitalares, industriais ou agroindustriais, mesmo após o tratamento, podem ocasionar certa interferência na qualidade das águas, tendo em vista que grande parte da água consumida se torna poluída em algum grau, aumentando a pressão ambiental qualitativamente (ARAÚJO; BENINI; DIAS, 2015).

## **2.3 Tratamento de efluentes**

Em determinadas condições, é possível que efluentes sejam lançados em corpos d'água sem tratamento prévio, desde que a carga poluente não ultrapasse aproximadamente um quarenta avos da vazão do curso d'água. Por exemplo, em um rio com vazão de 120 L/s, pode-se admitir, de forma simplificada, o lançamento de até 3 L/s de esgoto bruto sem causar impactos significativos ao ecossistema (INFORME INFRA-ESTRUTURA, 1997).

No entanto, a crescente escassez de mananciais em condições adequadas para captação tem incentivado a busca por métodos que permitam a clarificação da água utilizada na lavagem de filtros, visando ao reaproveitamento

do sobrenadante e à destinação adequada do sedimento. Para tanto, torna-se essencial a realização de estudos que proponham soluções racionais, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais decorrentes das operações de filtração e da inadequada disposição dos resíduos gerados durante esse processo (SILVA et al., 2008).

O Tratamento de Efluentes ocorre através de processos físicos, químicos ou biológicos, que visam corrigir as características indesejáveis, removendo matéria orgânica, nutrientes e patógenos. Portanto, há diversas alternativas de tratamento que se diferenciam de acordo com o tipo de efluente, o grau de eficiência e os custos de operações (SILVA et al., 2008).

### **2.3.1 Conceitos fundamentais sobre tratamento de efluentes líquidos**

O tratamento de efluentes líquidos é um processo fundamental para a mitigação dos impactos ambientais associados ao descarte de resíduos em corpos hídricos. Os efluentes líquidos, originados principalmente de processos industriais e atividades urbanas, contêm contaminantes que podem comprometer a qualidade da água, afetando ecossistemas aquáticos e a saúde pública. Segundo Von Sperling (1996), o objetivo central do tratamento de efluentes é a remoção de poluentes de maneira eficaz e sustentável, visando ao atendimento das normas ambientais e ao uso seguro da água.

Para a compreensão do processo de tratamento, é essencial conhecer a composição dos efluentes, que pode variar de acordo com a fonte e o tipo de atividade geradora. Os efluentes contêm sólidos suspensos, substâncias orgânicas e inorgânicas, nutrientes (como nitrogênio e fósforo), além de compostos tóxicos e micro-organismos patogênicos. A definição e a caracterização dessas substâncias são determinantes para a escolha do método de tratamento adequado, como indica Von Sperling (1996), pois influenciam diretamente a eficiência dos processos de remoção e a segurança ambiental.

## **2.4 Processos de tratamento de efluentes**

Os processos de tratamento de efluentes podem ser divididos em diferentes etapas, cada uma voltada para a remoção de um tipo específico de contaminante. O tratamento é normalmente classificado em três grandes categorias: tratamento primário, secundário e terciário. De acordo com Von Sperling (1996), o tratamento primário envolve a remoção de sólidos suspensos, por meio de processos físicos, como decantação e flotação, enquanto o tratamento secundário foca na decomposição de matéria orgânica através de processos biológicos, sendo essencial para a redução da carga poluidora. Já o tratamento terciário, considerado uma etapa de polimento, é aplicado para a remoção de tóxicos ou compostos não biodegradáveis, sendo o tratamento terciário bastante raro no Brasil.

### **2.4.1 Métodos de tratamento físico, químico e biológico**

Os métodos de tratamento de efluentes dividem-se em físico, químico e biológico, e cada um apresenta características distintas, além de serem utilizados de acordo com as propriedades dos poluentes. O tratamento físico, descrito por Von Sperling (1996), envolve operações como filtração, sedimentação e flotação, que são eficazes na remoção de sólidos e materiais particulados. O tratamento químico, por sua vez, utiliza reagentes para precipitar, neutralizar ou oxidar os contaminantes, sendo apropriado para a remoção de poluentes inorgânicos e metais pesados. No tratamento biológico, micro-organismos são empregados para degradar a matéria orgânica presente nos efluentes, transformando-a em compostos menos nocivos ao meio ambiente. Como destaca Von Sperling (1996), o tratamento biológico pode ser realizado em condições aeróbicas ou anaeróbicas, dependendo da eficiência desejada e das características dos efluentes.

