



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JULIO DE MESQUITA FILHO”**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS**



Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO A PARTIR DO SISTEMA DE LODOS  
ATIVADOS POR BATELADA (LAB) VISANDO AO REÚSO PARA IRRIGAÇÃO.**

Beatriz Clauss Machado

Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia

Rio Claro (SP)

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Câmpus de Rio Claro

BEATRIZ CLAUSS MACHADO

TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO A PARTIR DO  
SISTEMA DE LODOS ATIVADOS POR BATELADA (LAB)  
VISANDO AO REÚSO PARA IRRIGAÇÃO.

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,  
da Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, para obtenção do grau  
de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Rio Claro (SP)

2024

M149t Machado, Beatriz Clauss

Tratamento de efluente doméstico a partir do sistema de Lodos Ativados por Batelada (LAB) visando ao reúso para irrigação / Beatriz Clauss Machado. -- Rio Claro, 2024

31 p. : il., tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Marcelo Loureiro Garcia

1. Esgoto. 2. Sistemas de tratamento de esgoto. 3. Impacto ambiental.  
4. Lodos ativados por batelada. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

BEATRIZ CLAUSS MACHADO

TRATAMENTO DE EFLUENTE DOMÉSTICO A PARTIR DO  
SISTEMA DE LODOS ATIVADOS POR BATELADA (LAB)  
VISANDO AO REÚSO PARA IRRIGAÇÃO.

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,  
da Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, para obtenção do grau  
de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Marcelo Loureiro Garcia

Eng.º Edson Geraldo de Oliveira Jr.

Eng.º Isadora Torres Gatto

Rio Claro, 27 de junho de 2024.

Beatriz Clauss Machado

Marcelo Loureiro Garcia

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que contribuíram para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental.

Primeiramente, sou imensamente grata à minha família e amigos. Agradeço pelo apoio incondicional, compreensão e estímulo durante todos esses anos de estudo. Suas palavras de encorajamento foram um incentivo constante para que eu pudesse superar desafios pessoais e profissionais e alcançar meus objetivos acadêmicos.

Agradeço também ao meu orientador Marcelo Loureiro Garcia e aos professores do curso de Engenharia Ambiental da UNESP - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, cujo conhecimentos compartilhados enriqueceram minha formação acadêmica e foi crucial para a elaboração deste estudo.

Por fim, agradeço às instituições e organizações que colaboraram fornecendo dados e informações essenciais para a realização deste trabalho. Sem a colaboração deles, este estudo não seria possível.

A todos vocês, meu mais sincero obrigado!

## RESUMO

Uma problemática enfrentada atualmente em nosso mundo moderno é a crescente demanda de água potável para diversas áreas como a água para abastecimento de cidades e consumo doméstico, irrigação de plantações e utilização em processos industriais sendo esses, alguns dos fins mais nobres que possuímos do total de água doce disponível para nós no planeta. A crescente demanda é impulsionada pelo crescimento populacional, urbanização, industrialização e o aprimoramento de processos do agronegócio e pecuária exigindo assim, o maior consumo de água e, conseqüentemente, a necessidade de tratamentos de água e esgoto cada vez mais tecnológicos e aprimorados para garantir um padrão de qualidade elevado no tratamento e, se assim possível, a reutilização de uma porcentagem da água para demais fins domésticos. O presente projeto visou avaliar as condições de um sistema utilizado para o tratamento através do sistema de lodos ativados por batelada do efluente de uma residência de padrão baixo, médio e alto, bem como sua possibilidade de reutilização para fins menos nobres.

**Palavras-chave:** Tratamento de esgoto. Tratamento de águas residuárias. Lodos ativados em batelada. Sedimentação. Tempo de sedimentação.

## **ABSTRACT**

A current issue in our modern world is the growing demand for clean water across various sectors. This includes water for city supply, household consumption, irrigation of crops, and industrial processes. These are some of the noblest purposes for which we utilize the available freshwater on our planet. The increasing demand arises from factors such as population growth, urbanization, industrialization, and advancements in agricultural and livestock processes. As a result, water consumption has risen significantly, necessitating increasingly sophisticated and improved water treatment and sewage systems to maintain high-quality standards. If feasible, reusing a portion of treated water for other domestic purposes is also a goal. The present project aimed to evaluate the conditions of a system that utilizes batch-activated sludge treatment for the effluent from residences with low, medium, and high standards. Additionally, it explores the potential for reusing this treated water for less noble purposes.

**Keywords:** Wastewater treatment. Treatment of wastewater. Batch-activated sludge. Sedimentation. Settling time.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA</b> .....	8
<b>2. OBJETIVO</b> .....	10
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	10
3.1. Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) .....	10
3.2. Demanda química de oxigênio (DQO) .....	11
3.3. Aeração .....	11
3.4. Microrganismos presentes no efluente e sua importância.....	11
3.5. Estação Elevatória de Esgoto (EEE) .....	12
3.6. Tratamento preliminar .....	13
3.7. Reator aeróbio – Lodos Ativados por Batelada (LAB) .....	13
3.8. Filtro de areia .....	15
3.9. Reservatório do filtro de areia (RFA) .....	16
3.10. Disposição final do lodo .....	16
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	17
4.1. Caracterização do local de instalação da ETE .....	17
4.2. Caracterização da ETE .....	17
4.3. Caracterização do efluente doméstico .....	20
4.4. Caracterização das análises e tempo de monitoramento.....	20
<b>5. RESULTADOS</b> .....	21
5.1. Análise da qualidade do efluente bruto .....	21
5.2. Análise da qualidade do efluente após tratamento LAB .....	23
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	27
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	28

## 1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Em busca de qualidade de vida da população, é fundamental a aquisição de conjuntos de sistema de tratamento de esgoto em todo o território nacional brasileiro, como assegura a Constituição Brasileira (BRASIL, 2017). O sistema de tratamento de esgoto já esteve presente na evolução de grandes civilizações como o Império Romano e Antigo Egito, no qual auxiliou na queda de disseminação de doenças, planejamento urbano e gerenciamento das águas para abastecimento das cidades.

De acordo com o Ranking do Saneamento Básico de 2019, o Brasil ainda possui 100 milhões de pessoas sem coleta de esgoto, representando 47,6% da população do país (Painel de Saneamento, 2019).

Estes números são preocupantes em relação a meta que o Brasil possui com seu Novo Marco Legal do Saneamento, sancionado na Lei 14.026 de 2020 em que, foi estabelecido que até 2033 o país precisará atender 90% da população com água potável e 90% com coleta e tratamento de esgoto (BRASIL, 2020).

Além do Novo Marco Legal do Saneamento, a água está no centro do desenvolvimento sustentável estando atrelada ao Objetivo número 6 da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), defendendo o acesso universal à água potável e esgoto tratado.

O sistema de lodos ativados por batelada (LAB) é um tratamento de esgoto recomendado para empreendimentos, fábricas e residências em que é necessário uma elevada qualidade do efluente tratado e reduzidos requisitos de área (VON SPERLING, 2016) proporcionando assim, uma alta eficiência no tratamento do efluente e possibilitando a remoção de até 90% de DBO e 99,9% dos patógenos presentes na água.

