



**LETICIA SOUZA BUENO**

**LEVANTAMENTO DE IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DE  
UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO: ESTUDO DE  
CASO DO MUNICÍPIO DE ATIBAIA-SP**

**LAVRAS – MG**

**2023**

**LETICIA SOUZA BUENO**

**LEVANTAMENTO IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DE UM  
SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO DO  
MUNICÍPIO DE ATIBAIA-SP**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras como parte das  
exigências do Curso de Engenharia Ambiental  
e Sanitária, para obtenção do título de bacharel.

Prof. Dr. Ronaldo Fia

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2023**

**LETICIA SOUZA BUENO**

**LEVANTAMENTO IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DE UM  
SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO: ESTUDO DE CASO DO  
MUNICÍPIO DE ATIBAIA-SP**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras como parte das  
exigências do Curso de Engenharia Ambiental  
e Sanitária, para obtenção do título de bacharel.

APROVADA em 21 de julho de 2023

Prof. Dr. Ronaldo Fia UFLA

Prof. Dr. Fatima Resende Luiz Fia UFLA

Mestrado Wesley Cardoso Costa UFLA

---

Prof. Dr. Ronaldo Fia

**LAVRAS – MG**

**2023**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Ronaldo Fia, que não só esteve presente em vários momentos da minha graduação, mas também por ser um profissional a quem admiro por sua dedicação e paixão em transmitir todo seu conhecimento de forma muito leve.

A minha mãe Iris, por ser um exemplo de mulher guerreira, que nunca desiste e que não mediu esforços para criar sozinha quatro mulheres fortes e incríveis. Apesar de todas as dificuldades financeiras e adversidades da vida, sempre me apoiou a seguir meus sonhos e me incentivou a buscar o meu próprio caminho.

As minhas irmãs Larissa, Manuella, Micaella e Thainá por serem minhas melhores amigas e meu apoio emocional. Agradeço por cada momento feliz e por ter a chance de ensinar tudo que aprendi com a vida e poder aprender mais ainda com elas.

Agradeço ao meu namorado Victor por seu amor e por suas palavras de estímulo e carinho. Seu apoio me sustentou em momentos de dúvidas e desafios, não só neste projeto, mas em vários aspectos da minha vida. Obrigada por ser meu porto seguro e meu maior incentivador nesta jornada acadêmica.

## RESUMO

A compreensão de aspectos e impactos socioambientais é de grande importância para se compreender a relação das variáveis sociais e ambientais no planejamento, concepção, e, acima de tudo, na operação de estações de tratamento de esgoto. Além de prevenir riscos à população e evitar a poluição e degradação do meio ambiente, a análise desses aspectos é crucial para obter certificações ambientais importantes, como a ISO 14001 – gestão ambiental e o selo ESG - *Environmental, Social, and Governance*, que avaliam o desempenho sustentável de uma empresa. Este trabalho realizou um estudo de caso do sistema de esgotamento sanitário do município de Atibaia – SP levantando e classificando os impactos socioambientais das atividades e processos realizados no sistema. Por meio do levantamento de informações junto aos responsáveis de cada setor do empreendimento foram obtidas as informações detalhadas sobre cada área e atividade do sistema e sua relação com o meio ambiente e sociedade. O tratamento dos dados foi realizado pelo método de Matriz de Interação, utilizando classificações qualitativas e quantitativas a fim de obter-se o grau de importância de todos os aspectos e impactos que foram levantados. O entendimento dos impactos e seu grau de importância foram utilizados como ferramenta para investigar os controles de monitoramento, prevenção e mitigação que o empreendimento executa e criar planos de ação para revisão e modificação de procedimentos relevantes que se encontravam desatualizados. O estudo realizado se mostrou de grande importância para entender melhor a realização entre o sistema de esgotamento sanitário e suas interações com a sociedade e com o meio ambiente, servindo como ferramenta de consulta para futuras tomadas de decisões aprimoramentos no sistema de esgotamento sanitário, visando à proteção do meio ambiente e ao bem-estar da população de Atibaia.

**Palavras-chave:** Impactos ambientais; tratamento de esgoto; matriz de interação; gerenciamento de impactos ambientais.

## Abstract

The understanding of socio-environmental aspects and impacts is of great importance in order to comprehend the relationship between social and environmental variables in the planning, design, and above all, the operation of wastewater treatment plants. In addition to preventing risks to the population and avoiding pollution and environmental degradation, the analysis of these aspects is crucial to obtain important environmental certifications, such as ISO 14001 and the ESG seal, which assess the sustainable performance of a company. This study conducted a case study of the wastewater treatment system in the municipality of Atibaia, São Paulo, by identifying and classifying the socio-environmental impacts of the activities and processes within the system. Detailed information regarding each area and activity of the system and its relationship with the environment and society was obtained through interviews with the responsible individuals in each sector of the responsible company. The data was processed using the Interaction Matrix method, employing qualitative and quantitative classifications to determine the importance level of all identified aspects and impacts. The understanding of these impacts and their degree of importance served as a tool to investigate the monitoring, prevention, and mitigation controls implemented by the company, leading to the creation of action plans for the revision and modification of relevant procedures that were outdated. This study has proved to be of great significance in gaining a better understanding of the interplay between the wastewater treatment system and its interactions with society and the environment. It serves as a reference for future decision-making and improvements in the wastewater treatment system, with the aim of protecting the environment and enhancing the well-being of the population of Atibaia.

**Keywords:** Socio-environmental impact assessment; wastewater treatment system; Sewage treatment; Interaction Matrix; Environmental impact management.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de critérios qualitativos .....	18
Tabela 2 – Relação de critérios quantitativos .....	19
Tabela 3 – Tratamento de critérios qualitativos .....	31
Tabela 4 – Tratamento de critérios quantitativos .....	32

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Localização das estações de tratamento de esgoto de Atibaia. ....	21
Figura 2 – Croqui de uma estação elevatória de esgoto de Atibaia.....	23
Figura 3. Fluxograma das etapas da estação de tratamento de esgotos - ETE 1. ....	25
Figura 4. Fluxograma das etapas da estação de tratamento de esgotos - ETE 2 .....	27
Figura 5. Fluxograma das etapas da estação de tratamento de esgotos - ETE 3 .....	29

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
3.1. Saúde e Saneamento .....	12
3.2. Histórico do Esgotamento Sanitário .....	13
3.3. Esgotamento No Brasil .....	14
3.4. Tratamento de esgoto .....	15
3.5. Avaliação de Impactos Socioambientais .....	16
3.6. Métodos de Identificação de Impactos Socioambientais .....	17
3.7. Matrizes de Interação .....	17
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
4.1. Caracterização do Sistema de Esgotamento Sanitário .....	19
4.1.1. A Cidade de Atibaia-SP .....	19
4.1.2. A concessionária .....	20
4.2. O Sistema de Tratamento de Esgoto .....	21
4.2.1. Estações Elevatórias de Esgoto .....	21
4.2.2. Estação de Tratamento de Esgotos 1 (ETE 1).....	24
4.2.3. Estação de Tratamento de Esgotos 2 (ETE 2).....	25
4.2.4. Estação de Tratamento de Esgotos 3 (ETE 3).....	28
4.3. Coleta de Informações .....	29
4.3.1. Seleção dos entrevistados e condução das entrevistas .....	30
4.4. Tratamento dos dados .....	31
4.5. Levantamento de medidas de controle.....	32
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
5.1. Uso de Recursos Naturais .....	33
5.2. Gestão de Resíduos Sólidos .....	34
5.3. Emissão de Gases de Efeito Estufa.....	35
5.4. Impactos de Caráter Emergencial .....	35
5.5. Medidas mitigadoras de atenuação e prevenção.....	36
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>

<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>
<b>8. APÊNDICES.....</b>	<b>47</b>
APÊNDICE A.....	47
APÊNDICE B – Matriz de Interação de Aspectos e Impactos Ambientais .....	50

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da evolução, a espécie humana alcançou marcos importantes em seu desenvolvimento, como a agricultura, que levou à fixação em regiões e ao surgimento de sociedades organizadas. No entanto, esse crescimento descontrolado resultou em negligência aos recursos naturais, causando poluição, danos à atmosfera e redução de ecossistemas. Esse reconhecimento dos impactos impulsionou a busca por um desenvolvimento sustentável, priorizando a conservação dos recursos naturais e a adoção de medidas para controlar a poluição e melhorar a eficiência energética. (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Surgiu a necessidade de criar um sistema que fosse capaz de coletar os resíduos líquidos das casas a fim de evitar doenças, originando os primeiros sistemas de esgotamento que atualmente, entende-se como o conjunto de instalações e obras que visa garantir a coleta, afastamento, tratamento e disposição final do esgoto, e entende-se como esgoto, a água excedente do uso humano, para lavagem de roupas, banhos e necessidades fisiológicas.

Para realizar o licenciamento ambiental são cobrados Estudos de Impactos Ambientais, Entretanto, para um sistema de esgotamento sanitário nem sempre essas documentações são cobradas, principalmente se o sistema for considerado de pequeno porte.

Mesmo que não solicitado pelos órgãos licenciadores é importante entender os aspectos, ou seja, as atividades e processos realizados no sistema e os impactos ambientais e sociais que cada aspecto tem potencial de causar. Pois, são cruciais para obter certificações ambientais importantes, como a ISO14001, norma internacional de sistema de gestão ambiental eficaz e o selo ESG (*Environmental, Social, and Governance*) que representa os três pilares para avaliar o desempenho sustentável de uma empresa.

O sistema de esgotamento sanitário da cidade de Atibaia presa pela constante expansão do sistema por meio da instalação de novas ligações e implantação de redes de coleta. O esgotamento sanitário da cidade de Atibaia é composto por redes coletoras subterrâneas e 19 Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) que levam o esgoto bruto para uma das três Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) existentes na cidade.

No licenciamento do sistema de Atibaia, não foram cobrados estudos de impacto ambiental. Porém, com a expansão do empreendimento, enxergou-se a necessidade de avaliá-los conferindo quais os impactos está sujeita. Também se faz necessário analisar a demanda por aprimoramento ou criação de novas formas de controlar os possíveis impactos que podem gerar riscos a população e ao meio ambiente, no qual o presente trabalho se insere.

## **2. OBJETIVOS**

Este trabalho teve como objetivo principal levantar os principais aspectos e impactos ambientais e sociais provenientes de um Sistema de Esgotamento Sanitário em operação, através do estudo de caso do sistema da cidade de Atibaia-SP.

Os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- a) Identificar as atividades desenvolvidas na manutenção e criação de redes de coleta, do tratamento e lançamento do efluente, para levantar os aspectos e impactos envolvidos em cada atividade exercida pelo sistema;
- b) Analisar os impactos ambientais e sociais classificando quanto a severidade, probabilidade e dificuldade de reversibilidade, considerando os diferentes processos e atividades do empreendimento;
- c) Propor melhorias aos controles utilizados como medidas mitigadoras, de monitoramento e preventivas aos impactos socioambientais gerados pelo sistema de esgotamento sanitário.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Saúde e Saneamento

A relação entre saúde e resíduos fisiológicos humanos é observada há muito tempo, desde as primeiras civilizações (SILVA, *et al.* 2018). Porém, a despreocupação com questões que envolviam saneamento básico, desencadeou a expansão de doenças e epidemias, coincidindo com o crescimento das populações e o início da aglomeração urbana (DÍAZ; NUNES, 2020).

Grande parte dessas doenças advindas de infecções por parasitas intestinais, bactérias e vírus causaram muitas mortes. Isso foi reflexo das alterações ambientais e mudança do modo de viver, que ocorreu ao início da vida em sociedade que, correlacionando-se à falta de saneamento, influenciaram tanto que, essas doenças ainda hoje afetam milhões de pessoas (GOMES *et al.*, 2020).

Pode-se definir o saneamento como as ações que, em conjunto, agem para garantir a saúde, integridade física e integridade mental da população, segundo o Manual Brasileiro de Saneamento (BRASIL, 2004). Esse conjunto de ações visa criar por meio de infraestruturas e instalações, condições que gerem saúde e qualidade de vida para os que usufruem do saneamento, contando com serviços de abastecimento de água potável, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem pluvial e esgotamento sanitário. Com a finalidade de melhorar e proteger as condições de vida da população (MASSA; CHIAVEGATTO FILHO, 2020).

Entretanto, no período entre 2008 e 2019 observou-se que 0,9% do número total de óbitos no Brasil foram causados por doenças relacionadas ao saneamento inadequado. Essas doenças representam 21,7% dos óbitos por doenças infecciosas e parasitárias (IBGE, 2021).

Cerca de 99,6% dos municípios brasileiros têm acesso ao abastecimento de água; entretanto, apenas 60,35% têm acesso ao esgotamento sanitário. Isso corresponde a uma parcela substancial da população que não possui sistemas adequados de saneamento, o que resulta na disseminação de inúmeras doenças e impactos negativos na saúde pública (IBGE, 2021). Um exemplo desse fato é o número de internações por doenças ligadas ao saneamento que é bastante significativo, sendo necessária a tomada de medidas de curto e de longo prazo para que se reverta a situação (CAVALCANTI, TEIXEIRA; PONTES, 2019).