## **2.5 Dimensionamento de estações de tratamento de efluentes**

O dimensionamento de estações de tratamento de efluentes (ETEs) é uma etapa essencial no planejamento de sistemas de saneamento, pois determina a capacidade e a eficiência operacional da unidade de tratamento. Conforme Von Sperling (1996), o dimensionamento envolve a definição da quantidade de efluente a ser tratado, a concentração dos poluentes e a seleção dos processos de tratamento mais adequados para cada tipo de carga poluidora. Esse planejamento busca não apenas atender aos requisitos legais e ambientais, mas também otimizar o uso de recursos e assegurar a longevidade do sistema.

A eficiência de uma ETE depende do cálculo correto das vazões e da escolha apropriada dos parâmetros operacionais, como tempo de retenção e taxas de remoção de contaminantes. Von Sperling (1996) ressalta que o dimensionamento inadequado pode resultar em sobrecarga, redução da eficiência e, em última instância, falhas no sistema de tratamento. Assim, é essencial seguir diretrizes técnicas específicas e normativas, que definem padrões de desempenho e limites de carga para cada etapa do processo.

### **2.5.1 Princípios e diretrizes**

Os princípios e diretrizes para o dimensionamento de ETEs baseiam-se na legislação ambiental e nas normas técnicas de qualidade da água, que especificam os parâmetros de efluentes tratados para evitar danos aos corpos receptores. Libânio (2010) destaca a importância de considerar variáveis como a carga de poluentes, os limites de vazão e as tecnologias disponíveis para garantir que a operação atenda aos requisitos de segurança e eficiência. Além disso, as diretrizes devem ser ajustadas conforme o tipo de efluente, o destino final do efluente tratado e os impactos potenciais no ambiente, promovendo assim uma gestão de águas mais sustentável.



### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 A Estação de Tratamento de Água de Pesqueira (ETA Afetos) – PE

A Estação de Tratamento de Água – Afetos, fica localizada no município de Pesqueira – PE. É responsável pelo tratamento e abastecimento público do referido município. A unidade é composta por uma ETA convencional e uma compacta de filtros ascendentes, ambas chamadas de ETA Afetos 1 e Afetos 2.

A ETA Afetos 1 é uma ETA convencional simples, composta por floculador tipo chicana, dois decantadores e dois filtros descendentes. Com uma vazão de projeto (nominal) de 25 L/s. Utiliza como coagulante o sulfato de alumínio líquido e como desinfetante o cloro liquefeito.

Já a ETA Afetos 2, é uma ETA compacta composta por cinco filtros ascendentes abertos. Com uma vazão de projeto (nominal) de 87 L/s. Utiliza como coagulante o sulfato de alumínio líquido e como desinfetante o cloro liquefeito.

Somando-se ao conjunto da unidade, para receber a água de lavagem dos filtros da ETA Afetos 2, tem-se um tanque de água para reúso. Este tanque recebe a água de lavagem dos filtros, onde deixa-se decantar os sólidos sedimentáveis e se bombeia parte do volume da água novamente para o início do tratamento.

Os mananciais que a unidade recebe para tratamento são:

- Afetos;
- Pão de Açúcar;
- Pedra D'Água;
- Santana;
- São Francisco.

Frisando que durante a pesquisa os únicos mananciais ativos foram: Santana e São Francisco.



**Figura 01:** Vê-se imagem de satélite, recorte espacial de área pertencente ao município de Pesqueira - PE. A figura geométrica retangular destacada é a área que pertence à ETA Afetos.

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 Objeto de estudo, materiais e métodos**

A pesquisa de “Desenvolvimento de um Modelo de Dimensionamento Otimizado para a Estação de Tratamento de Efluentes na Unidade Afetos – Pesqueira”, com foco em águas de reúso, classifica-se quanto a temporalidade como pesquisa longitudinal, visto que envolve o acompanhamento do sistema de tratamento de efluentes e reúso ao longo do tempo, considerando variáveis que podem se modificar, como a quantidade e qualidade dos efluentes gerados, a eficiência do tratamento, e a adaptação ao reúso de água. O estudo busca otimizar processos de maneira contínua, levando em conta flutuações sazonais e operacionais da estação de tratamento.