Ademais, o LAB é recomendado também para remoção de compostos físico-químicos tóxicos para o meio ambiente como os fenóis, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), óleos e graxas, nitrogênio amoniacal, óleos vegetais e gorduras animais, tolueno e clorofórmio, entre outros.

É imprescindível ao tratamento de esgoto a alta eficiência de remoção desses compostos, já que podem causar eutrofização das águas, mortandade de fauna e flora, contaminação de solos como também, possui a possibilidade de contaminação dos demais seres vivos da cadeia alimentar devido à bioacumulação de toxinas, chegando até à mesa do ser humano.

O efluente tratado é fundamental para a gestão sustentável dos recursos hídricos ao ser um substituto aos fins menos nobres da utilização da água. Ao priorizar o uso da água dos mananciais para consumo humano, o uso de efluentes tratados contribui para a conservação dos recursos e expande a dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos.

Além dos benefícios ao meio ambiente, o processo de tratamento do Lodos Ativados por Batelada (LAB) possui uma fácil instalação e manuseio das operações, aumentando as chances de eficiência dos seus usuários devido a sua tecnologia avançada pois como já dizia Rosalind Franklin (1920-1958), “A ciência e a vida cotidiana não podem e não devem ser separadas”.

Para seu funcionamento, o LAB consiste na utilização de um único tanque onde ocorrerão as etapas e ciclos operacionais garantindo a remoção de DBO ideal, remoção de cheiro e uma economia de energia para a funcionalidade do sistema. Portanto, o LAB é ideal para o objetivo deste trabalho porque será ideal para o tratamento de pequenas residências e empreendimentos distantes dos grandes centros e assim, distantes das redes de coleta e tratamento de esgoto, proporcionando a ampliação do tratamento de esgoto no país e respectivamente uma melhora na qualidade de vida das pessoas e no meio ambiente em que lhe cerca.

Ademais, apesar de ser um equipamento de tratamento que demanda um gasto com energia elétrica e manutenções em tempos intercalados, o reator possibilita uma reciclagem da água do efluente a ser tratado, podendo ser usado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura para atividades específicas como, irrigação de quintais, limpeza de pátios, lavagem de carros (CETESB, 2024) e demais usos menos nobres desta água, auxiliando assim, na economia de água do planeta Terra.

De acordo com a ABNT NBR 13969 (1997), é estabelecido e recomendado um nível de tratamento específico dependendo do uso e destinação final do efluente tratado, sendo dividido em classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4, a seguir:

“ - classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L. Nesse nível, são geralmente necessários tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante; - classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes: turbidez

inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L. Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes; - classe 3: reuso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágüe das máquinas de lavar roupas satisfazem este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão; - classe 4: reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5.000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L. As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita”.

É de suma importância a alta eficiência de tratamento do sistema para o atendimento das normas ambientais que possuímos no Brasil hoje como a Resolução CONAMA 357/2005, emitida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em que é estabelecido as condições e padrões de lançamento de efluentes, classifica os corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, garantindo assim, a preservação do meio ambiente e a prevenção do impacto socioambiental para as gerações futuras.

## **2. OBJETIVO**

O trabalho tem como objetivo avaliar o tratamento de efluentes domésticos através do sistema de Lodos Ativados por Batelada (LAB) e a possibilidade do reuso do efluente tratado para irrigação de jardins e limpeza de pátios, para fins menos nobres.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Demanda Biológica de Oxigênio (DBO)**

A Demanda Biológica de Oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio consumido por microrganismos presentes na água, sendo o parâmetro mais indicado para medir o nível de poluição em tratamentos de água e esgoto.

Uma vez que os microrganismos presentes, como bactérias aeróbias, realizam a decomposição da matéria orgânica por meio de processos oxidativos, a taxa de oxigênio do local é reduzida. Portanto, quanto menor a DBO presente, melhores são as condições do efluente estudado.

De acordo com a Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011, o lançamento de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários deve ser de no máximo

120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO.

Ademais, de acordo com a Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, artigo 15, V: As condições da água de classe 2 devem ser DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O<sub>2</sub> e para classe 3 são DBO 5 dias a 20°C até 10 mg/L O<sub>2</sub>.

### **3.2. Demanda química de oxigênio (DQO)**

A Demanda química de oxigênio (DQO) é um indicador baseado na concentração de oxigênio consumido para oxidar matéria orgânica em meio ácido, também usado para determinar o grau de poluição de um efluente.

Diferentemente da DBO, a DQO ocorre em condições extremas como temperaturas altas e ph baixos.

### **3.3. Aeração**

A aeração é um passo crucial no tratamento dos efluentes já que está sendo utilizado um reator aeróbio para o estudo, em que será utilizado o método de aeração por ar difuso em que há a introdução do oxigênio no líquido através de um compressor de ar.

Diferentemente do ambiente anaeróbio, a injeção de oxigênio ao reator promoverá a aceleração do processo de tratamento de esgoto de modo que as bactérias presentes no efluente bruto de esgoto irão produzir dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e água (H<sub>2</sub>O) em seu resultado final a partir da decomposição dos compostos orgânicos com presença de oxigênio (O<sub>2</sub>), como exemplificado na equação a seguir da respiração aeróbia:



Assim, é constatado que o uso da aeração aos sistemas de Lodos Ativados por Batelada (LAB) é a variante mais eficiente na remoção de DBO (Von Sperling, 2016).

### **3.4. Microrganismos presentes no efluente e sua importância**

As bactérias são os principais microrganismos para a estabilização e deterioração da matéria orgânica nos efluentes do tratamento de esgoto e água, possibilitando ao LAB um tratamento sem adição de produtos químicos, um processo rápido e que entrega o efluente final adequado para fins esperados.

As bactérias possuem 3 formas básicas, sendo elas, esféricas, cilíndricas ou espiralada variam de tamanho de 0,5 a 1,0 μm de diâmetro, 0,5 a 1,0 μm de largura por 1,5 a 3,0 μm de

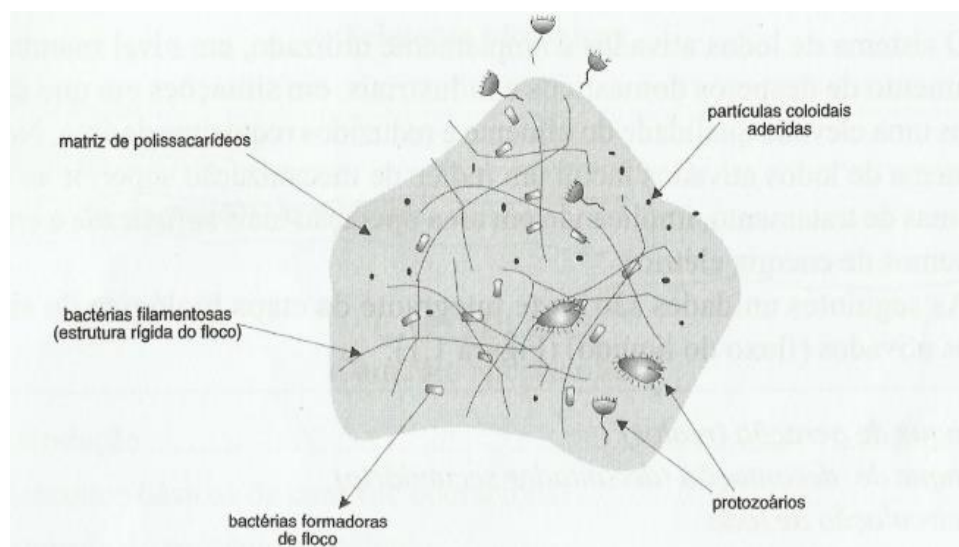
comprimento e 0,5 a 5,0 m de largura por 6,0 a 15,0 m de comprimento (Metcalf & Eddy, 1991), respectivamente.