### 3.2. Histórico do Esgotamento Sanitário

Antes de analisar os desafios do atual sistema de esgotamento sanitário no Brasil, é necessário entender sua história e desenvolvimento e como isso impacta o meio ambiente e a saúde humana. Os primeiros indícios de que o homem já tinha o conhecimento que a água suja e o acúmulo de lixo traziam doenças datam da época da idade antiga. No século V d.C., já começavam a desenvolver técnicas relacionadas a irrigação e canalização de água, chegando a cavar poços de centenas de metros na China (SILVA, 2016).

O avanço do saneamento nas civilizações antigas apresenta provas arqueológicas consistentes. No Egito, por volta de 2750 a.C., sistemas de tubulações feitas de cobre faziam parte da infraestrutura do palácio do Faraó Cheóps, além da utilização do sulfato de alumínio como método de clarificação da água pelos egípcios, armazenando-a em jarros de cobre. (REZENDE; HELLER, 2002). Os Romanos, demonstravam grande preocupação com a higiene e saneamento, e revolucionaram a engenharia de sua época construindo aquedutos com quilômetros de extensão e banheiros comunitários, os chamados parlatórios, que datam o ano 400 a.C. (SILVA, 2016).

Com a queda do Império Romano e a instalação do feudalismo como novo sistema socioeconômico (TOKAIA; COSTA, 2019), os tratamentos de água e esgoto sofreram significativo retrocesso. Com as crises políticas e econômicas houve maior dificuldade em se conseguir água o que levou à população a construir poços em que a água era contaminada devido à proximidade a fossas e dejetos animais (BARROS, 2014). Esse fato fez com que inúmeras doenças que estão intimamente ligadas à falta de medidas de saneamento surgissem, como a desintéria, tifo e lepra, além da Peste Negra que foi uma das epidemias mais devastadoras da história. (ATHAYDES; PAROLIN; CRISPIN, 2020).

Nos séculos XVIII e XIX, já na Revolução industrial, a Cólera, foi responsável por grande número de mortes, ficando clara a sua associação a falta de saneamento através do estudo realizado por John Snow, em Londres que analisou as áreas de incidência da doença e conectou-as diretamente a qualidade da água consumida (TOKAIA; COSTA, 2019).

A destinação do esgoto para redes coletoras iniciou-se apenas em 1815 em Londres, em Hamburgo 1842 e em Paris em 1890. Os primeiros experimentos e estudos biológicos para tratar esgoto, foi realizado em 1882, considerando lodos ativados, que se desenvolveu no processo de tratamento por lodos ativados por Arden e Lockett em 1914 (DÍAZ; NUNES, 2020).

Os países desenvolvidos, incluindo a Inglaterra, Estados Unidos, Canadá, e maioria dos países europeus começaram então a se preocupar com a coleta, tratamento e disposição do esgoto. Porém, toda essa cadeia de eventos se desenvolveu nos países desenvolvidos, principalmente na Europa. Entretanto, sabe-se que o Brasil é um país em desenvolvimento, o que diferencia um pouco os eventos que tornaram o saneamento brasileiro o que é atualmente.

### **3.3. Esgotamento No Brasil**

Durante o período em que o território brasileiro era habitado exclusivamente por tribos indígenas, não havia preocupações relacionadas ao saneamento, pois detinham de extensas áreas geográficas e acesso a água limpa. Os indígenas mantinham hábitos saudáveis, como tomar banho diariamente e utilizar locais específicos para suas necessidades fisiológicas, além de terem práticas adequadas de descarte de lixo (REZENDE; HELLER, 2002). Porém, com o início da colonização europeia, muitas doenças foram disseminadas no continente brasileiro, as quais os nativos não possuíam imunidades naturais (BAIDA, 2011).

Em 1561, houve a escavação do primeiro poço para abastecimento de água no Rio de Janeiro, caracterizando o início do saneamento básico (BARROS, 2014b). Mas somente em 1864 surgiram as primeiras redes de esgoto, na cidade do Rio de Janeiro (DÍAZ; NUNES, 2020). Porém, a rede abrangia apenas os grandes centros urbanos tornando-a insuficiente. Não havia planejamento adequado e os investimentos eram extremamente baixos tornando os projetos ineficientes. Então, adotou-se a iniciativa privada para a prestação de serviços de saneamento ((TOKAIA; COSTA,2019).).

Durante o período da República, o saneamento básico que era administrado por empresas estrangeiras, mas com o avanço das epidemias trazidas da Europa houve a necessidade de aumento da vigilância. Os serviços de saneamento passaram a ser regulamentadas pelo Estado. Este, por sua vez tem a responsabilidade de emitir pareceres sobre higiene e salubridade, além de ser responsável por estudar questões de saúde pública, saneamento e tomar medidas para prevenir doenças transmissíveis (MIRANZI et al., 2010).

Em 1967, a fim de minimizar os problemas de epidemias e sanar as dificuldades do saneamento básico, foi criada a Lei nº 5.318 que estabeleceu o primeiro marco político nacional no campo do saneamento básico. (BRASIL, 1967). A Lei originou o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) que tinha como objetivo expandir o acesso ao saneamento e ampliar a cobertura dos serviços de saneamento básico para outros serviços, além do abastecimento de água e esgotamento sanitário. Esse sistema configurou-se até 2007 com a criação da Lei 11.445

(COUTINHO, 2020). A Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, denominada a Lei de Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, fundamenta a estrutura institucional que realiza a gestão do setor de saneamento básico e adequa as atividades de disponibilização e manutenção de infraestruturas para realizar a coleta, transporte, tratamento e disposição final adequadas ao esgoto sanitário. A Lei tem como princípio a saúde pública e a proteção ao meio ambiente (BRASIL, 2007). Em 2020, um novo marco Legal de saneamento foi aprovado, a partir da Lei Nº 14.026 que tem como objetivo estabelecer alternativas de financiamento e mecanismos para alcançar a universalização dos serviços de saneamento básico no Brasil, para que até o ano de 2023, 99% da população tenha abastecimento de água e 90% contem com a coleta de esgoto (BRASIL, 2020).

### **3.4. Tratamento de esgoto**

Estações de tratamento de esgoto são estruturas projetadas para simular as condições de autodepuração que ocorrem na natureza; porém, de forma supervisionada e em uma área delimitada, a fim de tratar o esgoto, ou seja, a água excedente da utilização humana. (LA ROVERE, 2002). O esgoto é tratado por meios físicos, biológicos e químicos para que todos os contaminantes sejam eliminados, podendo ainda de maneira combinada em diferentes etapas do processo de tratamento ((VON SPERLING, 2005, VASCONCELOS, 2020).

Com o objetivo de garantir um nível de qualidade adequado de acordo com as condições do corpo receptor e das legislações ambientais, o tratamento do esgoto pode envolver diversas técnicas. A escolha da técnica de tratamento deve considerar o espaço disponível, o investimento necessário e o custo de energia envolvido de forma que se encontre um equilíbrio entre a viabilidade do projeto, o impacto ambiental e a eficiência de tratamento para a escolha da melhor tecnologia (LINS, 2010).

Para a realização do tratamento, o esgoto é coletado nas residências, e é destinado ao tratamento por um sistema de tubulações subterrâneas, passando por estações elevatórias de esgoto que fazem o bombeamento do efluente bruto até as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). Na ETE, o tratamento do esgoto é classificado em diferentes níveis, sendo o primeiro deles o tratamento preliminar que retêm os resíduos grosseiros e areia (MOTA, 2000).

No tratamento primário, os sólidos em suspensão são retidos por sedimentação, o que resulta em uma diminuição da carga de matéria orgânica. Neste processo, predominam os princípios físicos de remoção de poluentes. No tratamento secundário, os princípios biológicos são aplicados para remover matéria orgânica e eventualmente nutrientes como nitrogênio e fósforo. É neste momento que há a maior produção de lodo, subproduto sólido gerado no

processo. No tratamento terciário é realizada a remoção de poluentes específicos, como compostos tóxicos ou não biodegradáveis. Pode ser usado também como tratamento complementar para a remoção de poluentes não suficientemente removidos nas etapas anteriores (VON SPERLING, 2017).

### **3.5. Avaliação de Impactos Socioambientais**

Segundo Von Sperling (2016) é importante entender uma ETE tal como entende-se uma indústria que realiza a transformação de uma matéria-prima, neste caso, o esgoto bruto, em um produto, o esgoto tratado. E assim, é importante tomar cuidado com a qualidade e otimização dos serviços, tal qual uma indústria moderna.

A coleta e o tratamento de esgoto, com sua importância, pode ser grande geradora de poluição. Uma ETE pode ser capaz de consumir quantidades altas de energia, dependendo do processo de tratamento utilizado, além de grandes quantidades de água. Liberam gases nocivos para a atmosfera e produzem resíduos sólidos de difícil destinação. Com isso, as ETEs podem representar um risco ao meio ambiente, podendo afetar o ar, solo e água, se não forem minimizados e controlados (LINS, 2010).

O sistema de esgotamento tem potencial de causar uma série de impactos, que podem repercutir tanto positivamente como negativamente sobre as comunidades. Por isso, torna-se importante que uma avaliação seja realizada para que os impactos positivos sejam otimizados e os impactos negativos sejam controlados ou minimizados (SANTIAGO, *et al.* 2025)

A Legislação referente a Avaliação de Impacto Ambiental – Resolução CONAMA nº 01, define Impacto Ambiental “como quaisquer alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente que resulta direta ou indiretamente de atividades humanas, afetando a saúde da população, a biota e a qualidade do meio ambiente, as atividades econômicas e sociais ou as condições estéticas e sanitária”. E, Avaliação de Impacto Ambiental “como um processo que visa identificar, prognosticar, avaliar e mitigar os impactos ambientais” (BRASIL, 1986). Pode-se dizer que, ainda, tem muito a se desenvolver na busca de estratégias e gerenciamento, ainda existem aspectos a serem descobertos, discutidos ou propostos.

As recomendações sobre como deve ser realizado o levantamento de impactos socioambientais estão descritas na norma ISO 14.001, em seu anexo A. 6.1.2. O levantamento deve considerar aspectos ambientais como lançamentos em água, terra ou ar, uso de matérias primas e recursos naturais e geração de resíduos ou subprodutos do processo (ABNT, 2015).

### **3.6. Métodos de Identificação de Impactos Socioambientais**

As metodologias utilizadas na avaliação de impactos socioambientais têm como objetivo identificar e analisar de maneira mais simples e de fácil associação os efeitos gerados pela instalação e/ou operação de um projeto ou empreendimento (ANJANEYULU; MANICKAM, 2007).

Diversos métodos podem ser utilizados como referência para a realização de levantamentos de aspectos e impactos, padronizando e facilitando a coleta e interpretação dos dados. Dentre eles destacam-se o método AD HOC, o Método de Checklist, as Matrizes de Interação e as Redes de Interações (CREMONEZ, *et al.*, 2014).

O método Ad Hoc realiza o levantamento de impactos socioambientais por meio de reuniões com técnicos e especialistas de diversas áreas com ampla experiência na área de atuação do projeto ou empreendimento. Este método tem como vantagem a facilidade de troca de informações de diferentes áreas de interesse permitindo a divergência e discussão de ideias (MORAES; D'AQUINO, 2016). O método de Checklist realiza a listagem dos impactos ambientais principais cujo empreendimento está sujeito. Trata-se de um método fácil e direto muito utilizado nas pesquisas iniciais para a identificação para os impactos importantes (LIMA; SERRA, 2016)

As redes de interação buscam criar relações entre causa condição e efeito. Os elementos se interligam criando a partir do reconhecimento dos aspectos, que se dividem em vários fatores que levam até os primeiros impactos ambientais (ACHON; SOARE; MEGDA, 2005). No método de matrizes de interação se aplicam métodos de identificação de atividades que irão causar impactos de pequena, média ou grande intensidade A diferença dessa metodologia é que é possível interagir impactos com a ação, além de ser possível categorizar os impactos em níveis de importância (SÁNCHEZ, 2013).

### **3.7. Matrizes de Interação**

Dentre os métodos utilizados para realização de levantamentos de aspectos e impactos socioambientais, destacam-se as matrizes de interação, pois é a metodologia mais difundida e utilizada, além de ser um método de identificação bastante abrangente, de baixo custo e de caráter multidisciplinar. Também chamada de Matriz de Correlação Causa x Efeito. É um método quantitativo de avaliação de impacto que permite uma rápida identificação dos problemas ambientais de determinado processo (LARA *et al.*, 2017).

As matrizes permitem boa disposição visual com organização por linhas e colunas, onde são enumeradas as atividades e preenchidas de acordo com os aspectos e impactos relacionados

a cada ação, permitindo simplicidade na elaboração; além de apresentar baixo custo; e a possibilidade de realização de comparações entre os resultados obtidos (GOMES, 2011).