Quanto aos objetivos, como pesquisa de caráter aplicado, pois visa solucionar problemas práticos relacionados ao tratamento de efluentes e ao reúso de água. O objetivo principal é desenvolver um modelo de dimensionamento otimizado para a ETAR, aplicando conhecimento teórico e técnico para melhorar a eficiência e a sustentabilidade do tratamento de águas para reúso no tratamento.

Também como descritiva e explicativa, uma vez que descreve os processos atuais de tratamento e os parâmetros envolvidos, além de caracterizar os efluentes gerados pela unidade, buscando explicar os fatores que influenciam a eficiência dos tratamentos e propondo soluções para otimizar o processo e garantir a qualidade da água para reúso.

Quanto aos procedimentos, como pesquisa experimental e de campo, visto que envolve testes em laboratório, simulação de processos e análise de cenários para otimizar a eficiência da estação de tratamento de água para reúso e inclui a coleta de dados reais na unidade Afetos, na cidade de Pesqueira, com amostras do efluente para caracterização físico-química e biológica, além do monitoramento das condições operacionais da estação de tratamento.

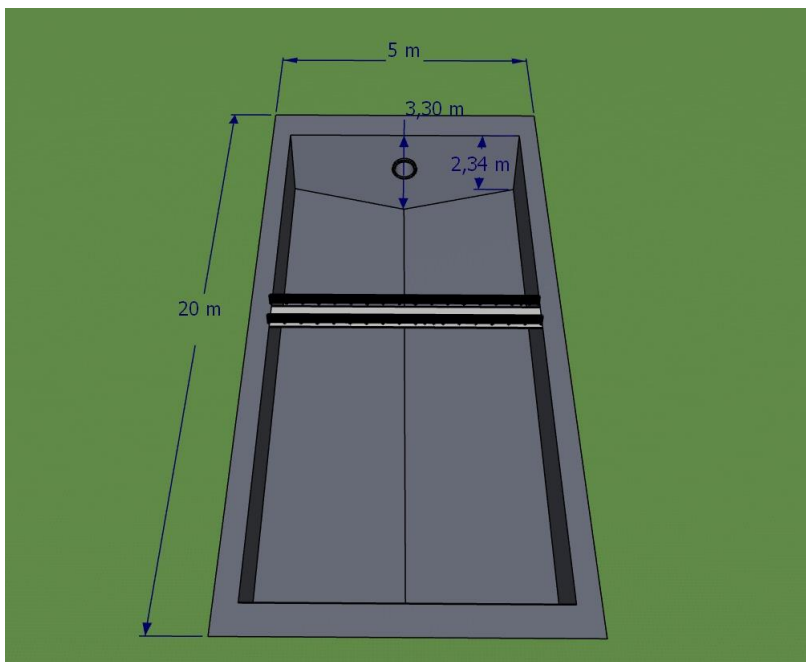
Quanto ao material utilizado a pesquisa se utiliza de dados primários, coletados diretamente na unidade Afetos – Pesqueira, incluindo amostras do efluente para análise laboratorial através de ensaio em aparelho Jartest, bem

como informações operacionais sobre o funcionamento da estação de tratamento.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÕES

### 5.1 Dimensionamento atual

A ETAR- Afetos possui atualmente um único tanque de lavagem, cujas dimensões são apresentadas na imagem abaixo:



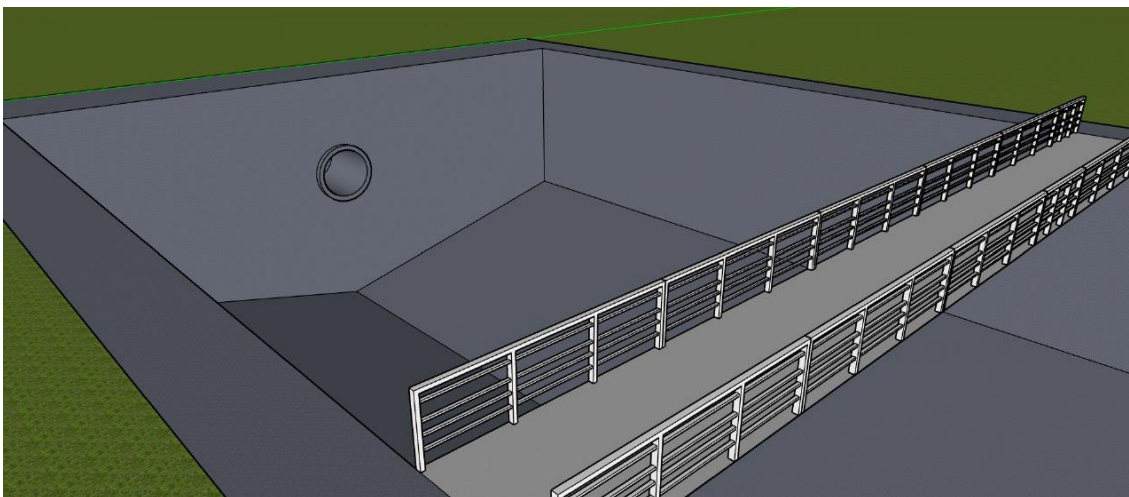
**Figura 02:** Imagem ilustrativa do tanque de lavagem da ETAR-Afetos, com suas respectivas dimensões.