Condições como temperatura e pH interferem nas condições de crescimento e sobrevivência das bactérias dentro dos reatores necessitando de um pH entre 6,5 e 7,5 e de acordo com o artigo publicado pela Puc Rio, com título “Microbiologia dos Lodos Ativados” uma temperatura podendo variar entre 20°C a 50°C.

Como analisado no subtópico acima, a degradação da matéria orgânica no reator aeróbio ocorre a partir da grande quantidade de bactérias nos esgotos que agem como catalisadores necessários, agindo como enzimas respiratórias. A partir disso, consomem a matéria orgânica, utilizando do oxigênio para sua respiração, ocasionando a produção de glicose.

Além de proporcionar a reação aeróbia, as bactérias possuem uma importante função nos reatores: Permitir a formação de flocos capazes de reter partículas em suspensão, devido a sua propriedade de flocular e por possuírem uma matriz gelatinosa, permitindo a aglutinação de demais partículas às bactérias, como exemplificado na imagem abaixo.

Figura 2: Floco de lodo ativado



Fonte: Von Sperling (1996).

### 3.5. Estação Elevatória de Esgoto (EEE)

As EEE são unidades de bombeamento que transportam o efluente por tubulações em que há ou não um desnível do terreno, permitindo o bombeamento de um local mais baixo para um local mais elevado até chegar às estações que serão realizados os tratamentos.

As Estações Elevatórias possuem também o objetivo de tratamento preliminar por possuírem, em sua maioria, cestos e/ou grades para retenção de sólidos no sistema.

### 3.6. Tratamento preliminar

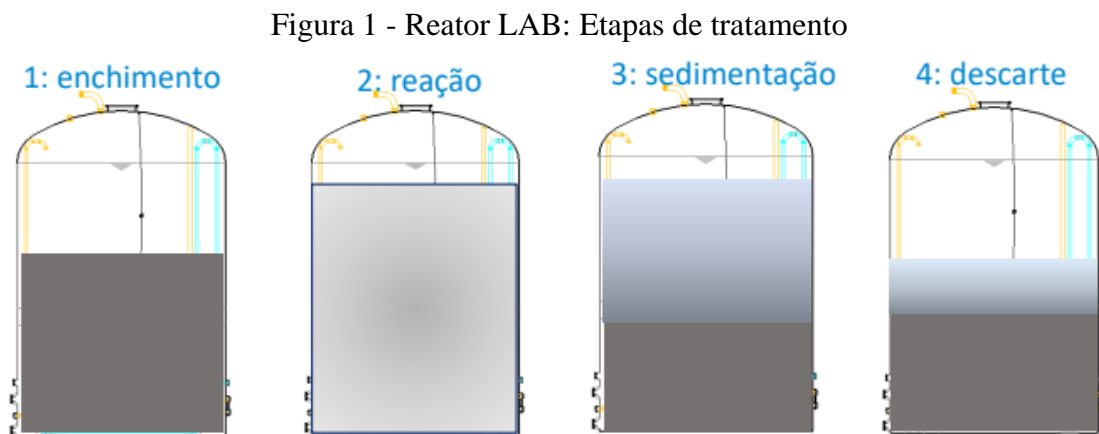
O tratamento preliminar é composto de operações físicas como grades e/ou cestos com o objetivo de reter e remover os sólidos suspensos no efluente, com dimensões superiores a 3mm que poderiam ocasionar o mau funcionamento do sistema.

### 3.7. Reator aeróbio – Lodos Ativados por Batelada (LAB)

O sistema de lodos ativados é amplamente utilizado para o tratamento de efluentes domésticos e industriais, já que necessita de um pequeno espaço para utilização do reator.

A utilização deste sistema é indicada no caso de efluente doméstico para pequenos estabelecimentos comerciais e residências garantindo uma elevada qualidade do efluente tratado.

O processo de remoção de DBO e demais compostos físico-químicos será realizado em um único reator de mistura completa por meio de ciclos operacionais com durações definidas, ocorrendo assim as etapas de enchimento, aeração, decantação e esvaziamento, consecutivamente, no mesmo reservatório.



Fonte: EEA - Empresa de Engenharia Ambiental

Ademais, será necessário uma pequena área para implantação do equipamento e funcionalidade do mesmo, sendo de 2,5 m<sup>2</sup> o menor reator à 5 m<sup>2</sup> o maior além que possuirá uma detenção hidráulica no reator de 12 a 24 horas.

Para casos de residências e estabelecimentos já em funcionamentos, em que já se possui um consumo de água bem definido a partir de um hidrômetro, o modo mais adequado de se dimensionar o reator ideal a partir da nomenclatura é 80% do consumo de água do local.

A fórmula para se calcular a vazão de esgoto será:

Vazão de esgoto = Consumo total de água x Fator de conversão

O consumo total de água deverá ser medido em m<sup>3</sup>/dia (metros cúbicos por dia) e multiplicado pelo coeficiente de 0,8.

Já para os casos de residências e empreendimentos em construção, deve-se dimensionar a vazão a partir da norma ABNT NBR 13969 (1997), item 4.1.1, em que define a contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e residentes.

Tabela 1 - Contribuição diária de despejos e de carga orgânica por tipo de prédio e residentes

Prédio	Unidade	Contribuição de esgoto L/d	Contribuição de carga orgânica gDBO <sub>5,20</sub> /d
<b>1. Ocupantes permanentes</b>			
<b>Residência</b>			
Padrão alto	Pessoa	160	50
Padrão médio	Pessoa	130	45
Padrão baixo	Pessoa	100	40
Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	30
Alojamento provisório	Pessoa	80	30
<b>2. Ocupantes temporários</b>			
Fábrica em geral	Pessoa	70	25
Escritório	Pessoa	50	25
Edifício público ou comercial	Pessoa	50	25
Escolas (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa	50	20
Bares	Pessoa	6	6
Restaurantes e similares	Pessoa	25	25
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	Lugar	2	1
Sanitários públicos <sup>1</sup>	Bacia sanitária	480	120
<sup>1</sup> Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio de esportes locais para eventos etc.).			

Fonte: ABNT NBR 13969 (1997)

Além do dimensionamento da vazão, a NBR também define as prováveis faixas de remoção de poluente em porcentagem, considerando os tratamentos entre filtro anaeróbio submerso, filtro aeróbio, filtro de areia, vala de filtração, LAB e lagoa de plantas, considerando conjunto com o tanque séptico.