As matrizes de interação utilizam métodos qualitativos e quantitativos para realizar o levantamento e tratamento das informações e variáveis. A matriz é qualitativa quando são utilizados critérios de classificação de impactos ambientais para preencher as relações entre as suas linhas e colunas. Os critérios adotados correspondem ao valor, classificando o impacto como benéfico, ou seja, positivo ou negativo (adverso). Ordem direta, quando o impacto é resultado de uma relação de causa e efeito ou ordem indireta quando se trata de uma relação secundária. Espaço que diz respeito a abrangência, quando o impacto é local, regional ou estratégico, isto é, quando o componente ambiental é de importância coletiva, nacional ou internacional. Tempo, quando os impactos são de curto, médio ou longo prazo. Dinâmica, classificando os impactos em temporários, quando o efeito permanece por um tempo determinado, cíclico quando o efeito é sentido em ciclos de tempos específicos, ou permanente, quando o fator ambiental não é capaz de retornar as suas condições originais; e plásticas, classificando os impactos em reversível: quando após cessada a ação o fator ambiental retorna as suas condições ou irreversível quando o fator ambiental não é capaz de retornar a suas condições originais (VALDETARO, et al.,2015).

É possível utilizar também os critérios de severidade e probabilidade no levantamento dos impactos socioambientais. A probabilidade representa o grau de confiabilidade que pode ser dada a uma incerteza, define a frequência a qual determinado aspecto pode vir a acontecer. A severidade representa a significâncias das consequências de um aspecto ambiental (LINS, 2010).

Tabela 1– Relação de critérios qualitativos

<b>Valor</b>	Benéfico (positivo): impacto benéfico para o ambiente
	Adverso (negativo): impacto negativo para o ambiente
<b>Ordem</b>	Direta: resultado de relação de causa e efeito
	Indireta: relação secundária
<b>Espaço</b>	Local: impacto restrito a uma área específica
	Regional: impacto abrange uma região geográfica
	Estratégico: impacto de importância coletiva, nacional ou internacional
<b>Tempo</b>	Curto prazo: impacto com efeito em curto período de tempo
	Médio prazo: impacto com efeito em período moderado
	Longo prazo: impacto com efeito prolongado

Fonte: Da autora (2023).

A matriz quantitativa utiliza critérios relativos à magnitude e importância dos impactos por meio de números ou cores para atribuir valor para cada efeito ambiental como forma de classificar os impactos mais significativos por ordem de importância. Os métodos qualitativos e quantitativos podem ser aplicados em uma mesma tabela a fim de obter-se uma classificação mais precisa e confiável ou ainda de formas separadas de acordo com as especificações do objeto de estudo (PEREIRA; BORGES; BARBOSA; BORÉM, 2014).

Tabela 2 – Relação de critérios quantitativos

<b>Dinâmica</b>	Temporário: efeito permanece por tempo determinado
	Cíclico: efeito é sentido em ciclos de tempos específicos
	Permanente: fator ambiental não retorna às condições originais
<b>Reversibilidade</b>	Reversível: fator ambiental retorna às condições originais após cessada a ação
	Irreversível: fator ambiental não retorna às condições originais
<b>Severidade</b>	Magnitude das consequências dos aspectos ambientais
<b>Probabilidade</b>	Frequência de ocorrência dos aspectos ambientais

Fonte: Da autora (2023).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Caracterização do Sistema de Esgotamento Sanitário

Na etapa inicial deste estudo, entendeu-se como necessário realizar um aprofundamento sobre as características da cidade de Atibaia, além da realização de um estudo sobre todo o sistema de esgotamento sanitário, principalmente sobre as tecnologias de tratamento das estações de tratamento de esgoto (ETE), pois essas informações são cruciais para entender melhor a que processos se relacionam os aspectos e impactos socioambientais que seriam obtidos.

#### 4.1.1. A Cidade de Atibaia-SP

Atibaia é um município do estado de São Paulo e está localizada a apenas 65 quilômetros da capital paulista. A cidade tem como ponto forte o eco turismo, e é conhecida por sua natureza rica e suas áreas de preservação, além de contar com um ótimo clima e infraestrutura urbana.

A cidade de Atibaia possui uma população de cerca de 158.640 mil habitantes (IBGE, 2022). Sua economia é diversificada, com setores como o de agricultura, comércio, indústrias

e serviços, que contribuem para o desenvolvimento da cidade. Além disso, o turismo também atrai muitos investimentos, devido às suas paisagens naturais e atrações culturais.

Atibaia tem um consumo de água urbana de 14.602 metros cúbicos por dia (IBGE,2017) Cerca de 26% da população não conta com tratamento do esgoto que é coletado em 100% das áreas urbanas (SNIS, 2021). Isso porque a coleta e tratamento ainda não é capaz de atender as áreas mais afastadas da cidade. Porém o sistema está em constante aprimoramento e ampliação para que possa atender uma área cada vez maior.

O município está situado na serra da Mantiqueira e sua hidrografia é composta pelo Rio Atibaia, Rio Jundiá e Rio Cachoeira. Sendo a Bacia do Rio Atibaia a mais importante. Essa bacia está correlacionada a dois importantes centros urbanos e econômicos do Brasil, as regiões metropolitanas de Campinas e de São Paulo.

#### **4.1.2. A concessionária**

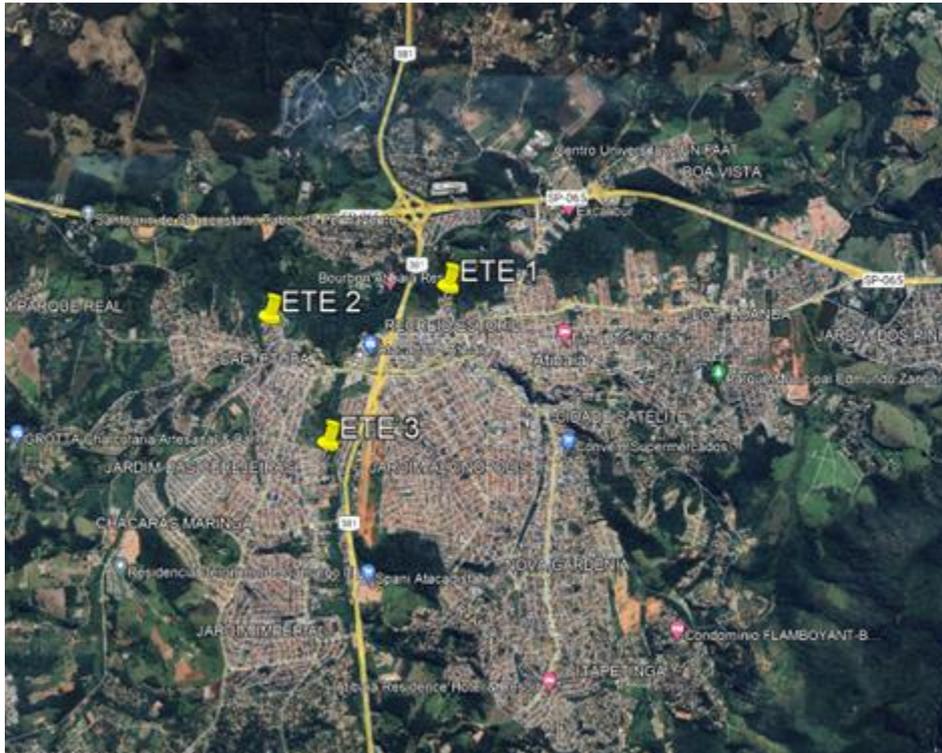
Na cidade, a responsabilidade pelos serviços de saneamento é atribuída a uma concessionária, que se encarrega da limpeza urbana, coleta de resíduos sólidos urbanos e tratamento de água. No entanto, essa concessionária estabeleceu uma parceria com uma empresa privada, denominada PPP (parceria público-privada) para lidar com a coleta, tratamento e disposição do esgoto tratado. Essa parceria é formalizada através de um contrato de prestação de serviços com duração de 30 anos.

A PPP iniciou suas atividades no município em julho de 2013, e antes de assumir a responsabilidade pelo sistema de esgotamento sanitário, havia seis estações de tratamento de esgoto na cidade. A concessionária então construiu uma nova estação de tratamento, localizada no bairro Caetetuba e desativou três das estações existentes que se tornaram obsoletas, devido às obras para instalação de novos coletores-tronco pela cidade.

### 4.1.3. O Sistema de Tratamento de Esgoto

Atualmente, a cidade de Atibaia conta com 19 estações elevatórias de esgoto (EEE) ativas, e três estações de tratamento de esgoto. A localização de cada estação de tratamento de esgoto pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1– Localização das estações de tratamento de esgoto de Atibaia.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023).

### 4.1.4. Estações Elevatórias de Esgoto

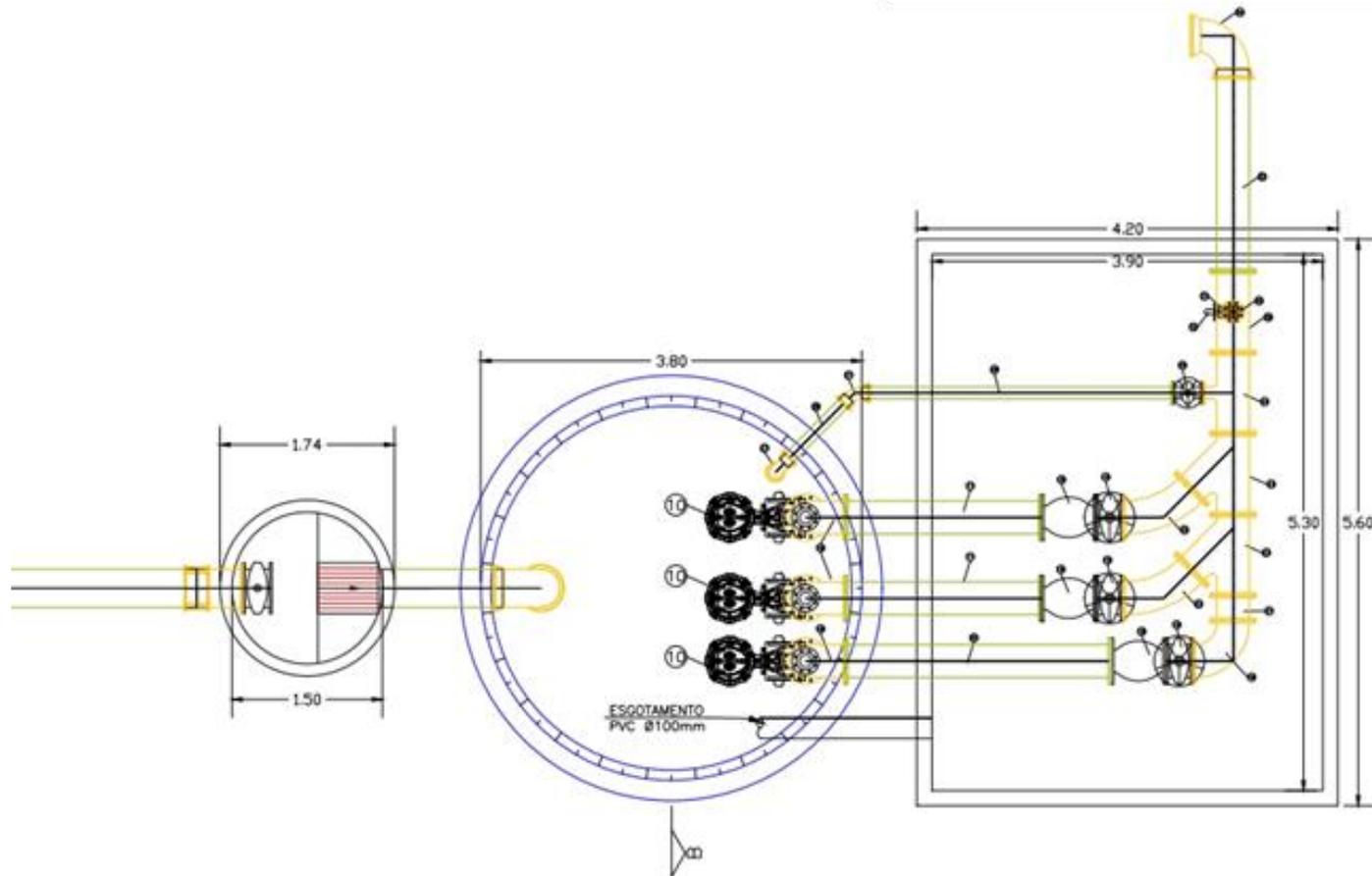
As EEE têm a finalidade de bombear o efluente de áreas de menor altitude para áreas com maior altitude, a fim de vencer as heterogeneidades da declividade da cidade. Optou-se neste trabalho por abordar todas as elevatórias de forma geral, pois, todas possuem estruturas e operações semelhantes.