O tanque apresenta uma base em formato de um prisma triangular, e um volume de  $232 \text{ m}^3$ , considerando uma borda-livre de  $0,5 \text{ m}$ , conforme o cálculo:

$$V_1 = (2,34 - 0,5) \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 184 \text{ m}^3$$

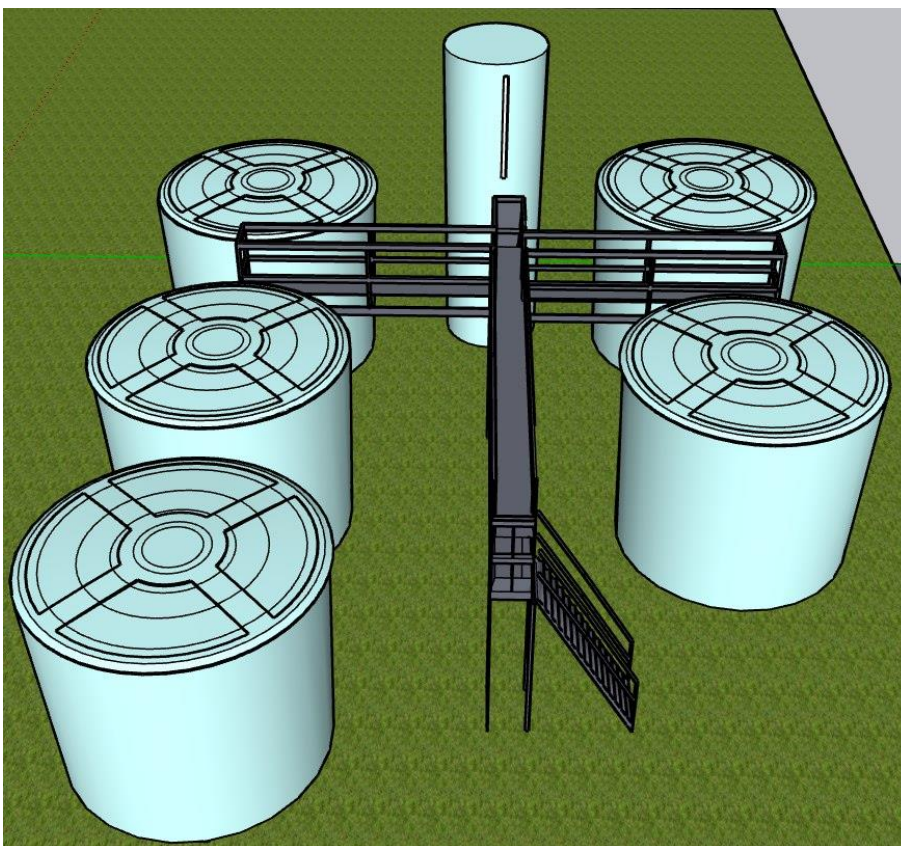
$$V_2 = \frac{1}{2} \times 0,96 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 48 \text{ m}^3$$

Logo,  $V = V_1 + V_2 = 184 \text{ m}^3 + 48 \text{ m}^3 = 232 \text{ m}^3$ , onde  $V_1$  é o volume referente à parte superior do tanque e  $V_2$  corresponde ao volume do fundo.