Tabela 2 - Faixas de remoção de poluente em porcentagem, considerando 6 tipos de tratamentos

Processo - Parâmetro	Filtro anaeróbio submerso	Filtro aeróbio	Filtro de areia	Vala de filtração	LAB	Lagoa com plantas
DBO 5,20	40 a 75	60 a 95	50 a 85	50 a 80	70 a 95	70 a 90
DQO	40 a 70	50 a 80	40 a 75	40 a 75	60 a 90	70 a 85
SNF	60 a 90	80 a 95	70 a 95	70 a 95	80 a 95	70 a 95
Sólidos sedimentáveis	70 ou mais	90 ou mais	100	100	90 a 100	100
Nitrogênio amoniacal	-	30 a 80	50 a 80	50 a 80	60 a 90	70 a 90
Nitrato	-	30 a 70	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 80
Fosfato	20 a 50	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 90	70 a 90
Coliformes Fecais	-	-	99 ou mais	99,5 ou mais	-	-

Fonte: ABNT NBR 13969 (1997)

Sendo analisado a partir da literatura, o LAB é o melhor sistema para remoção dos poluentes como:

- DBO: Eficiência de remoção de até 95% versus o máximo de 90% dos demais processos;
- DQO: Eficiência de remoção até 90% versus a máxima de 85% dos demais processos;
- SNF: Eficiência de remoção de até 95% igual aos demais processos;
- Sólidos sedimentáveis: Remoção de no máximo 100% igual aos demais processos, exceto o filtro anaeróbio submerso e filtro aeróbio que possuem uma eficiência menor;
- Nitrogênio amoniacal: Eficiência de remoção de até 90% igual ao lagoa com plantas e eficiência maior que o filtro anaeróbio submerso, filtro aeróbio, filtro de areia e vala de infiltração;
- Fosfato: Eficiência de remoção de até 90% igual ao lagoa com plantas e eficiência maior do que o filtro anaeróbio submerso, filtro aeróbio, filtro de areia e vala de infiltração.

O único parâmetro que o LAB não possui a maior eficiência de remoção em relação aos outros processos é para o tratamento de nitrato, já que, não possui um sistema de filtração que é eficaz para remoção do composto orgânico.

### 3.8. Filtro de areia

O filtro de areia pode ser utilizado como um pós-tratamento simplificado. Possui um tanque preenchido com areia que possui um fluxo descendente, ou seja, seu funcionamento é constante, neste caso, funcionando de modo automático.

Seu funcionamento se baseia na passagem de afluente sobre a superfície de areia por meio de uma tubulação de distribuição (Ausland, 2002).

O filtro de areia é utilizado para a remoção de turbidez, sólidos suspensos na água e pequenas impurezas de até 0.025 milímetros que não foram retiradas por completo no tanque de lodos ativado por batelada.

De acordo com a NBR 13.969 de 1997 (ABNT, 1997), o filtro de areia atende o reuso do efluente tratado, classificado como atendimento de classe 2, sendo restrito para: lavagem de pisos e calçadas; irrigação de jardins e; manutenção de lagos e canais de fins paisagísticos.

### **3.9. Reservatório do filtro de areia (RFA)**

O reservatório do filtro de areia é utilizado para o compartimento do efluente para desinfecção, de acordo com o exigido pela a NBR 13.969 de 1997 (ABNT, 1997).

O reservatório tem por seu objetivo reduzir a carga de patógenos presentes no efluente e garantir segurança para sua destinação de classe 2 e 3, além de auxiliar no armazenamento e utilização da água de reuso no dia a dia do usuário, podendo escolher o momento do seu uso de acordo com por exemplo, a escassez de chuvas em sua localização.

### **3.10. Disposição final do lodo**

A etapa de disposição final do lodo é uma etapa que deve ser planejada juntamente com a construção das ETEs, já que, se feita de forma incorreta pode impactar negativamente no meio ambiente local.

O lodo produzido no tratamento pelo processo de lodos ativados por batelada são subprodutos sólidos, ricos em matéria orgânica e nutrientes (Bettioli; Camargo, 2006). Por isso, hoje possuímos alternativas de reuso para esse material podendo ser o uso agrícola e florestal tal como compostagem, fertilizantes ou aplicação direta no solo, como também fabricação de tijolos, produção de cimento e o menos indicado devido a espaço hábil das cidades, destinação a aterros sanitários.

Para o tratamento de lodo no LAB, em um reservatório à parte, possuímos as seguintes etapas (Von Sperling, 2016) e seus respectivos objetivos:

- Estabilização: remoção de matéria orgânica com o intuito de reduzir os sólidos voláteis

- Desidratação: remoção de umidade para redução do volume
- Disposição final: destinação do lodo já desidratado

No caso deste estudo, a responsabilidade da destinação final do lodo será atribuída a uma empresa contratada pois não teremos o foco no reuso dos subprodutos, como o lodo, mas sim para o efluente tratado.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Caracterização do local de instalação da ETE

O local escolhido para a instalação do equipamento e realização do experimento foi em uma residência de padrão alto no Residencial Florença, localizado na cidade de Rio Claro, estado de São Paulo.

Na data de coleta das informações sobre reuso do efluente para irrigação dos jardins da residência, durante o mês de Junho/2023, a cidade de Rio Claro passava por um longo período de seca, como o de costume para a estação Outono-Inverno em que as temperaturas estão mais amenas e há maior incidência de ventos e diminuição da umidade do ar.

### 4.2 Caracterização da ETE

Para a presente pesquisa, possuíse 5 opções de sistemas de tratamento LAB para seguir com a análise e escolha do sistema ideal, de acordo com a vazão, carga orgânica do efluente em relação a residência de instalação escolhido para teste de eficiência de tratamento. Os sistemas estão representados na tabela abaixo:

Tabela 3 - Capacidade de tratamento do equipamento LAB

Capacidade máxima de tratamento do equipamento LAB					
Parâmetro	LAB 1	LAB 2	LAB 3	LAB 4	LAB 5
Vazão (L/dia)	1500	3000	7500	15000	20000
Carga Orgânica (g/dia)	563	1125	2813	5250	7000

Fonte: Adaptado de EEA - Empresa de Engenharia Ambiental

A partir do experimento realizado em uma residência de uma família de 4 pessoas, por se possuir baixa carga orgânica e baixa vazão diária, foi escolhido o equipamento LAB 1 para operação, de vazão 1.500 L/dia.

Com a definição do equipamento pode-se iniciar as instalações do reator e acompanhar o passo a passo de seu funcionamento a partir de seu ciclo operacional.

Tabela 4 - Ciclos operacionais do LAB 1

<b>Ciclos Operacionais</b>	
<b>Etapas</b>	<b>LAB 1 1.500</b>
Enchimento (horas)	15
Aeração (horas)	6
Sedimentação (horas)	2
Descarte (horas)	1
Duração total (horas)	24
Eficiência (%)	95