As EEE são compostas por uma tubulação de entrada na elevatória que leva o efluente até um sistema de gradeamento que irá retirar os resíduos grosseiros presentes no efluente. Em seguida, existe um poço de coleta no qual está instalada uma bomba submersa que realiza o bombeamento para as tubulações para que este siga até as estações de tratamento. O sistema

também conta com painéis de controle e gerador para garantir o funcionamento da elevatória mesmo com a interrupção do fornecimento de energia.

Na Figura 2 está apresentado o croqui de uma das estações elevatórias de esgoto da cidade, utilizado no presente trabalho como referência, devido à similaridade com as demais EEE.

Figura 2 – Croqui de uma estação elevatória de esgoto de Atibaia.



Fonte: (AMADEI, 2022)

#### 4.1.5. Estação de Tratamento de Esgotos 1 (ETE 1)

Localizada no bairro Recreio Estoril, a ETE 1, com capacidade de tratar  $300 \text{ L s}^{-1}$  de esgoto sanitário, utiliza a tecnologia de lodos ativados em fluxo contínuo, que, segundo Von Sperling (2016), é um sistema utilizado quando há demanda por maior eficiência de tratamento e redução de área da ETE.

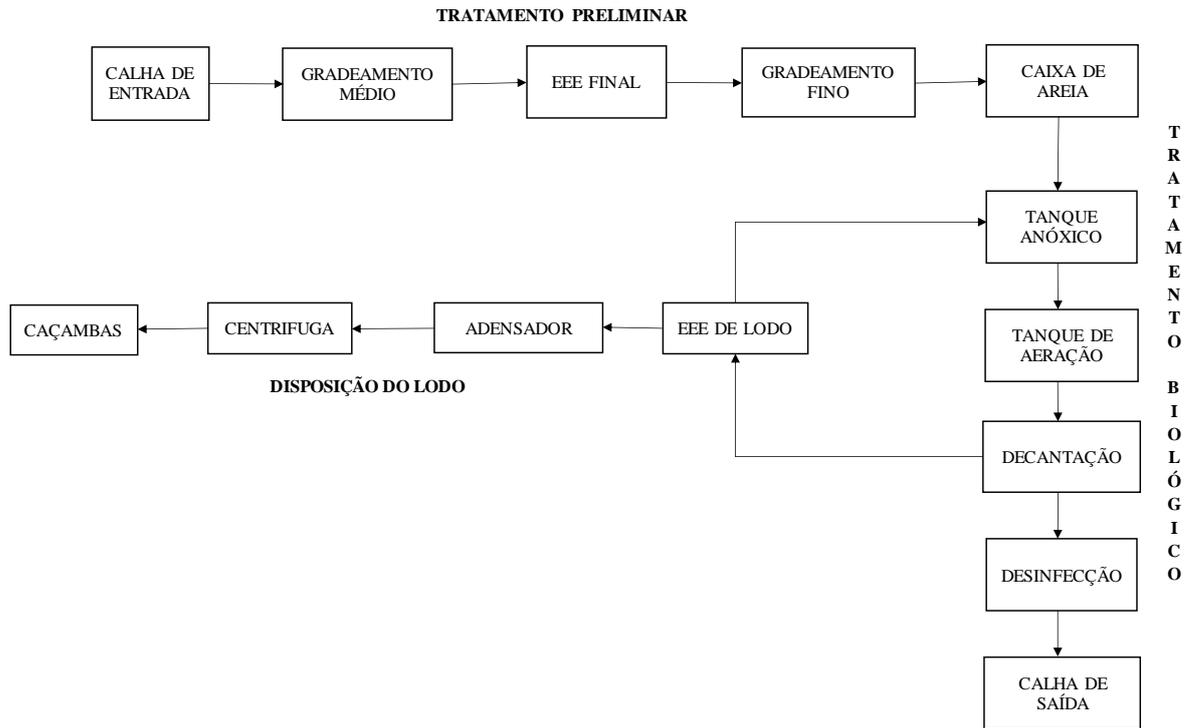
O tratamento do esgoto na ETE 1 (Figura 3) começa com a chegada do efluente bruto na estação, passando por uma calha Parshall, que mede a vazão de entrada. Em seguida o efluente é encaminhado para o gradeamento médio, para remover os materiais sólidos maiores, evitando que prejudiquem o tratamento. Logo após, o efluente vai para uma última elevatória que fica dentro da estação de tratamento, que eleva o esgoto até o gradeamento fino, que remove sólidos menores e que não ficaram retidos no gradeamento grosso. Em seguida o efluente é conduzido por gravidade para o desarenador, onde há a sedimentação de partículas de areia e cascalho. Todas essas etapas são conhecidas como tratamento preliminar.

O esgoto passa do tratamento preliminar para o tratamento secundário que se inicia em um tanque anóxico onde há a pré-desnitrificação, realizada por bactérias promovendo a redução das formas oxidadas do nitrogênio, convertendo-as de nitrito e nitrato em nitrogênio gasoso. Os compostos de nitrogênio são advindos da próxima etapa do processo, o tanque de aeração, em que o esgoto recebe a inserção de ar atmosférico com oxigênio, e as bactérias aeróbicas decompõem a matéria orgânica presente no efluente. O tanque de aeração é conectado ao tanque anóxico por uma tubulação interna para que haja a recirculação do licor misto composto biomassa microbiana, nitrato resultante da nitrificação do nitrogênio amoniacal e água.

Após o tanque de aeração, o esgoto vai para os decantadores que promovem a separação da biomassa microbiana, também conhecida como lodo, do esgoto tratado. Na decantação o lodo sedimenta e o efluente sobrenadante, tratado, é destinado à desinfecção por radiação ultravioleta. O esgoto tratado passa pela calha Parshall de saída, e é lançado no curso d'água.

O lodo gerado na etapa de sedimentação é encaminhado para uma Estação Elevatória de Lodo que direciona o lodo para o início do tratamento biológico, no tanque anóxico para manter a população de microrganismos do processo. O lodo excedente é retirado para o adensador e centrífuga, ambos utilizados para remover a água e diminuir o volume do lodo. Depois desse processo o lodo é encaminhado a uma empresa parceira que transforma o lodo em um fertilizante para plantas para a comercialização.

Figura 3. Fluxograma das etapas da estação de tratamento de esgotos - ETE 1.



Fonte: Da autora (2023).

#### 4.1.6. Estação de Tratamento de Esgotos 2 (ETE 2)

Localizada no bairro Caetetuba, a ETE 2 é a mais recente do sistema e a segunda maior da cidade (trata 70 L s<sup>-1</sup>, mas em 2024 passará por ampliação para tratar 150 L s<sup>-1</sup> de esgoto). Utiliza no tratamento processo físico-químico que combina técnicas físicas, com o uso de produtos químicos para remover impurezas e contaminantes.

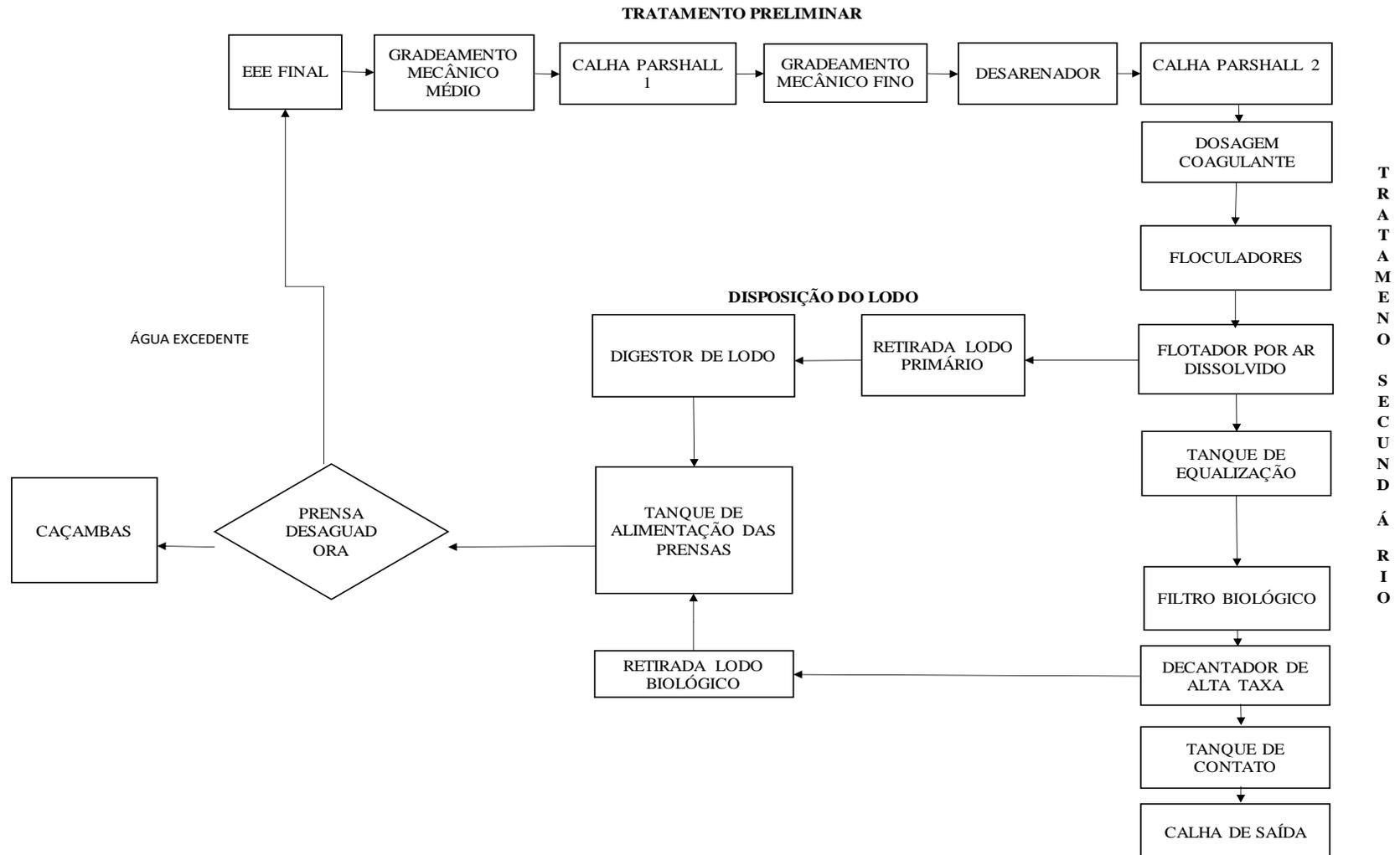
O processo descrito inicia-se com a passagem do efluente por uma elevatória final que direciona o esgoto para um gradeamento mecânico médio que retira do sistema os sólidos mais grosseiros. Faz-se então a primeira medição de vazão em uma calha Parshall e depois o esgoto é direcionado para o gradeamento fino, onde sólidos menores são removidos. A areia é removida em sequência, no desarenador e novamente a vazão é medida em uma calha Parshall.

Então inicia-se o processo de tratamento físico-químico em que é dosado um coagulante químico para que as partículas finas formem flocos maiores (coagulação-floculação em tanques floculadores que promovem o crescimento dos flocos a partir de uma agitação lenta. Nos flotadores por ar dissolvido, próxima etapa após a etapa de coagulação-floculação, o esgoto recebe ar comprimido para que haja a formação de microbolhas que promovem a flotação na superfície do tanque.

Na sequência, o esgoto é direcionado para um tanque de equalização, no qual as características do efluente são homogeneizadas. O tanque recebe o esgoto de forma contínua e promove uma adequada mistura para que não haja flutuações bruscas de composição e de vazão. O efluente é encaminhado então para o filtro biológico percolador que realiza a remoção da matéria orgânica dissolvida ação dos microrganismos presentes no leito filtrante. No decantador de alta taxa, última etapa do tratamento secundário, o efluente é separado dos sólidos sedimentáveis. O tratamento terciário, que promove a desinfecção do efluente por adição de cloro, é responsável pela remoção dos patógenos e ocorre no tanque de contato.

No tratamento de esgoto da ETE 2 há geração de lodo na etapa de flotação e no decantador de alta taxa que gera o lodo biológico. O lodo gerado no flotador passar por um digestor de lodo que o torna mais estável e diminui seu teor de matéria química. Depois esse lodo digerido encontra o lodo biológico no tanque de alimentação da prensa desaguadora, onde em seguida é prensado para ser destinação final adequada. A água retirada do desague do lodo retorna para a elevatória no começo do processo para ser tratada (Figura 4).

Figura 4. Fluxograma das etapas da estação de tratamento de esgotos - ETE 2.



Fonte: Da autora (2023).