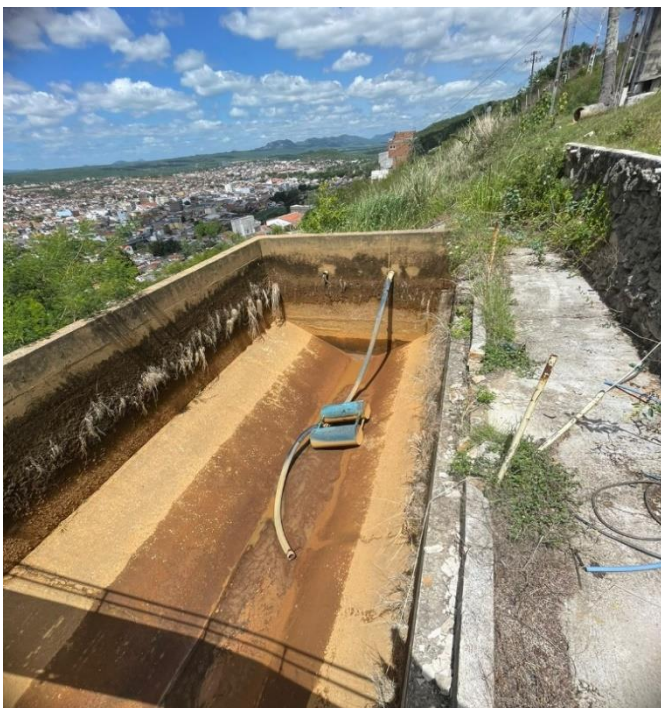
**Figura 03:** Imagem ilustrativa do tanque de lavagem da ETAR-Afetos, visto por outro ângulo, destacando sua base.

A ETA possui 5 filtros ascendentes, os quais são ilustrados abaixo:



**Figura 04:** Imagem ilustrativa dos filtros ascendentes da ETA -Afetos.

A seguir são mostradas as imagens do tanque de lavagem e dos filtros ascendentes:



**Figura 05:** Foto do tanque de lavagem da ETAR-Afetos.



**Figura 06:** Foto do tanque de lavagem da ETAR-Afetos, visto por outro ângulo.



**Figura 07:** Foto do tanque de lavagem da ETAR-Afetos, visto por outro ângulo.



**Figura 08:** Foto dos filtros ascendentes da ETA-Afetos.





**Figura 09:** Foto dos filtros ascendentes da ETA-Afetos, de outro ângulo.



**Figura 10:** Foto dos filtros descendentes da ETA-Afetos.

Após a realização da visita ao local para estudo da área e coleta dos dados relativos às medições do tanque de lavagem, foram realizados os cálculos, a fim de saber qual o volume seria necessário para captação da água de lavagem dos filtros. Tais cálculos são apresentados a seguir:

## 1. Dimensionamento atual

### 1.1 Dimensões básicas

Número de filtros ( $N_f$ ): Adotam-se sete filtros, dos quais cinco são do tipo ascendente e dois descendentes.

Dimensão dos filtros ascendentes:

- Diâmetro: 4 m
- Área da seção transversal: 12,56 m<sup>2</sup>
- Altura: 2,3 m

Dimensão dos filtros descendentes:

- Largura: 2,3 m
- Comprimento: 3,8 m
- Área da seção transversal: 8,74 m<sup>2</sup>

## 2. Velocidade de lavagem

A velocidade de lavagem é realizada conforme a NBR 12216/1992, adotando-se 0,8m/min, por 15 minutos.

## 3. Vazão

Vazão de água para lavagem de 1 filtro ascendente ( $Q_{fa}$ ):

$$Q_{fa} = (\text{Velocidade de lavagem} \times \text{Área superficial})$$

$$Q_{fa} = 0,8 \text{ m/min} \times 12,56 \text{ m}^2$$

$$Q_{fa} = 10,048 \text{ m}^3/\text{min}$$

Vazão de água para lavagem de 1 filtro descendente ( $Q_{fr}$ ):

$$Q_{fr} = (\text{Velocidade de lavagem} \times \text{Área superficial})$$

$$Q_{fr} = 0,8 \text{ m/min} \times 8,74 \text{ m}^2$$

$$Q_{fr} = 6,992 \text{ m}^3/\text{min}$$

### 3.1 Volume de água para a lavagem de 1 filtro ascendente ( $V_{fa}$ ):

$$V_{fa} = (Q_{fa} \times \text{tempo de lavagem})$$

$$V_{fa} = 10,048 \text{ m}^3 / \text{min} \times 15 \text{ min}$$

$$\boxed{V_{fa} = 150,72 \text{ m}^3}$$

3.2 Volume de água para lavagem de 1 filtro descendente ( $V_{fr}$ ):

$$V_{fr} = (Q_{fr} \times \text{tempo de lavagem})$$

$$V_{fr} = 6,992 \text{ m}^3 / \text{min} \times 15 \text{ min}$$

$$\boxed{V_{fr} = 104,88 \text{ m}^3}$$

3.3 Volume de regularização ( $V_R$ ):

$$V_{\text{efluentes Afetos 1}} = 104,88 \text{ m}^3 / \text{filtro} \times 2 \text{ filtros} \times 1 \text{ vez/dia}$$