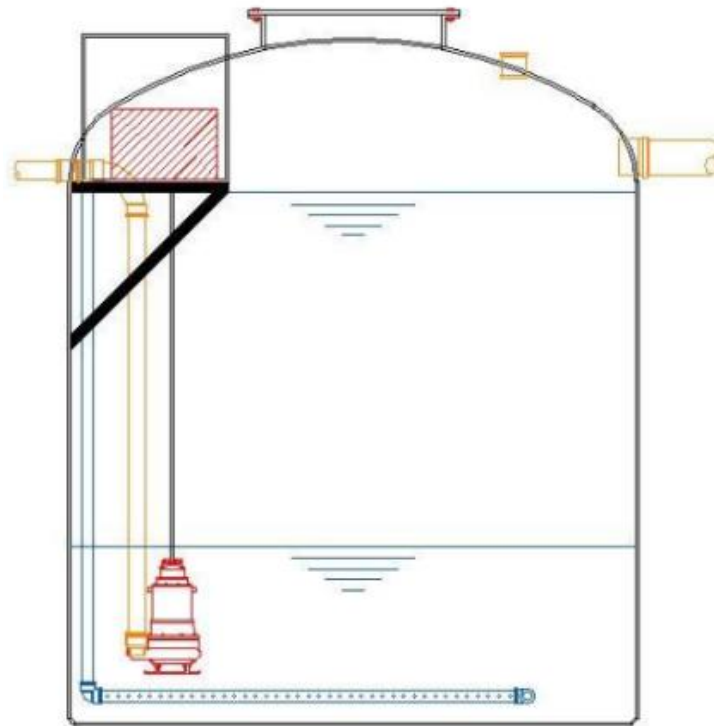
Fonte: Adaptado de EEA - Empresa de Engenharia Ambiental

Inicialmente, o esgoto bruto chega à Estação Elevatória de Esgoto (EEE) que armazenará o efluente e o bombeia para o interior do Reator Aeróbio durante 15 horas, de acordo com o timer utilizado no sistema para calcular o tempo de cada etapa do tratamento do efluente.

A EEE utilizada se trata de um tanque em concreto, dimensionado de acordo com a vazão (L/dia) do efluente a ser tratado na residência ou indústria. Será adicionado ao tanque um cesto de retenção de sólidos que, como diz o nome, permite a retenção de sólidos de dimensões superiores a 3mm, exercendo também a função de tratamento preliminar do efluente.

Após a retenção de sólidos, o efluente líquido será encaminhado para a etapa de tratamento biológico que ocorrerá no interior do reator aeróbio, operando de acordo com o processo de Lodos Ativados por Batelada, como exemplificado na imagem a seguir.

Figura 3 - Reator LAB



Fonte: EEA - Empresa de Engenharia Ambiental

Seu funcionamento segue 4 etapas consecutivas que são fundamentais para garantir a eficiência do LAB no tratamento do efluente doméstico, sendo eles:

- Enchimento: entrada de esgoto bruto ou decantado no reator;
- Aeração: aeração/mistura da massa líquida contida no reator;
- Sedimentação: sedimentação e separação dos sólidos em suspensão do esgoto tratado;
- Descarte do efluente tratado: retirada do esgoto tratado do reator;
- Repouso: ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente

Na primeira etapa, teremos o enchimento do reator dimensionado de acordo com a capacidade máxima de tratamento do equipamento adotado, sendo de 1,5m<sup>3</sup> e de acordo com a duração total do ciclo, obedecendo uma programação do timer digital, contida no quadro de comando, sendo de 24 hora de ciclo para a menor vazão do sistema.

Após o enchimento, o oxigênio necessário para as bactérias será suprido pela aeração mecânica de um compressor de ar instalado ao lado do reator, com duração de aeração de 6 horas.

Em seguida, o reator passará pela etapa de sedimentação em que a aeração é interrompida e o efluente possuirá o tempo de 2 horas para decantar no fundo do reator.

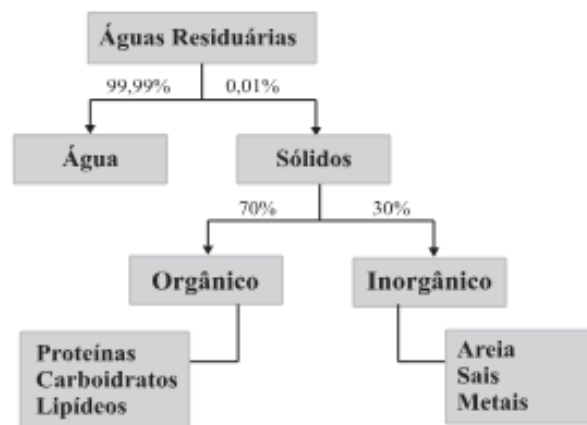
Na etapa de descarte, o efluente será separado em dois, a parcela superior do efluente já tratado que será direcionada para a irrigação de jardins automaticamente e, a parcela inferior que será a sedimentação, o lodo produzido no processo que será direcionada para um tanque de lodo e armazenado no mesmo.

Como opção de armazenamento do efluente tratado para seus fins menos nobres, como irrigação de jardins e lavagens de pátios, poderá ser construído, em concreto, um tanque de armazenamento do efluente tratado, tornando o uso mais versátil para o usuário já que poderá escolher em que momento será reusado o efluente caso opte pelo processo manual de irrigação.

### 4.3. Caracterização do efluente doméstico

Para analisar a composição básica do esgoto domiciliar, utilizaremos de base o estudo de Wagner Bettiol e Otávio Antonio de Camargo, “A Disposição de Lodo de Esgoto em Solo Agrícola” (Melo & Marques, 2000), figura 4.

Figura 4 - Composição do esgoto doméstico



Fonte: Melo & Marques, 2000

No fluxograma acima podemos analisar como o efluente doméstico, escolhido para o estudo, possui uma composição muito variável.

A maior composição do esgoto doméstico é água e a menor parcela são de sólidos, sendo eles 70% compostos orgânicos removidos durante o tratamento e outros 30% são compostos inorgânicos, removidos no tratamento preliminar de cesto e/ou grades.

### 4.4. Caracterização das análises e tempo de monitoramento

Para a caracterização e análise do efluente tratado no sistema Lodos Ativados por Batelada (LAB), foi utilizado o serviço de análises laboratoriais do “Acqualab”, subsidiado pela empresa EEA- Empresa de Engenharia Ambiental.

Para ambas as amostras do efluente bruto e tratado foram coletadas no dia 16/Fevereiro/2024 às 9h50min e recebido pelo laboratório no mesmo dia às 16h12min. Não houve presença de chuvas nas últimas 24 horas.

Os parâmetros analisados para as duas amostras, efluente bruto e tratado, e seus respectivos resultados foram os Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs), sendo eles Benzeno, Clorofórmio, Dicloroetano Total, Estireno, Etilbenzeno, Tetracloroeto de Carbono, Tolueno, Tricloroetano e Xilenos. Ademais, foram analisados os parâmetros de Físico-Químicos como, Arsênio, Bário, Boro, Cádmio, Chumbo, Cianeto Livre, Cianeto Total, Cobre, Cobre Solúvel, Cromo Hexavalente, Cromo Total, Cromo Trivalente, DBO 5 dias a 20°C, DQO, Estanho, Fenóis, Ferro Solúvel, Fluoreto, Manganês Solúvel, Mercúrio, Níquel, Nitrogênio Amoniacal, Óleos e Graxas, Óleos Minerais, Óleos Vegetais e Gorduras Animais, pH, Prata, Resíduos Sedimentáveis, Selênio, Sulfeto Total e Zinco.