#### **4.1.7. Estação de Tratamento de Esgotos 3 (ETE 3)**

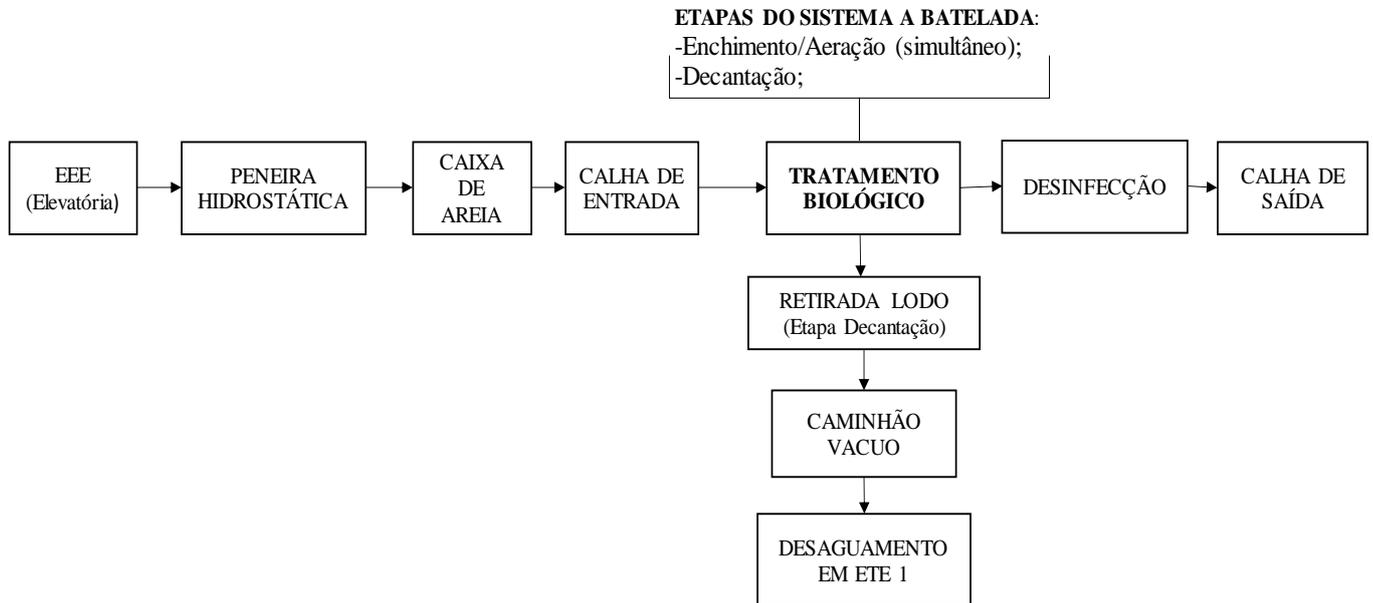
O sistema de tratamento utilizado na ETE 3 (vazão de  $13 \text{ L s}^{-1}$  de esgoto), que está localizada no bairro das Palmeiras, em Atibaia, assim como a ETE 1, é realizado por lodos ativados (Figura 5). Porém, no sistema da ETE 3 o processo é feito por batelada. Ou seja, o tratamento biológico é feito por etapas sequenciais, e no caso da ETE 3 essas etapas são realizadas em um mesmo reator.

O tratamento preliminar é composto por uma elevatória de esgoto, em seguida o efluente é direcionado para uma peneira hidrostática para remoção de sólidos grosseiros. Em sequência há um desarenador, para remoção de areia e cascalho. Após a caixa de areia, o efluente passa por uma calha Parshall para medir a vazão e é direcionado para o reator em que será realizada todas as etapas do tratamento biológico.

O tratamento biológico se inicia com o enchimento do reator pelo efluente, simultaneamente ocorre a etapa de aeração, em que há a mistura de oxigênio e microrganismos ao esgoto, o que irá promover a decomposição da matéria orgânica. Ao fim da aeração, quando a matéria orgânica foi decomposta, os aeradores são desligados para que a próxima etapa, de decantação, seja iniciada. Após a decantação, a água é encaminhada para a desinfecção realizada a partir da cloração e é lançada no Ribeirão do Onofre.

O lodo resultante do processo, em sua maioria é reutilizado no processo, com a entrada de um novo efluente a ser tratado. A quantidade excedente é retirada com caminhão vácuo e levado até a ETE 1 para ter a destinação final juntamente ao lodo excedente do processo de tratamento da ETE 1.

Figura 5. Fluxograma das etapas da estação de tratamento de esgotos - ETE 3.



Fonte: Da autora (2023).

#### 4.2. Coleta de Informações

Após compreender melhor as características do sistema de esgotamento sanitário e da cidade do interior de São Paulo, na qual o sistema está inserido, foi possível iniciar o levantamento dos aspectos e impactos socioambientais que o sistema está sujeito.

A partir das pesquisas realizadas sobre os métodos de avaliação de impactos socioambientais, que foram desenvolvidos para diversos propósitos e situações, foi considerado que a realização de entrevistas com os responsáveis de cada setor do empreendimento seria a estratégia mais adequada para a coleta de dados. Pois, esses profissionais seriam capazes de conceder informações detalhadas de cada área já que possuem conhecimentos especializados em suas áreas de atuação, permitindo uma base de dados confiável e minuciosa. de forma a obter resultados claros, objetivos e seguros. (SÁNCHEZ, 2013)

Pode-se considerar que a empresa é dividida em três grandes áreas, o administrativo responsável pela gestão e suporte de assuntos internos, incluindo as áreas de almoxarifado, frotas, diretoria, recursos humanos e manutenções prediais.

Tem-se também a área de CAPEX (despesas de capital) que realiza o planejamento, dimensionamento e construção de novos projetos, como construção de novas EEEs e ETEs ou

ampliação das existentes ou ainda ampliação ou remanejamento da rede de manutenção de redes de coleta. O CAPEX é composto pelo setor de projetos, setor de planejamento e obras.

A terceira área é o OPEX (despesas operacionais) que se trata da área responsável por operar todo o sistema de esgotamento sanitário, garantindo o perfeito funcionamento de todas as estações e elevatórias, além de realizar as manutenções e consertos nos sistemas já existentes e garantir ainda o funcionamento e manutenção de geradores, bombas, aeradores ou qualquer outro sistema eletromecânico dos quais o sistema depende. Logo, estão inclusos dentro do OPEX o tratamento de efluente, o setor de manutenção de redes coletoras, o setor de eletromecânicas e o laboratório de análise de água/esgoto.

#### **4.2.1. Seleção dos entrevistados e condução das entrevistas**

Para garantir que a obtenção dos dados fosse precisa e abrangesse todo o sistema de esgotamento sanitário, foram selecionados entrevistados que pudessem representar fielmente suas áreas. Um responsável do setor CAPEX foi selecionado para entender os aspectos que as obras e expansões atuais da empresa geram. Para a área administrativa, foi realizada uma entrevista individual com três pessoas diferentes, um representante dos processos administrativos de forma geral e um representante que atua nas áreas de frotas realizando a gestão dos carros e caminhões da empresa e na área de manutenções prediais. Além de um representante do setor de almoxarifado.

As entrevistas basearam-se em algumas perguntas modelo, registradas no Apêndice 1. Essas perguntas foram divididas em blocos, sendo o uso de recursos naturais, gestão de resíduos sólidos, emissão de gases de efeito estufa, impactos sociais e impactos emergenciais. As perguntas estão relacionadas ao preenchimento de uma planilha que foi criada para o levantamento de aspectos e impactos socioambientais e as informações foram preenchidas diretamente em uma versão inicial do arquivo que ao final de todas as entrevistas, foi aprimorado e refinado, resultando na Matriz de Impactos Socioambientais do Sistema de Esgotamento Sanitário da Cidade de Atibaia que está disponível no Apêndice B.

É importante ressaltar que, mesmo com os modelos de perguntas, as entrevistas foram conduzidas de forma orgânica, respeitando a construção de ideias de cada entrevistado, sem que houvesse um roteiro rígido. Isso permitiu que as entrevistas seguissem de forma fluida e que houvesse uma reflexão maior de cada processo e de como este poderia afetar positiva ou negativamente o ambiente e a sociedade.

### 4.3. Tratamento dos dados

A partir das entrevistas, que foram realizadas em cada área do empreendimento, foi possível realizar o preenchimento de uma planilha de levantamento de aspectos e impactos socioambientais. A partir da metodologia de avaliação ambiental de Matrizes de Interação onde é possível relacionar fatores relacionados ao meio ambiente e sociedade com as ações realizadas no sistema de esgotamento sanitário (PEREIRA; BORGES; BARBOSA; BORÉM, 2014).

A Matriz de Interação que se encontra no Apêndice B, foi elaborada com um campo denominado Local, onde são especificadas qual das ETEs está sujeita ao impacto, ou ainda, se aquele impacto ocorre nas ETEs ou externamente, nas redes de coleta. A planilha especifica a área a qual o impacto está relacionado, por exemplo, potenciais impactos na operação, administrativo ou frotas.

Durante as entrevistas foram levantadas as atividades de cada área, e na planilha foram listadas aquelas que interferem ou podem interferir no meio socioambiental. A partir do levantamento das atividades, foi possível identificar os aspectos de cada atividade, entendendo como cada uma interage com os parâmetros ambientais e sociais.

Para o tratamento dos dados foram utilizados critérios qualitativos para entender melhor as interações entre os impactos e as atividades executadas. Foram levantados os impactos identificando sua classificação, ou seja, se eram impactos diretos (D) ou indiretos (I), além de definir se eram impactos de ordem normal (N), ou seja, uma situação que está dentro dos padrões esperados ou aceitáveis, anormal (A) que se desvia dos padrões normais ou esperados ou emergencial (E) que se refere a uma situação crítica ou de urgência que requer ação imediata. O valor dos potenciais impactos socioambientais é determinado entendendo primeiramente se o impacto é benéfico (B) ou adverso (A) (SILVA, 1997).

Tabela 3 – Tratamento de critérios qualitativos

<b>Critérios</b>	<b>Descrições</b>
<b>Classificação</b>	Normal (N): Impacto dentro dos padrões esperados ou aceitáveis.
	Anormal (A): Impacto que se desvia dos padrões normais ou esperados.
	Emergencial (E): Impacto que se refere a uma situação crítica ou de urgência.
<b>Ordem</b>	Direto (D): Impacto resultante de uma relação de causa e efeito.
	Indireto (I): Impacto que ocorre por meio de uma relação secundária.
<b>Valor</b>	Benéfico (B): Impacto com efeito benéfico para o ambiente ou comunidade.
	Adverso (A): Impacto com efeito negativo para o ambiente ou comunidade.

Fonte: Da autora (2023).

A fim de entender os impactos de maneira quantitativa, realizou-se uma relação entre plasticidade, severidade, probabilidade e severidade analisa o grau de significância do impacto onde 1 é pouco significativo, 2 é significância mediana e 3 é muito significativa. A probabilidade diz respeito a frequência do impacto em que 1 é raro, para períodos superiores a 1 anos, 2 é eventual, ocorrendo em uma frequência entre um mês e um ano, e 3 que ocorre pelo menos uma vez por mês, sendo frequente. A plasticidade por sua vez, julga o quão reversível ou não são os impactos, classificando em 1 quando é reversível naturalmente, 2 quando é reversível através de intervenção e 3 em que o dano é irreversível ou sua reversibilidade tem custo elevado (PEREIRA; BORGES; BARBOSA; BORÉM, 2014).

Tabela 4 – Tratamento de critérios quantitativos

<b>Crítérios</b>	<b>Descrições</b>	<b>Pontuações</b>
<b>Plasticidade</b>	Reversível Naturalmente: Impacto reversível sem intervenção.	1
	Reversível com Intervenção: Impacto reversível através de intervenção.	2
	Irreversível ou com Custo Elevado: Impacto irreversível ou reversibilidade com alto custo.	3
<b>Severidade</b>	Pouco Significativo: Impacto com pouca significância.	1
	Significância Mediana: Impacto com significância moderada.	2
	Muito Significante: Impacto com alta significância.	3
<b>Probabilidade</b>	Raro (Superior a 1 ano): Impacto raramente ocorre, com períodos superiores a 1 ano.	1
	Eventual (Entre 1 mês e 1 ano): Impacto eventual, ocorrendo entre um mês e um ano.	2
	Frequente (Pelo menos uma vez por mês): Impacto ocorre pelo menos uma vez por mês.	3

Fonte: Da autora (2023).

A relação desses valores permite entender quais atividades e áreas tem maior impacto ao meio ambiente e à sociedade. A partir desse levantamento, tem-se a possibilidade de analisar os controles que a empresa poderá realizar para prevenir, monitorar ou mitigar esses impactos.

#### **4.4. Levantamento de medidas de controle**

Para realizar o levantamento das medidas de controle, foi questionado sobre procedimentos, software ou outra ferramenta que tenha sido desenvolvida pela empresa para promover a diminuição da significância dos impactos ambientais levantados. Além disso, foi

realizada uma busca nos sistemas internos da empresa, por informações que poderiam contribuir para a mitigação, prevenção ou monitoramento dos impactos identificados.