$$V_{\text{efluentes Afetos 1}} = 209,76 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

$$V_{\text{efluentes Afetos 2}} = 150,72 \text{ m}^3 / \text{filtro} \times 5 \text{ filtros} \times 1 \text{ vez/dia}$$

$$V_{\text{efluentes Afetos 2}} = 753,6 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

$$V_{\text{total}} = (209,76 \text{ m}^3 / \text{dia} + 753,6 \text{ m}^3 / \text{dia})$$

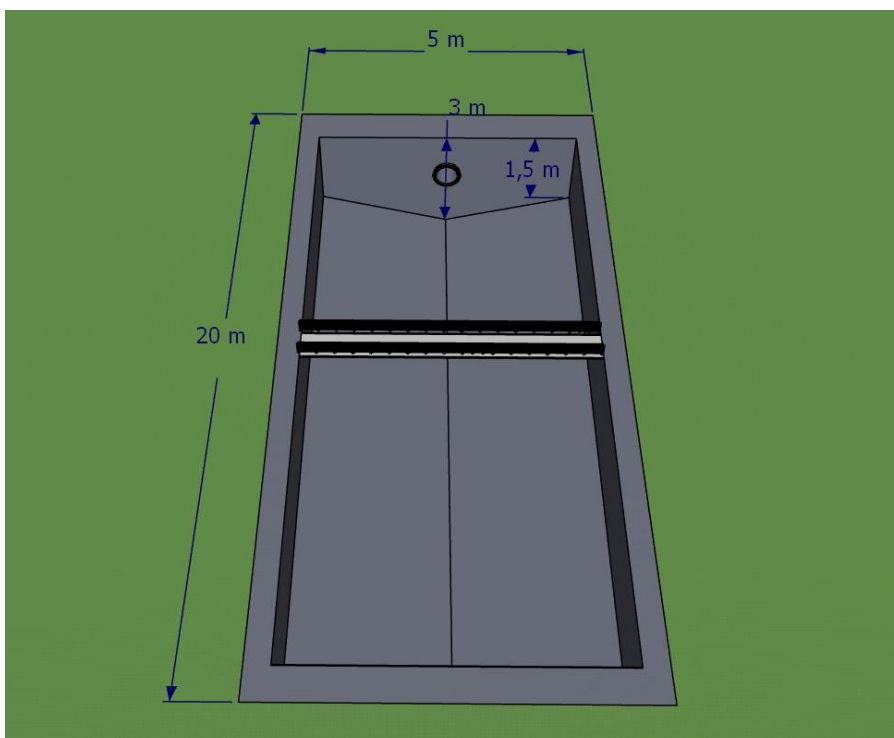
$$\boxed{V_{\text{total}} = (963,36 \text{ m}^3 / \text{dia})}$$

Esse é o volume total de água necessário para lavagem dos 7 filtros, utilizando um tempo de lavagem de 15 minutos, realizando 1 lavagem por dia.

Como o volume do tanque não é suficiente para suportar todo esse volume de água, e não seria viável a sua ampliação, visto que suas dimensões se tornariam desproporcionais, propõe-se a criação de mais um tanque.

## 5.2 Dimensionamento proposto

A figura abaixo apresenta uma ilustração do modelo proposto para o novo tanque, preservando o formato do pré-existente.



**Figura 11:** Imagem ilustrativa do novo tanque, com suas respectivas dimensões.

O tanque apresentará uma base em formato de um prisma triangular, e um volume de  $200 \text{ m}^3$ , considerando uma borda-livre de  $0,5 \text{ m}$ , conforme o cálculo:

$$V_1 = 1,5\text{m} \times 5\text{m} \times 20\text{m} = 150 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \frac{1}{2} \times 5\text{m} \times 1\text{m} \times 20\text{m} = 50 \text{ m}^3$$

Logo,  $V = V_1 + V_2 = 150\text{m}^3 + 50\text{m}^3 = 200 \text{ m}^3$ , onde  $V_1$  é o volume referente à parte superior do tanque e  $V_2$  corresponde ao volume do fundo.