Para o estudo, o tempo de monitoramento do antes e depois do jardim irrigada, foi analisada a irrigação por um período de 1 mês durante o mês de Junho/2023, na residência no Residencial Florença. Porém, para a familiar foi observada a evolução das plantas durante 1 ano, de Junho/2023 a Junho/2024.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Análise da qualidade do efluente bruto

Após análise da composição do efluente bruto, as seguintes informações podem ser obtidas:

Tabela 5 - Análise da presença e quantidade de Componentes Orgânicos Voláteis (VOCs)

Componentes Orgânicos Voláteis (VOCs)										
Análise	CAS Number	Resultado	Unidade	VMP Decreto Estadual 8468/76 - Artigo 18	VMP Resolução CONAMA no 430 - Artigo 16 (Seção II)	Diluição	LD	LQ	Incerteza (Erro)	ID Método
Benzeno	71-43-2	ND	µg/L	----	1200	1	0,33	1	NA	1753
Clorofórmio	67-66-3	3,89	µg/L	----	1000	1	0,33	1	0,88	1753
Dicloroetano Total	----	ND	µg/L	----	1000	1	1	3	NA	1753
Estireno	100-42-5	ND	µg/L	----	70	1	1,67	5	NA	1753
Etilbenzeno	100-41-4	ND	µg/L	----	840	1	0,33	1	NA	1753
Tetracloroeto de Carbono	56-23-5	ND	µg/L	----	1000	1	0,33	1	NA	1753
Tolueno	108-88-3	15,97	µg/L	----	1200	1	0,33	1	3,93	1753
Tricloroetano	79-01-6	ND	µg/L	----	1000	1	0,33	1	NA	1753
Xilenos	1330-20-7	ND	µg/L	----	1600	1	1	3	NA	1753

Fonte: Acqua Lab

A partir da análise dos dados acima, analisados em laboratório, pode-se observar que há uma alta concentração nos Componentes Orgânicos Voláteis (VOCs) como clorofórmio e tolueno porém esses componentes não excedem o limite definido na Resolução CONAMA no 430 - Artigo 16 (Seção II) em que, é definido os valores máximos presente destes componentes para o lançamento de efluentes diretamente nos corpos hídricos, sendo o valor máximo de 1,0 mg/L para o clorofórmio e 1,2 mg/L para o tolueno.

Já para os elementos físico-químicos foram obtidas as análises do efluente bruto:

Tabela 6: Análise da presença e quantidade de Físico-Químicos

Físico-Químicos										
Análise	CAS Number	Resultado	Unidade	VMP Decreto Estadual 8468/76 - Artigo 18	VMP Resolução CONAMA no 430 - Artigo 16 (Seção II)	Diluição	LD	LQ	Incerteza (Erro)	ID Método
Arsênio	7440-38-2	ND	mg/L	0,2	0,5	10	0,0033	0,01	NA	1724
Bário	7440-39-3	< 0,100	mg/L	5	5	10	0,033	0,1	NA	1724
Boro	7440-42-8	ND	mg/L	5	5	10	0,5	1,5	NA	1724
Cádmio	7440-43-9	ND	mg/L	0,2	0,2	10	0,00033	0,001	NA	1724
Chumbo	7439-92-1	< 0,0100	mg/L	0,5	0,5	10	0,0033	0,01	NA	1724
Cianeto Livre	57-15-5	ND	mg/L	---	0,2	1	0,002	0,005	NA	1699
Cianeto Total	57-15-5	ND	mg/L	0,2	1	1	0,02	0,05	NA	1698
Cobre	7440-50-8	< 0,0100	mg/L	1	---	10	0,0033	0,01	NA	1724
Cobre Solúvel	7440-50-8	ND	mg/L	---	1	10	0,0033	0,01	NA	1723
Cromo Hexavalente	18540-29-9	ND	mg/L	0,1	0,1	1	0,03	0,1	NA	1711
Cromo Total	7440-47-3	ND	mg/L	5	---	10	0,033	0,1	NA	1724
Cromo Trivalente	---	< 0,10	mg/L	---	1	NA	NA	0,1	NA	1712
DBO 5 dias a 20°C	---	291	mg/L	60 (OBS1)	---	NA	NA	2	22,4	1713
DQO	---	577	mg/L	---	---	1	7	20	32	1715
Estanho	7440-31-5	ND	mg/L	4	4	10	0,5	1,5	NA	1724
Fenóis	---	0,15	mg/L	0,5	0,5	1	0,03	0,1	0,02	1717
Ferro Solúvel	7439-89-6	ND	mg/L	15	15	10	0,5	1,5	NA	1723
Fluoreto	7782-41-4	2,35	mg/L	10	10	1	0,03	0,1	0,16	1719
Manganês Solúvel	7439-96-5	ND	mg/L	1	1	10	0,033	0,1	NA	1723
Mercurio	7439-97-6	ND	mg/L	0,01	0,01	10	0,00033	0,001	NA	1724
Níquel	7440-02-0	ND	mg/L	2	2	10	0,033	0,1	NA	1724
Nitrogênio Amoniacal	7664-41-7	53,38	mg/L	---	20	10	0,25	0,82	6,62	1695
Óleos e Graxas	---	140,8	mg/L	100	---	NA	0,3	1	13,5	1726
Óleos Minerais	---	11,9	mg/L	---	20	NA	0,3	1	1,1	1726
Óleos Vegetais e Gordura Animais	---	128,9	mg/L	---	50	NA	0,3	1	12,4	1726
pH	---	7		ENTRE 5,0 E 9,0	ENTRE 5,0 E 9,0	NA	NA	2	0,1	1734
Prata	7440-22-4	ND	mg/L	0,02	0,1	10	0,0033	0,01	NA	1724
Resíduos Sedimentáveis	---	1	mg/L	1	1	NA	0,1	1	0	1736
Selênio	7782-49-2	ND	mg/L	0,02	0,3	10	0,0033	0,01	NA	1724
Sulfeto Total	18496-25-8	0,5	mg/L	---	1	1	0,02	0,05	0,02	1744
Zinco	7440-66-6	0,586	mg/L	5	5	10	0,033	0,1	0,014	1724

Fonte: Acqua Lab

Além dos VOCs, também possuiu altas concentrações dos Físico-Químicos como Fenóis, Óleos Minerais, Nitrogênio Amoniacal, Sulfeto total, DBO, DQO e óleos e graxas.

Dentre os parâmetros, possuiu componentes que excedem o limite permitido pela Resolução CONAMA no 430 - Artigo 16 (Seção II) como Nitrogênio Amoniacal, em que encontrou-se a concentração de 53,38 mg/L no efluente bruto, sendo 20 mg/L o permitido na resolução. Encontrou-se também as concentrações de DBO em 291 mg/L, com o permitido em 60 mg/L, concentrações de óleos e graxas em 140,8 mg/L, com o permitido em 100 mg/L e Óleos Vegetais e gorduras animais em 128,9 mg/L, com o permitido sendo apenas 50 mg/L.

Portanto, se conclui que se houvesse o lançamento do efluente bruto diretamente em um corpo d'água, sem o devido tratamento, poderiam comprometer gravemente o meio ambiente local como também a saúde pública ao provocar doenças como cólera, disenteria, meningite, amebíase e hepatites A e B.

## 5.2. Análise da qualidade do efluente após tratamento LAB

Analisando os dados do efluente, os parâmetros após tratamento de Lodos Ativados por Batelada (LAB) podem ser observados. Foram identificadas em amarelo as análises que sofreram alteração.