Com base nessa análise, foi possível propor planos de ação para melhorar os procedimentos existentes e implantar novas soluções que contribuam para a minimização dos impactos ambientais e sociais.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir da coleta de informações nas diferentes áreas do sistema de esgotamento sanitário, tornou-se possível estabelecer relações entre os aspectos de cada área e seus respectivos impactos. Utilizando os parâmetros de severidade, probabilidade e plasticidade, foi elaborada a matriz de interação (Apêndice B) que fornece uma oportunidade de comparar várias ações do sistema aos meios físicos, biológicos e socioeconômicos, permitindo identificar a importância de cada impacto (PIMENTEL; PIRES, 1992).

Os valores obtidos para os parâmetros severidade, probabilidade e reversibilidade foram multiplicados e o resultado é entendido como o grau de importância daquele impacto socioambiental. Altas pontuações resultantes indicam que esses impactos são mais significativos e requerem uma atenção especial, pois, podem ter consequências graves e danos irreversíveis. Nesses casos, é necessário implementar planos de monitoramento, prevenção e controle mais efetivos.

### **5.1. Uso de Recursos Naturais**

No sistema de esgotamento sanitário, o uso de recursos naturais é um fator importante e está ligado ao consumo de energia elétrica e de água durante o processo de tratamento. Os impactos observados estão relacionados à redução de disponibilidade de recursos.

O consumo de energia elétrica é necessário para alimentar os equipamentos envolvidos no tratamento de esgoto, onde há maior gasto energético (FIGHIR; TEODOSIU; FIORE, 2019).

Nas Estações de Tratamento de Esgoto 1 e 3, nas quais o tratamento é realizado por meio de lodos ativados, o uso de energia é geralmente mais elevado. Isso ocorre devido à necessidade de aeração que demanda de energia para promover a degradação da matéria orgânica.

Além disso, o consumo de água também é relevante no sistema de esgotamento sanitário. Embora o esgoto seja composto principalmente por água, algumas etapas do

tratamento podem envolver a utilização de água adicional (BAK; BARBUSIŃSKI; THOMAS, 2021). Por exemplo, na limpeza de equipamentos, enxágue de tubulações.

## 5.2. Gestão de Resíduos Sólidos

No sistema de esgotamento sanitário, diversos processos podem gerar resíduos que, se não forem adequadamente destinados, podem causar muitos impactos ambientais, contaminando o solo, água e lençóis freáticos, além de impactos sociais na saúde da comunidade (AREIAS et al., 2023). Nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) 1 e 2, há a presença de setores administrativos, o que aumenta a quantidade de resíduos recicláveis e orgânicos. Também há a geração de resíduos eletrônicos, como peças de computadores, acessórios, pilhas, baterias, toners, fitas e cartuchos de impressora, que não são observados na ETE 3, por não possuir área administrativa. A geração de resíduos recicláveis, não recicláveis e orgânicos foi classificada como indireta, pois não está diretamente relacionada ao sistema, mas sim às atividades dos colaboradores nos escritórios. Os danos foram considerados medianamente significativos, a probabilidade de ocorrência de um impacto foi considerada eventual, e a plasticidade foi considerada três, o que significa que, uma vez causado, o dano torna-se irreversível ou de alto custo.

Nos processos de manutenção predial, podem ser gerados resíduos como lâmpadas e resíduos de poda. Na manutenção do tratamento, são gerados resíduos contaminados com óleo, graxas e embalagens desses produtos, que também são pontuados como considerados medianamente significativos, de probabilidade eventual, e a plasticidade foi irreversível ou de alto custo.

Na operação, tanto nas estações de tratamento de esgoto quanto nas estações elevatórias, há a geração de resíduos provenientes do processo de gradeamento. Nas estações de tratamento, também há a geração de resíduos de areia provenientes da etapa de desarenação.

O lodo gerado como subproduto dos processos de tratamento também representa aspectos socioambientais, podendo causar contaminação da água e do solo, além de impactos na saúde da comunidade (FIJALKOWSKI et al., 2017).

Os resíduos provenientes da operação têm maior valor de importância devido ao potencial de causar danos, mesmo em pequenas quantidades, e à probabilidade frequente de ocorrência, uma vez que a geração desses resíduos ocorre continuamente nos processos operacionais, e seus danos, uma vez que ocorrem, são irreversíveis. As ETEs 1 e 3, mesmo com uma menor geração de lodo, devido ao reaproveitamento no processo de lodo ativado, apresentam o mesmo grau de importância que os impactos da ETE 2, pois esses impactos podem

ocorrer independentemente da quantidade de resíduos gerados (SANTOS; JOHN; VIEIRA COLEHO, 2004).

### **5.3. Emissão de Gases de Efeito Estufa**

Os impactos relacionados à emissão de gases de efeito estufa no sistema de esgotamento sanitário estão diretamente ligados às frotas de veículos da empresa, utilizados no transporte relacionado à operação da rede coletora e da estação de tratamento (BAK; BARBUSIŃSKI; THOMAS, 2021). Além disso, nas rotinas administrativas, o uso de ar-condicionado também pode gerar uma pequena contribuição para os impactos ambientais.

No processo de tratamento de esgoto, também ocorre a geração de gases de efeito estufa. Os principais gases emitidos por uma ETE durante os processos de tratamento são dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), enquanto o dióxido de carbono também é emitido pela produção de energia necessária para a operação da usina. Esses gases podem contribuir para o aquecimento global e devem ser gerenciados adequadamente. Ao aumentar a eficiência energética das ETES a liberação de dióxido de carbono pode ser reduzida, conduzindo a uma diminuição dos custos de tratamento e dos impactos ambientais (FIGHIR; TEODOSIU; FIORE, 2019).

A produção de óxido nitroso está associada à remoção biológica de nitrogênio das águas residuais, pois é um produto intermediário dos processos de nitrificação e desnitrificação (HE et al., 2020). Cerca de 72% das emissões de metano são produzidas na linha de lodo onde ocorre a digestão anaeróbia (CAMPOS et al., 2016). As emissões restantes são geradas a partir do tratamento biológico e podem ser atribuídas ao metano dissolvido nas águas residuárias.

Além dos impactos relacionados à emissão de gases de efeito estufa, a decomposição de matéria orgânica no tratamento de esgoto também pode gerar odores desagradáveis. Esses odores podem afetar o bem-estar da comunidade circundante (MICHALAK; KRZESZOWIAK; PAWLAS, 2014), e devem ser minimizados por meio de técnicas adequadas de controle de odores como realizado por Barbusiński; Parzentna-Gabor e Kasperczyk (2021).

### **5.4. Impactos de Caráter Emergencial**

Dentro do sistema de esgotamento sanitário, é possível identificar alguns aspectos emergenciais, ou seja, aspectos imprevistos e de caráter urgente e que tem alto potencial de impacto tanto ambiental quanto social.

Em relação aos impactos externos, que estão relacionados às redes coletoras, destaca-se a obstrução da rede sanitária como um aspecto que pode causar contaminação do solo e da água

(LI et al., 2023). Isso pode ocorrer devido aos problemas de manutenção no sistema de coleta. Em sua categorização apresentou valores de severidade mediana, probabilidade frequente já que sempre que esta emergência ocorre há impacto ambiental, e sua plasticidade pode ser revertida a partir de uma intervenção.

O aspecto de incêndio/explosão, que são observados em todas as estações de tratamento de esgoto e estações elevatórias, levam à contaminação do solo e à poluição do ar, além de causarem danos à fauna e flora local e à saúde da população (TRÁVNÍČEK et al., 2022). O valor de importância obtido depende do impacto analisado, o impacto ao solo tende a ser menor do que o impacto à fauna e à flora, por exemplo.

Na operação das estações, é observada a geração de impactos como o extravasamento de esgoto, que pode resultar na contaminação do solo e da água. Essa é uma preocupação importante, pois pode impactar negativamente o meio ambiente e a saúde das comunidades próximas às estações de tratamento (HUGHES et al., 2021).

Os riscos na manutenção, com vazamentos ou derramamentos de óleo lubrificante, armazenamento e manuseio destes nas estações, podem causar vazamentos ou derramamentos e resultar na contaminação do solo e da água. Esses resíduos químicos requerem um manuseio cuidadoso e um sistema de gerenciamento adequado para minimizar os impactos negativos.

### **5.5. Medidas mitigadoras de atenuação e prevenção**

A interação entre os aspectos relacionados a cada área de operação do sistema de esgotamento sanitário, possibilitou a análise dos controles e medidas que a empresa executa para prevenir, monitorar e mitigar os possíveis impactos socioambientais. O monitoramento contínuo permite acompanhar de perto a ocorrência e a evolução dos aspectos, fornecendo dados valiosos para tomar ações corretivas e preventivas. A prevenção se concentra na adoção de medidas para evitar que os impactos ocorram ou para minimizar sua intensidade. O controle envolve a implementação de estratégias e técnicas para mitigar os impactos existentes e reduzir seus efeitos negativos.

Para a prevenção dos impactos ocasionados pela geração de resíduos, a empresa utiliza o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos que estabelece diretrizes e procedimentos para a gestão adequada dos resíduos sólidos, desde a sua geração até a destinação final. Entretanto, com o levantamento foi possível identificar que este estava desatualizado e criou-se então um plano de ação para sua revisão e atualização. A empresa também utiliza O Certificado de Destinação de Resíduos (CDF) que comprova a destinação adequada dos resíduos, além de fazer inventários mensais dos resíduos gerados.

O controle do uso de recursos naturais é realizado em planilha eletrônica, na qual é monitorado o consumo de água. O acompanhamento do consumo de energia elétrica é realizado por um sistema interno de monitoramento de indicadores de consumo de energia elétrica. Considerando a complexidade das ETEs, bem como a necessidade de diminuir seus custos de energia e emissões, métodos adequados para avaliar a sustentabilidade dos processos de tratamento utilizando fontes de energia menos poluentes são necessários (FIGHIR; TEODOSIU; FIORE, 2019).

O monitoramento das emissões atmosféricas é realizado pelo inventário de gases de efeito estufa, que consiste em um levantamento das emissões de gases provenientes das atividades da empresa. O plano de carbono neutro, por sua vez, é um conjunto de medidas adotadas para neutralizar ou compensar as emissões de gases de efeito estufa da empresa. No caso dos veículos é feito o uso exclusivo de etanol como combustível, o que pode contribuir para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

Os aspectos emergenciais no sistema de coleta de esgoto incluem cronogramas de limpeza de rede e monitoramento das solicitações por logradouro. Para prevenir incêndios e explosões, são realizadas inspeções mensais nos extintores de incêndio e a empresa possui certificado válido do corpo de bombeiros.

Medidas de monitoramento operacional e manutenção preventiva são adotadas para evitar extravasamentos. O manuseio correto de produtos químicos é garantido por meio de treinamentos para a equipe, embora sejam necessários procedimentos adicionais. Em relação aos aspectos ambientais, é aplicado o Plano de Atendimento a Emergência (PAE), este se encontrava desatualizado e um novo plano de ação foi desenvolvido para sua atualização.

## 6. CONCLUSÃO

O sistema de esgotamento sanitário desempenha um papel fundamental na preservação da saúde da população e na proteção do meio ambiente na cidade de Atibaia. No entanto, é importante reconhecer que o sistema está exposto a atividades e ações que podem resultar em impactos socioambientais.

Com a análise da relação entre as atividades da empresa e os aspectos e impactos socioambientais, utilizando entrevistas e uma matriz de interação, foi possível compreender os principais impactos aos quais a empresa está suscetível identificando o grau de importância de cada aspecto identificado.

Além disso, por meio das pesquisas realizadas foi possível identificar os controles já implementados pela empresa e determinar quais precisam ser atualizados. Essa avaliação é importante para garantir que as medidas de mitigação e controle sejam eficazes na redução dos impactos ambientais.

Portanto, é recomendável que a empresa responsável pelo sistema de esgotamento sanitário em Atibaia revise e aprimore seus controles existentes, levando em consideração os aspectos e impactos socioambientais identificados. Isso contribuirá para a melhoria contínua do sistema, minimizando os impactos negativos e promovendo a preservação ambiental da região.

Em suma, a conscientização sobre a importância do tratamento adequado de esgoto e a necessidade de medidas eficazes de controle ambiental são fundamentais para garantir a saúde da população e a preservação do meio ambiente em Atibaia. É necessário um esforço contínuo para atualizar e melhorar os controles existentes, a fim de minimizar os impactos ambientais do sistema de esgotamento sanitário.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ABNT ISO 14.001:2015**. ABNT: São Paulo, 2015.

ACHON, C. L.; SOARES, L. V.; MEGDA, C. R. Impactos ambientais provocados pelo lançamento in natura de lodos provenientes de estações de tratamento de água. In: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Saneamento ambiental Brasileiro: Utopia ou realidade? Rio de Janeiro, ABES, 2005. p.1-9

ANJANEYULU, Y.; MANICKAM. V. **Environmental Impact Assessment Methodologies**. 2nd ed. Hyderabad, India: Centre for Atmospheric Sciences and Weather Modification Technologies, Jawaharlal Nehru Technological University.

AREIAS, I.; MANHÃES, R.S.T; COLORADO, H.A.; RODRÍGUEZ, R. J. S.; SOUZA, D.; MONTEIRO, S. N.; VIEIRA, C.M. F. Recycling of sewage treatment plant (STP) waste in red ceramics. **Journal of Materials Research and Technology**, v.23, p.53-63, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.12.192>.