Foi construída uma tabela para a otimização de lavagem dos filtros, baseada no volume dos tanques de recirculação, conforme o horário de

operação da unidade, para o término do último bombeamento às 21 h. Como pode ser observado na tabela 01:

	TANQUE	
	PISCINÃO 1 (232 m <sup>3</sup> )	PISCINÃO 2 (200 m <sup>3</sup> )
05:00	FILTRO 1 - RÁPIDO	
06:00	DECANTAÇÃO	
07:00	TÉRMINO DECANTAÇÃO + BOMBEAMENTO	FILTRO 3 - ASCENDENTE
08:00	BOMBEAMENTO	DECANTAÇÃO
09:00	TÉRMINO BOMBEAMENTO + FILTRO 2 - RÁPIDO	TÉRMINO DECANTAÇÃO + BOMBEAMENTO
10:00	DECANTAÇÃO	BOMBEAMENTO
11:00	TÉRMINO DECANTAÇÃO + BOMBEAMENTO	TÉRMINO BOMBEAMENTO + FILTRO 4 - ASCENDENTE
12:00	BOMBEAMENTO	DECANTAÇÃO
13:00	TÉRMINO BOMBEAMENTO + FILTRO 5 - ASCENDENTE	TÉRMINO DECANTAÇÃO + BOMBEAMENTO
14:00	DECANTAÇÃO	BOMBEAMENTO
15:00	TÉRMINO DECANTAÇÃO + BOMBEAMENTO	TÉRMINO BOMBEAMENTO + FILTRO 6 - ASCENDENTE
16:00	BOMBEAMENTO	DECANTAÇÃO
17:00	TÉRMINO BOMBEAMENTO + FILTRO 7 - ASCENDENTE	TÉRMINO DECANTAÇÃO + BOMBEAMENTO
18:00	DECANTAÇÃO	BOMBEAMENTO
19:00	TÉRMINO DECANTAÇÃO + BOMBEAMENTO	TÉRMINO BOMBEAMENTO
20:00	BOMBEAMENTO	
21:00	TÉRMINO BOMBEAMENTO	

**Tabela 01:** Esquema de lavagem dos filtros, baseado no volume dos tanques.

Adicionalmente, foi realizada a análise da água da lavagem dos filtros, utilizando aparelho de jartest para comparar os parâmetros físico-químicos com os da água de retorno para o sistema de tratamento novamente. Para isso, foi utilizado o polímero catiônico, sem adição de sulfato de alumínio. Os dados relativos a essa análise encontram-se na tabela 02:

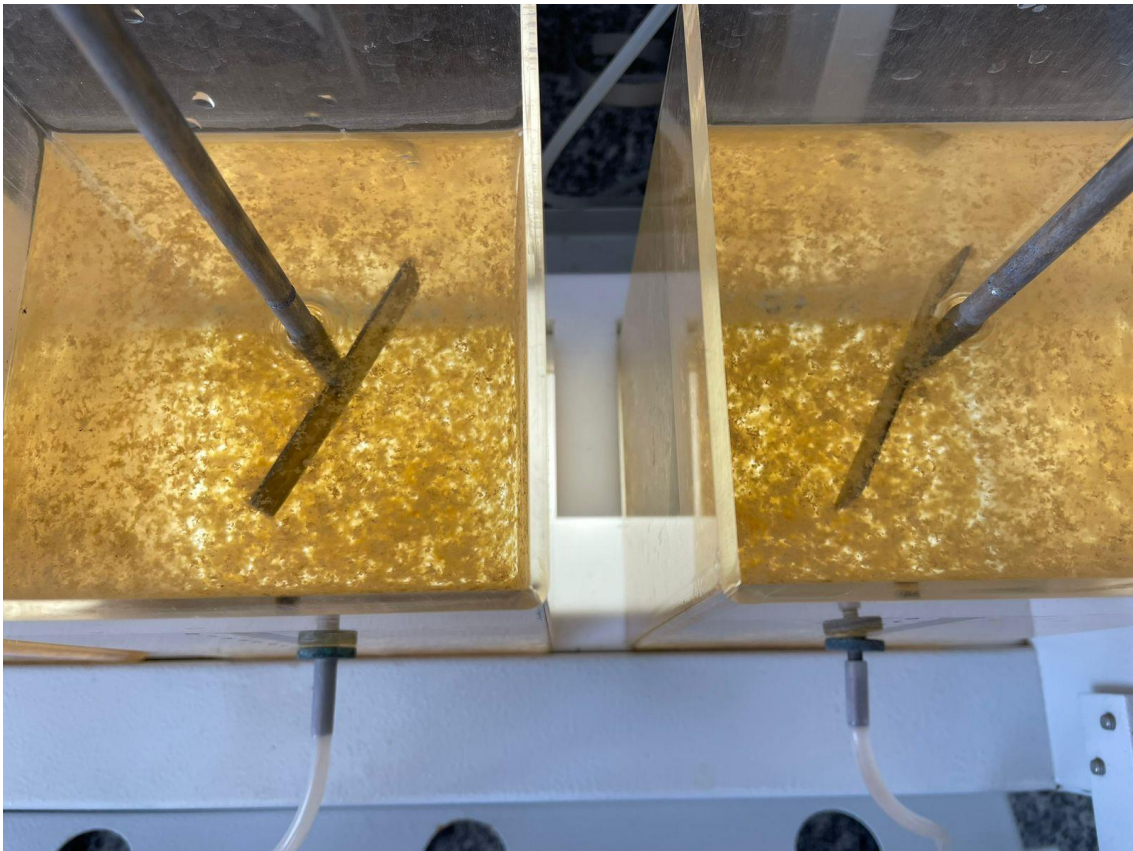
Tabela 02 – Dados relativos ao jartest.