Tabela 7 - Análise da presença e quantidade de Componentes Orgânicos Voláteis (VOCs)

Componentes Orgânicos Voláteis (VOCs)										
Análise	CAS Number	Resultado	Unidade	VMP Decreto Estadual 8468/76 - Artigo 18	VMP Resolução CONAMA no 430 - Artigo 16 (Seção II)	Diluição	LD	LQ	Incerteza (Erro)	ID Método
Benzeno	71-43-2	ND	µg/L	----	1200	1	0,33	1	NA	1753
Clorofórmio	67-66-3	ND	µg/L	----	1000	1	0,33	1	NA	1753
Dicloroetano Total	----	ND	µg/L	----	1000	1	1	3	NA	1753
Estireno	100-42-5	ND	µg/L	----	70	1	1,67	5	NA	1753
Etilbenzeno	100-41-4	ND	µg/L	----	840	1	0,33	1	NA	1753
Tetracloroeto de Carbono	56-23-5	ND	µg/L	----	1000	1	0,33	1	NA	1753
Tolueno	108-88-3	ND	µg/L	----	1200	1	0,33	1	NA	1753
Tricloroetano	79-01-6	ND	µg/L	----	1000	1	0,33	1	NA	1753
Xilenos	1330-20-7	ND	µg/L	----	1600	1	1	3	NA	1753

Fonte: Acqua Lab

Como observado, após o tratamento do efluente doméstico, as concentrações de clorofórmio e tolueno foram reduzidas a zero, evidenciando uma alta eficiência no tratamento de componentes orgânicos voláteis (VOCs). Demais compostos continuaram sem presença detectada.

Para a análise dos elementos físico-químicos, as análises do efluente tratado estão disponíveis a seguir.

Tabela 8: Análise da presença e quantidade de Físico-Químicos

Físico-Químicos										
Análise	CAS Number	Resultado	Unidade	VMP Decreto Estadual 8468/76 - Artigo 18	VMP Resolução CONAMA no 430 - Artigo 16 (Seção II)	Diluição	LD	LQ	Incerteza (Erro)	ID Método
Arsênio	7440-38-2	ND	mg/L	0,2	0,5	10	0,0033	0,01	NA	1724
Bário	7440-39-3	< 0,100	mg/L	5	5	10	0,033	0,1	NA	1724
Boro	7440-42-8	ND	mg/L	5	5	10	0,5	1,5	NA	1724
Cádmio	7440-43-9	ND	mg/L	0,2	0,2	10	0,00033	0,001	NA	1724
Chumbo	7439-92-1	ND	mg/L	0,5	0,5	10	0,0033	0,01	NA	1724
Cianeto Livre	57-15-5	ND	mg/L	---	0,2	1	0,002	0,005	NA	1699
Cianeto Total	57-15-5	ND	mg/L	0,2	1	1	0,02	0,05	NA	1698
Cobre	7440-50-8	< 0,0100	mg/L	1	---	10	0,0033	0,01	NA	1724
Cobre Solúvel	7440-50-8	ND	mg/L	---	1	10	0,0033	0,01	NA	1723
Cromo Hexavalente	18540-29-9	ND	mg/L	0,1	0,1	1	0,03	0,1	NA	1711
Cromo Total	7440-47-3	ND	mg/L	5	---	10	0,033	0,1	NA	1724
Cromo Trivalente	---	< 0,10	mg/L	---	1	NA	NA	0,1	NA	1712

DBO 5 dias a 20°C	---	15	mg/L	60 (OBS1)	---	NA	NA	2	1,2	1713
DQO	---	45	mg/L	---	---	1	2	5	2	1715
Estanho	7440-31-5	ND	mg/L	4	4	10	0,5	1,5	NA	1724
Fenóis	---	< 0,10	mg/L	0,5	0,5	1	0,03	0,1	NA	1717
Ferro Solúvel	7439-89-6	ND	mg/L	15	15	10	0,5	1,5	NA	1723
Fluoreto	7782-41-4	0,95	mg/L	10	10	1	0,03	0,1	0,07	1719
Manganês Solúvel	7439-96-5	ND	mg/L	1	1	10	0,033	0,1	NA	1723
Mercurio	7439-97-6	ND	mg/L	0,01	0,01	10	0,00033	0,001	NA	1724
Níquel	7440-02-0	ND	mg/L	2	2	10	0,033	0,1	NA	1724
Nitrogênio Amoniacal	7664-41-7	7,99	mg/L	---	20	1	0,02	0,08	0,99	1695
Óleos e Graxas	---	8,8	mg/L	100	---	NA	0,3	1	0,8	1726
Óleos Minerais	---	2,7	mg/L	---	20	NA	0,3	1	0,3	1726
Óleos Vegetais e Gordura Animais	---	6,1	mg/L	---	50	NA	0,3	1	0,6	1726
pH	---	5,9		ENTRE 5,0 E 9,0	ENTRE 5,0 E 9,0	NA	NA	2	0,1	1734
Prata	7440-22-4	ND	mg/L	0,02	0,1	10	0,0033	0,01	NA	1724
Resíduos Sedimentáveis	---	< 1,0	mg/L	1	1	NA	0,1	1	NA	1736
Selênio	7782-49-2	ND	mg/L	0,02	0,3	10	0,0033	0,01	NA	1724
Sulfeto Total	18496-25-8	ND	mg/L	---	1	1	0,02	0,05	NA	1744
Zinco	7440-66-6	0,453	mg/L	5	5	10	0,033	0,1	0,014	1724

Fonte: Acqua Lab

Após análise, observa-se que a redução de concentração de compostos como também, compostos que não foram mais detectados nas análises.

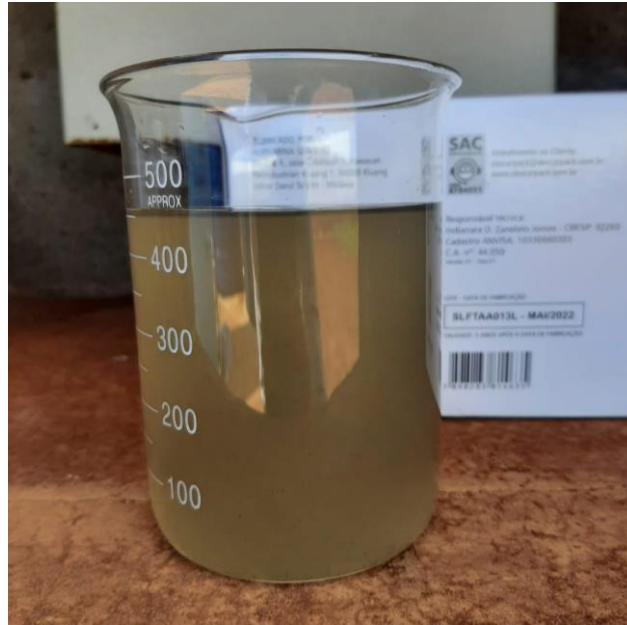
Concentrações como o chumbo passaram de concentrações de < 0,0100 mg/L para 0 como também, concentrações de sulfeto total passaram de 0,50 mg/L para zero.