ATHAYDES, T. V. S.; PAROLIN, M.; CRISPIM, J. de Q. Análise histórica sobre práticas de saneamento básico no mundo. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 08, n. 65, 2020.

AZEVEDO NETTO, J. M. Cronologia dos serviços de esgotos, com especial menção ao Brasil. **Revista do Departamento de Águas e Esgotos de São Paulo**, São Paulo, ano 20, n. 33, p. 15-19, 1959. Acesso em: 18 maio 2018.

BAIDA, Rosangela, CHAMORRO, Graciela. Doenças entre indígenas do Brasil nos séculos XVI e XVII. **História em Reflexão**, Dourados, MS, v.5, n.9, p.1-24, jan./jun. 2011. Disponível em: <http://www.periodicos.ufgd.edu.br/index.php/historiaemreflexao/article/view/1160/692>>. Acesso em 13 DE JUL 2023

BAK, J.; BARBUSIŃSKI, K.; THOMAS, M. Review of Methods for Assessing the Impact of WWTPs on the Natural Environment. **Clean Technol.**, v. 3, n. 1, p. 1-25, fev. 2021.

BARBUSIŃSKI, K.; PARZENTNA-GABOR, A.; KASPERCZYK, D. Removal of Odors (Mainly H<sub>2</sub>S and NH<sub>3</sub>) Using Biological Treatment Methods. **Clean Technologies**, v.3, n.1, p.138–155, 2021. doi:10.3390/cleantechnol3010009

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Média**. Rodo inside, 3 de dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.rodoinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-na-idade-media/>. Acesso em: 10 Jul 2023.

BISSET, R. **Methods for environmental impact assessment**. A selective survey case studies. Scotland, University of Aberdeen, Department of Geography, 1987.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução 001/1986. Brasília, 1986.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: [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). Acesso em: 05 jun. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm). Acesso em: 05 jun. 2023.

BRASIL. **Lei nº 5.318, de 26 de setembro de 1967**. Institui a Política Nacional de Saneamento e cria o Conselho Nacional de Saneamento. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1950-1969/15318.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/15318.htm). Acesso em: 05 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**: Emissões de Gases de Efeito Estufa no Tratamento e Disposição de Resíduos. Relatórios de Referência. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento**. 3ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS**. Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto. Dez/2022. Visão Geral ano de referência 2021.

CÂMARA, V.M. Epidemiologia e ambiente. In: MEDRONHO, R.A. *et al.* **Epidemiologia**. São Paulo: Atheneu,. cap. 25, p.371-384. 2003

CAVALCANTI, A.; TEIXEIRA, A.; PONTES, K. Regression Model to Evaluate the Impact of Basic Sanitation Services in Households and Schools on Child Mortality in the Municipalities of the State of Alagoas, Brazil. **Sustainability**, v. 11, n. 15, p. 4150, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/15/4150> Acesso em: 07 Jul. 2023

CAVINATTO, Vilma Maria. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar**. 13. ed. São Paulo: Moderna, 1996.

CREMONEZ, F. E.; CREMONEZ, P. A.; FEROLDI, M.; CAMARGO, M. P. de; KLAJN, F. F.; FEIDEN, A. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 3821–3830, 2014. DOI: 10.5902/2236130814689. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/14689>. Acesso em: 13 jul. 2023.

DÍAZ, Rafael Rodrigo Licheski; NUNES, Larissa dos Reis. A evolução do saneamento básico na história e o debate de sua privatização no Brasil. **Revista de Direito da Faculdade Guanambi**, v. 7, n. 2, p. 1-23, 2020.

FIGHIR, D.; TEODOSIU, C.; FIORE, S. Environmental and Energy Assessment of Municipal Wastewater Treatment Plants in Italy and Romania: A Comparative Study. **Water**, v.11, 1611, 2019. <https://doi.org/10.3390/w11081611>

FIJALKOWSKI, K.; RORAT A.; GROBELAK A.; KACPRZAK, M.J. The presence of contaminations in sewage sludge - The current situation. **J Environ Manage**, v.203(Pt 3), 1126-1136, 2017. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.05.068.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142007000100003>

GOMES, F. M. S. et al. Access to drinking water and sewage treatment in Brazil: a challenge for the control of waterborne infectious diseases. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, São Paulo, p. 62-71, 2020 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-9946202062071> Acesso em: 07 jul. 2023.

GOMES, M. P. Matriz de interação qualitativa de aspectos e impactos ambientais no seguimento de rochas ornamentais: Estudo de caso - São Rafael/RN. **Revista UNI-RN**, v.8, n.1-2, p.135, 2011. Disponível em: <http://revistas.unirn.edu.br/index.php/revistaunirn/article/view/192>

HE, T., XIE, D., NI, J., LI, Z., LI, Z. Nitrous oxide produced directly from ammonium, nitrate and nitrite during nitrification and denitrification. **Journal of Hazardous Materials**, v.388, 122114, 2020. doi:10.1016/j.jhazmat.2020.122114

HUGHES, J.; COWPER-HEAYS, K.; OLESSON, E.; BELL, R.; STROOMBERGEN, A. Impacts and implications of climate change on wastewater systems: A New Zealand perspective. **Climate Risk Management**, v. 31, p. 100262, 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas de Saneamento**. 2021. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/apps/atlas\\_saneamento/#/home](https://www.ibge.gov.br/apps/atlas_saneamento/#/home). Acesso em: 30 Jun. 2023

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/indicadores.html?localidade=BR>. Acesso em: 30 mai. 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2017**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/30/84366?ano=2017&localidade1=350410>. Acesso em: 8 jul. 2023.

LA ROVERE, E. L.; D'AVIGOGNON, A.; PIERRE, C.V.; KLIGERMAN, D.C.; SILVA, H.V.O.; BARATA, M.M.L. E MALHEIROS, T.M.M. **Manual de Auditoria Ambiental para Estações de Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro. Qualitymark. 145p. 2002.

LARA, Hélio Guilherme de Almeida; BARACHO, Rafaella Oliveira; ARAUJO, Daiana Lira de; CORDEIRO NETTO, Oscar de Moraes. Alternativas Metodológicas para Avaliação de

Impactos Ambientais Causados por Minas Abandonadas: Estudo de Caso da Engenho D'Água. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20., 2017. **Anais...**

LI, N.; WANG, X.; LI, Z.; ZHAO, F.; NAIR, A.; ZHANG, J.; LIU, C. Real-Time Identification and Positioning of Sewer Blockage Based on Liquid Level Analysis in Rural Area. **Processes**, v.11, 161, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pr11010161> Acesso em: 13 Jul. 2023

LIMA, Leidimar de Sousa; SERRA, Juan Carlos Valdés. Avaliação dos Impactos Ambientais na Desativação da Estação de Tratamento de Esgoto Brejo Comprido Palmas-TO. **Engenharia Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 68-79, jul./dez. 2016.

LINS, Gustavo Aveiro. **Impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos (ETEs)**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

Malta, T. S. **Aplicação de Lodos de Estações de Tratamento de Esgotos na agricultura: Estudo do caso do Município de Rio das Ostras – RJ**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Sanitária e Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2001.

MASSA, K. H. C.; CHIAVEGATTO FILHO, A. D. P. Saneamento básico e saúde autoavaliada nas capitais brasileiras: uma análise multinível. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 23, e200032, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbepid/a/kHqLbYTVZrsXFFmSPNmhV3r/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 7 Jul. 2023.

MEDEIROS, R. D. **Proposta metodológica para Avaliação de Impacto Ambiental aplicada a projetos de usinas eólicas-elétricas**. 2010. 113f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2010.

MIRANZI, Mário Alfredo Silveira et al. Compreendendo a história da saúde pública de 1870-1990. **Saúde Coletiva**, São Paulo, v. 7, n. 41, p. 157-162, 2010. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/842/84213511007.pdf>. Acesso em: 10 de jul 2023

MORAES, C. D.; D'AQUINO, C. A. Avaliação de Impacto Ambiental: Uma Revisão da Literatura Sobre as Principais Metodologias, IN: Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, 5., 2016, Santa Catarina. **Anais [...]**. Santa Catarina: IFSUL, 2016.

MOTA, S. **Introdução a engenharia ambiental**. 2º Ed. Rio de Janeiro. ABES. 2000.

PEREIRA, J. A. A.; BORGES, L. A. C.; BARBOSA, A. C. M. C.; BORÉM, R. A. T. **Fundamentos da avaliação de impactos ambientais com estudo de caso**. Editora UFLA. 188p. 2014.

PIMENTEL, G.; PIRES, S. H. Metodologias de avaliação de impacto ambiental: aplicações e seus limites. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, jan./mar. 1992.

REZENDE, Sonaly Cristina; HELLER, Léo. **O saneamento no Brasil: Políticas e interfaces**. Belo Horizonte: UFMG, 2002

ROSEN, George. **Uma história da saúde pública: saúde e comunidades no mundo greco-romano**. 2. ed. São Paulo: UNESP, 1994.

SANCHEZ, L.E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013

SANTIAGO, T. M. O. et al. A eficácia da avaliação de impactos ambientais no Brasil. **Revista IberoAmericana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v.6, n.2, p.37-51, 2015. Disponível em <http://dx.doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2015.002.0003> Acesso em: 13 jul. 2023

SANTOS, A. D., JOHN, V. M., VIEIRA COELHO, A. C. Reciclagem do lodo de esgoto - uma alternativa de gestão. In CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL / 10 ENTAC, São Paulo, 2004. clACS04/ENTAC04.PORTO ALEGRE : ANTAC, 2004.

SAWYER, C.N; McCARTY, P.L. **Chemistry for environmental engineering**. Singapura: Mcgraw Hill, 532 p. 1978.

SILVA, Antônio Pacheco. **História do Saneamento Básico**. Itu: Conselho de Regulação e Fiscalização, 2016. Disponível em: [https://itu.sp.gov.br/wpcontent/uploads/2016/ar\\_itu/conselho\\_regulacao\\_fiscalizacao/2016\\_11\\_09\\_6\\_reuniao\\_ord\\_consregfis\\_ar\\_itu.pdf](https://itu.sp.gov.br/wpcontent/uploads/2016/ar_itu/conselho_regulacao_fiscalizacao/2016_11_09_6_reuniao_ord_consregfis_ar_itu.pdf).

SILVA, E. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil**. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994

SILVA, Elmo Rodrigues da. **Os cursos da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**. Tese (Doutorado) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação OswaldoCruz,RiodeJaneiro,1998.Disponívelem:<http://www.bvsde.paho.org/bvsarg/p/fulltext/brasil/brasil.pdf>. Acesso em: 30 maio 2018.

SILVA, Priscila Neves et al. **Saneamento E Saúde: Saneamento: entre os direitos humanos, a justiça ambiental e a promoção da saúde**. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz,2018

SOUZA, Francisco Salviano de. **O saneamento básico na história da humanidade**. 2009. Disponível em: [http://www.senado.leg.br/comissoes/ci/ap/AP20091130\\_FranciscodeAssisSalvianodeSousa.pdf](http://www.senado.leg.br/comissoes/ci/ap/AP20091130_FranciscodeAssisSalvianodeSousa.pdf). Acesso em:07 de Jul. 2023

SPERLING, M.V. **Princípios Básicos do Tratamento de Esgoto**. Belo Horizonte, Vol II, EDUFMG, 1996.

STOKESA, E.A; LONERGAN, W; WEBERB, L.P; JANZB, D.M; POZNANSKIC, A.A; GORDON, C.B; METCALFED, C.D; GROBER, M.S. Decreased apoptosis in the forebrain of adult male medaka (*Oryzias latipes*) after aqueous exposure to ethinylestradiol. **Comp. Bioch. and Physiology**, v.138 (Part C), p.163–167. 2004.

TOKAIA, Bruno Oliveira; COSTA, Alexandre Sylvio. Estudo sobre a qualidade da água para consumo humano e as doenças diarreicas no Brasil. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 43, n. 4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22278/2318-2660.2019.v43.n4.a2979>. Acesso em: (data de acesso).

TOKAIA, Bruno Oliveira; COSTA, Alexandre Sylvio. Estudo sobre a qualidade da água para consumo humano e as doenças diarreicas no Brasil. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 43, n. 4, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22278/2318-2660.2019.v43.n4.a2979>. Acesso em: (data de acesso).

TOMMASI, L.R. **Estudo de Impacto Ambiental**. 1 ed., São Paulo, CETESB, 355p. 1994.

TRÁVNÍČEK, P.; JUNGA, P.; KOTEK, L.; VÍTĚZ, T. Analysis of accidents at municipal wastewater treatment plants in Europe. **Journal of Loss Prevention in the Process**

**Industries**, v.74, p. 104634, jan. 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950423021002436?via%3Dihub>.

Acesso em: 13 jul. 2023.