	Cor	Turbidez	Concentração (mg/L)
Jarro 1	6,2	0,326	0,2
Jarro 2	5,4	0,268	0,3
Jarro 3	5,1	0,178	0,4
Jarro 4	5,7	0,203	0,5
Jarro 5	5,6	0,241	0,6
Jarro 6	6,0	0,306	0,7

Na análise realizada, os valores encontrados na água bruta (antes do jartest) foram de 251 de cor e 104 de turbidez. Como pode-se observar, o melhor resultado encontrado após o jartest foi na concentração 0,4 mg/L de polímero catiônico, ou seja, o jarro 4, o qual apresentou resultado de 5,1 e de 0,178, para a cor e a turbidez, respectivamente.



**Figura 12:** Foto do ensaio realizado com o aparelho de jartest no dia 19/11/24.



**Figura 13:** Foto da vista superior dos jarros.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A pesquisa mostrou que se pode promover o uso mais racional e eficiente dos recursos hídricos disponíveis, através do dimensionamento adequado da Estação de Tratamento de Água de Reúso, controlando, assim as perdas e o uso desnecessário de produtos químicos. Evidenciou-se durante o desenvolvimento do projeto, a necessidade da construção de mais um tanque de água de reúso, conforme os cálculos demonstrados. Também evidenciou-se, através do ensaio de jarrest, uma dosagem ideal de 0,4 mg/L de polímero catiônico para remoção da matéria orgânica e material sedimentado contidos na água da lavagem dos filtros.

## 7 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Renata Ribeiro de; BENINI, Sandra Medina; DIAS, Leonice Seolin. **Água: tratamento, efluentes e lodos**. Tupã: ANAP, 2015.

BITTENCOURT, Cláudia; PAULA, Maria Aparecida Silva de. **Tratamento de Água e Efluentes - Fundamentos de Saneamento Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos**. Rio de Janeiro: Érica, 2014. E-book. p.79. ISBN 9788536521770. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536521770/>. Acesso em: 07 jan. 2025.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Reúso de Água**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>>. Acesso em: 19 outubro 2024.

Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15103?&locale=es>>. Acesso em: 09 janeiro 2025.

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Ângela Di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. São Carlos: RiMa, 2005.

INFORME INFRA-ESTRUTURA Nº 16, novembro de 1997. BNDES – PROJETA SUSTENTÁVEL. **Como funciona o tratamento de efluentes líquidos?** Disponível em: < <https://www.projetasustentavel.com/como-funciona-o-tratamento-de-efluentes-liquidos>>. Acesso em: 09 janeiro 2025.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP. Editora: Átomo, 2010. 3ª edição.

SILVA, G. C. O. et al., **Caracterização Quali-Quantitativa e Avaliação da Possibilidade de Reúso da Água de Lavagem dos Filtros da ETA São Sebastião, Cuiabá – MT**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XV., 2008, Natal. Anais eletrônicos... São Paulo: ABAS, 2008.



Disponível

em:<

<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/23422/1550>

>. Acesso em: 09 janeiro 2025.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 2ª edição.