Já os compostos que possuíram um redução em sua concentração foram, DBO de 291 mg/L para 15 mg/L, DQO de 577 mg/L para 45 mg/L, fenóis de 0,15 mg/L para < 0,10 mg/L, fluoreto de 2,35 mg/L para 0,95 mg/L, nitrogênio amoniacal de 53,38 mg/L para 7,99 mg/L, óleos e graxas de 140,8 mg/L para 8,8 mg/L, óleos minerais de 11,9 mg/L para 2,7 mg/L, óleos vegetais e gorduras animais de 128,9 mg/L para 6,1 mg/L, pH de 7,0 para 5,9, resíduos sedimentáveis de 1,0 mL/L para < 1,0 mL/L e zinco de 0,586 mg/L para 0,453 mg/L.

Analisando os dados gerais do efluente tratado, pode-se observar uma queda dos resultados obtidos anteriormente, no efluente bruto, ocasionando um cenário de melhora nos indicadores de VOCs e físico-químicos e um atendimento da Resolução CONAMA no 430 - Artigo 16 (Seção II) e do Decreto Estadual 8468/76 - Artigo 18, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

Além dos resultados de análise laboratorial foram analisados os parâmetros físicos do efluente antes e depois do tratamento de LAB, conforme identificado nas imagens a seguir.

Figura 5 - Efluente Bruto após coleta



Fonte: EEA - Empresa de Engenharia Ambiental

Figura 6 - Efluente após tratamento de LAB



Fonte: EEA - Empresa de Engenharia Ambiental

Através dos parâmetros físicos de qualidade da água, após tratamento LAB identifica-se uma melhora na cor, odor, turbidez e sólidos em suspensão, possibilitando seu reúso seguro do efluente tratado.

Tabela 9 - Parâmetros físicos e presença nas amostras analisadas

Parâmetros	Efluente Bruto	Efluente Tratado
Turbidez	✓	✗
Coloração escura	✓	✗
Sólidos em suspensão	✓	✗
Odor	✓	✗

Fonte: Acqua Lab

A coloração escura da amostra do efluente bruto é resultado da existência de grande carga orgânica presente na água, causando um forte odor do efluente antes do tratamento.

O efluente bruto apresentava alto nível de turbidez devido a presença de matéria em suspensão na água, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas.

Por fim, foram analisadas também as características físicas e visuais do jardim da residência do Residencial Florença. Nota-se que a espécie de grama encontrada no local, de nome científico *Zoysia Japônica*, apresentou uma melhora na coloração e crescimento da mesma.

Figura 7 - Jardim antes da irrigação



Fonte: EEA - Empresa de Engenharia Ambiental

Figura 8 - Jardim após 3 semanas de uso da irrigação por água de reuso



Fonte: EEA - Empresa de Engenharia Ambiental

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do tratamento de Lodos Ativados por Bateladas pode-se observar uma diminuição significativa em compostos físico-químicos que estavam com quantidades acima do permitido pelo Decreto Estadual 8468/76 - Artigo 18 e Resolução CONAMA no 430 - Artigo 16 (Seção II) como, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), óleos e graxas, nitrogênio amoniacal e óleos vegetais e gorduras animais.

O efeito causado pelas altas concentrações desses compostos causa aos recursos hídricos a baixa quantidade de oxigênio disponível, eutrofização da água como também, a mortandade de peixes causada pela toxicidade das águas e permeabilidade de compostos químicos tóxicos através da membrana celular dos peixes e a solubilidade em lipídios corporais como exemplo o nitrogênio amoniacal.

Além de compostos acima do limite permitido, observa-se a redução de demais compostos como Tolueno, clorofórmio, DQO, Fenóis, óleos minerais, sulfeto total e pH.

A redução de fenóis do meio aquoso é extremamente benéfica a partir do descarte do efluente tratado ao recurso hídrico mais próximo devido ao seu grande impacto no ecossistema. Os fenóis são oriundos principalmente de atividades industriais e são comuns por serem lipossolúveis, ou seja, acumulares nas gorduras dos peixes e demais animais, causando gosto

ruim ao pescado e concentração do composto de acordo com a cadeia alimentar (CETESB, 2024), se acumulando em consumidores de níveis tróficos mais altos como os seres humanos.

Além dos fenóis, a remoção dos demais Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) é benéfica para o reuso do efluente tratado para fins menos nobres, permitindo que o efluente seja utilizado para a irrigação de jardins e lavagem de pátios, caracterizados como uso de classe 2 de acordo com a ABNT NBR 13969 (1997).

Ademais, o crescimento saudável da grama também foi evidenciado após 1 mês de irrigação de reúso. A melhora visual do ambiente é explicada pelos minerais e compostos presentes na água, acelerando o processo de desenvolvimento das gramíneas, possibilitando uma característica mais saudável de aspecto verde e intenso.

A presença da grama saudável traz vantagens para o ecossistema local, sendo elas a melhora na infiltração de água no solo evitando o rápido escoamento superficial e consequentemente a presença de erosão pluvial, aumento da oxigenação do solo e filtragem de poluentes devido a absorção de dióxido de carbono e liberação de oxigênio.

Com isso, é de suma importância o reuso do efluente durante um período de seca nas cidades, incluindo o município de Rio Claro - SP, auxiliando na gestão sustentável dos recursos hídricos e planejamento dos recursos hídricos ao ser um substituto aos fins menos nobres da utilização da água e possibilitando a priorização da água dos mananciais para consumo humano.

Por fim, os resultados deste estudo foram provenientes das análises laboratoriais do efluente bruto como também do efluente tratado, sob o auxílio da empresa EEA - Empresa de Engenharia Ambiental.

## **7. REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969/1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969:1997 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. 1997.

Ausland, G., Stevik, T.K., Hanssen, J.F., Kohler, J.C., Jenssen, P.D. (2002) Intermittent filtration of wastewater – removal of fecal coliforms and fecal streptococci. *Water Research*, v. 36, n. 14, p. 3507-3516.

Bettiol, W.; Camargo, O. A. (2006) A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola.

BRASIL. (2017). Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. [[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)]

BRASIL. (2020). Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. [[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm)]

BRK Ambiental. (2019). Saneamento básico no Brasil: conheça os números das regiões do país. [<https://blog.brkambiental.com.br/saneamento-basico-no-brasil/>].

CETESB. (2024). Águas Interiores. - Reuso da água. [<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>].

CETESB. (2024). Fenol - Mortandade de Peixes. [<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/contaminantes/fenol/>].

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). (2005). Resolução CONAMA no 357, de 17 de março de 2005. [<https://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>].

SÃO PAULO. (1976). Decreto Estadual nº 8468, de 08 de setembro de 1976. [<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1976/decreto-8468-08.09.1976.html>]

SENADO FEDERAL. (2022). Estudo aponta que falta de saneamento prejudica mais de 130 milhões de brasileiros. [<https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2022/03/estudo-aponta-que-falta-de-saneamento-prejudica-mais-de-130-milhoes-de-brasileiros>].

Jordão, E.P.; Pessôa, C. A. (2014). Tratamento de Esgotos Domésticos. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 2014.

Neto, A. (2016) Remoção de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo em esgoto diluído com reatores em bateladas sequenciais. Universidade Federal de Pernambuco.

Painel Saneamento Brasil. (2020). Indicadores de Saneamento por ano. [<https://www.painelsaneamento.org.br/explore/ano>]

Metcalf & Eddy. (1991). Wastewater Engineering: treatment, disposal and reuse.

Murgel Branco, S. Biologia do tratamento de esgotos.

Von Sperling, M. (2007). Introduction to Wastewater Treatment Processes. IWA Publishing.