VALDETARO, Erlon Barbosa et al. Conjugação dos Métodos da Matriz de Interação e do Check-List na Avaliação Quali-Quantitativa de Impactos Ambientais de um Programa de Fomento Florestal. **Revista Árvore**, v. 39, n. 4, p. 645-653, jul./ago. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000400003>. Acesso em: (data de acesso)

VASCONCELOS, Raylan Caminha de. **Tratamento de Efluentes Líquidos: Uma Perspectiva para o Desenvolvimento Sustentável**. Campina Grande: Editora Amplla, 2020. E-book. Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/602557>. Acesso em: 13 de julho de 2023.

VON SPERLING, M. **Lodos Ativados**. 4ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

## 8. APÊNDICES

**APÊNDICE A** – Modelos de perguntas realizadas durante entrevistas com cada setor do sistema de esgotamento sanitário.

Essas perguntas a seguir foram aplicadas para todos os setores, tentando respeitar ao máximo as peculiaridades de cada área.

### 1. Bloco 1 – Uso de Recursos Naturais

- 1.1. Dentre as atividades que seu setor realiza
- 1.2. quais delas utilizam algum recurso natural, como energia, água ou alguma matéria prima?
- 1.3. De que forma você acredita que o uso desses recursos pode impactar o meio ambiente ou as pessoas de maneira positiva? E negativa?
- 1.4. Esses impactos ocorrem em situações normais, em ocasiões adversas ou apenas emergencialmente?
- 1.5. Como você classifica o impacto dessas atividades no meio ambiente ou na sociedade: pouco significativo, moderadamente significativo ou muito significativo?
- 1.6. Qual a frequência em que essas atividades afetam o meio ambiente ou a sociedade: Raramente, eventualmente ou frequentemente?
- 1.7. Os impactos que são negativos, são naturalmente reversíveis, são reversíveis com uma intervenção de baixo custo ou danos irreversíveis ou de alto custo?
- 1.8. Quais são os procedimentos que o setor utiliza para prevenir ou mitigar os impactos sociais e ambientais negativos?

### 2. Bloco 2 – Gestão de Resíduos Sólidos

- 2.1. Quais são os principais resíduos gerados pelo seu setor?
- 2.2. Como esses resíduos são segregados, armazenados e destinados?
- 2.3. De que forma você acredita que o armazenamento e destinação incorreta desses resíduos pode impactar o meio ambiente ou as pessoas de maneira negativa?
- 2.4. Esses impactos ocorrem em ocasiões normais, em ocasiões adversas ou apenas emergencialmente?

- 2.5. Como você classifica o impacto da destinação dos resíduos no meio ambiente ou na sociedade: pouco significativo, moderadamente significativo ou muito significativo?
  - 2.6. Qual a frequência a gestão incorreta dos resíduos afeta o meio ambiente ou a sociedade: Raramente, eventualmente ou frequentemente?
  - 2.7. Os impactos da alta de gestão de resíduos sólidos são naturalmente reversíveis, são reversíveis com uma intervenção de baixo custo ou danos irreversíveis ou de alto custo?
  - 2.8. Quais são os procedimentos que o setor utiliza para prevenir ou mitigar os impactos sociais e ambientais negativos?
3. Bloco 3 – Emissão de Gases de Efeito Estufa
- 3.1. As atividades desenvolvidas pelo seu setor emitem algum gás para atmosfera? Se sim, quais atividades?
  - 3.2. De que forma você acredita que a emissão desses gases pode impactar o meio ambiente ou as pessoas de maneira negativa?
  - 3.3. Esses impactos ocorrem em ocasiões normais, em ocasiões adversas ou apenas emergencialmente?
  - 3.4. Como você classifica o impacto da emissão de gases no meio ambiente ou na sociedade: pouco significativo, moderadamente significativo ou muito significativo?
  - 3.5. Qual a frequência a emissão de gases na atmosfera afeta o meio ambiente ou a sociedade: Raramente, eventualmente ou frequentemente?
  - 3.6. Os impactos ocasionados são naturalmente reversíveis, são reversíveis com uma intervenção de baixo custo ou danos irreversíveis ou de alto custo?
  - 3.7. Existe alguma medida implementada para minimizar a emissão de poluentes atmosféricos do seu setor? Se sim, quais são essas medidas?
4. Bloco 4– Impactos de Caráter Emergencial
- 4.1. Quais são as atividades que seu setor entende que estão sujeitas a falhas, ou que podem de alguma forma causar prejuízos ambientais ou sociais? Ex. Paralisação do tratamento de esgoto, obstrução da rede coletora.
  - 4.2. De que forma você acredita que essas falhas ou emergências podem impactar o meio ambiente ou as pessoas de maneira negativa?

- 4.3. Como você classifica o impacto causado por falhas ou emergências da emissão de gases no meio ambiente ou na sociedade: pouco significativo, moderadamente significativo ou muito significativo?
- 4.4. Qual a frequência que essas emergências podem vir a acontecer: Raramente, eventualmente ou frequentemente?
- 4.5. Os impactos ocasionados são naturalmente reversíveis, são reversíveis com uma intervenção de baixo custo ou danos irreversíveis ou de alto custo?
- 4.6. Existe alguma medida implementada para prevenir, monitorar para que as emergências não aconteçam, ou caso aconteçam, existem medidas mitigadoras.

**APÊNDICE B – Matriz de Interação de Aspectos e Impactos Ambientais**

APÊNDICE B – Matriz de Interação de Aspectos e Impactos Ambientais

LOCAL	ÁREA	ATIVIDADE	ASPECTO	CLASSIFICAÇÃO	ORDEM	IMPACTO AMBIENTAL	AVALIAÇÃO					IMPACTO SOCIAL	AVALIAÇÃO				CONTROLES EXISTENTES			PLANO DE AÇÃO
							CARÁTER	SEVERIDADE	PROBABILIDADE	PLASTICIDADE	RESULTADO		CARÁTER	SIGNIFICATIVO	PLASTICIDADE	RESULTADO	PREVENÇÃO	MONITORAMENTO	MITIGAÇÃO	
Externo	Frota	Veículos	Emissão atmosférica	D	N	Poluição do ar	A	1	3	2	6	-				0	Utilização de Etanol	Monitoramento através de aplicativo de frotas		
Externo	Manutenção	Sistema de coleta	Obstrução da rede sanitária	D	E	Contaminação do solo e da água.	A	2	3	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	1	3	3	Cronograma mensal de limpeza de rede	Monitoramento da ocorrência de solicitações por logradouro	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	
ETEs/EEEs	Geral	Rotina diária	Consumo de energia elétrica	I	N	Redução da disponibilidade de recursos	A	1	3	1	3	-				0		Indicador de gestão de energia elétrica		
ETEs/EEEs	Geral	Rotina diária	Consumo de água	D	N	Redução da disponibilidade de recursos	A	1	3	1	3	-				0		Controle das contas de água em planilha		
ETEs/EEEs	Geral	Geral	Incêndio/explosão	D	E	Contaminação do solo	A	2	2	1	4					0	(1)Certificado de licença do corpo de bombeiros (CLCB); (2)Equipe de brigada de incêndio devidamente treinada	Inspeção visual mensal dos extintores	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	Revisão PAE - Plano de Atendimento a Emergência
ETEs/EEEs	Geral	Geral	Incêndio/explosão	D	E	Poluição do ar	A	3	2	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	2	6	(1)Certificado de licença do corpo de bombeiros (CLCB); (2)Equipe de brigada de incêndio devidamente treinada	Inspeção visual mensal dos extintores	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	Revisão PAE - Plano de Atendimento a Emergência
ETEs/EEEs	Geral	Geral	Incêndio/explosão	D	E	Danos na fauna e flora local	A	3	2	3	18	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	(1)Certificado de licença do corpo de bombeiros (CLCB); (2)Equipe de brigada de incêndio devidamente treinada	Inspeção visual mensal dos extintores	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	Revisão PAE - Plano de Atendimento a Emergência
ETEs/EEEs	Operação	Manutenção	Geração e destinação de resíduos contaminados com óleo ou graxa	D	N	Contaminação do solo e da água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores;		Procedimentos e Check-list de descarregamento de produto químico
ETEs/EEEs	Operação	Manutenção	Geração e destinação de embalagens de óleo lubrificante	D	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores;		Procedimentos e Check-list de descarregamento de produto químico
ETEs/EEEs	Operação	Manutenção	Geração e destinação de óleo lubrificante	D	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores;		Procedimentos e Check-list de descarregamento de produto químico
ETEs/EEEs	Operação	Gerador	Emissão atmosférica	D	N	Poluição do ar	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	1	3	3	Manutenção preventiva			Introduzir monitoramento de fumaça preta
EEEs	Operação	Gradeamento	Geração e destinação de resíduos do gradeamento	D	N	Contaminação do solo e da água	A	3	3	3	27	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores.	-	
EEEs	Operação	Poço	Extravasamento de esgoto	D	E	Contaminação do solo e da água	A	2	3	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos	Centro de controle operacional	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	
ETE 1	Operação	Tratamento preliminar	Geração e destinação de resíduos do gradeamento	D	N	Contaminação do solo e da água	A	3	3	3	27	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores.	-	Atualização de PGRS

ETE 1	Operação	Tratamento preliminar	Geração e destinação de resíduos do desarenamento	D	N	Contaminação do solo e da água	A	3	3	3	27	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores.	-	Atualização de PGRS
ETE 1	Operação	Tratamento secundário	Lançamento de efluentes líquidos	D	N	Contaminação da água	A	2	3	3	18	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Tratamento dos efluentes líquidos; (2) Manutenção preventiva de equipamentos eletromecânicos	(1) Relatório de ensaio à montante, à jusante e na saída do efluente; (2) Plano de manutenção preventiva - Eletromecânica	-	
ETE 1	Operação	Tratamento secundário	Geração e destinação de lodo	D	N	Contaminação da água e do solo	A	3	3	3	27	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores.	-	Atualização de PGRS
ETE 1	Operação	Armazenamento e manuseio	Vazamento/derramamento de produto químico	D	E	Contaminação do solo e água	A	2	3	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Bacia de contenção; (2) Treinamentos dos colaboradores; (3) Procedimento para gestão de produtos químicos.	(1) Lista de verificação para locais de armazenamento de produtos químicos; (2) Checklist de descarregamento de produtos químicos; (3) Lista de verificação de kit de emergência ambiental	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	
ETE 1	Operação	Processos unitários	Extravasamento de esgoto	D	E	Contaminação do solo e da água	A	2	3	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos; (2) Atualização de procedimentos.	(1) Monitoramento operacional (2) Histórico operacional	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	
ETE 1	Operação	Manutenção	Vazamento/derramamento de óleo lubrificante	D	E	Contaminação do solo e da água	A	2	3	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Procedimento para gestão de produtos químicos; (2) Treinamento dos colaboradores; (3) Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos	Lista de presença do treinamento de manuseio de produtos químicos	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	Atualização do PAE
ETE 1	Operação	Manutenção	Geração e destinação de filtro contaminado	D	N	Contaminação do solo e da água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores; (5) Check-list de descarregamento de produto químico	-	Atualização de PGRS
ETE 1	Operação	Processos unitários	Geração de ruído	D	N	Incômodo a fauna	A	1	3	2	6	Incômodos a sociedade	A	1	3	3	Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos	(1)Gestão de escritórios; (2) Laudo de Monitoramento de ruído	-	
ETE 1	Operação	Processos unitários	Geração de odor	D	N	-	-	-	-	-	0	Incômodos a sociedade	A	1	3	3	Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos	(1)Gestão de escritórios; (2) Laudo de Monitoramento de odor.	-	
ETE 1	Operação	Processos unitários	Emissão atmosférica	D	N	Poluição do ar	A	2	3	3	18	Impacto a saúde da comunidade	A	1	3	3	-	(1) Plano de carbono neutro; (2) Inventário de GEE	-	
ETE 1	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de resíduos sólidos recicláveis	I	N	Contaminação do solo, água e poluição do ar	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	(1) Inventário de resíduos; (2) Controle das licenças dos receptores.	-	Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
ETE 1	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de resíduos sólidos não recicláveis	I	N	Contaminação do solo, água e poluição do ar	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	(1) Inventário de resíduos; (2) Controle das licenças dos receptores.	-	Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
ETE 1	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de resíduos sólidos orgânicos	I	N	Contaminação do solo, água e poluição do ar	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos; (2) Resíduos gerados no refeitório e escritório destinados em composteira interna.	(1) Inventário de resíduos; (2) Controle das licenças dos receptores; (3) Planilha de manutenção da composteira.	-	Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
ETE 1	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de pilhas e baterias	D	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores; (5) Check-list de descarregamento de produto químico	-	Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
ETE 1	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de resíduos eletroeletrônicos	D	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores	-	Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
ETE 1	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de lâmpadas	D	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores; (5) Check-list de descarregamento de produto químico	-	Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
ETE 1	Geral	Ar condicionado	Gás refrigerante	D	N	Mudanças climáticas (aquecimento global)	A	2	2	3	12	-	-	-	-	0	(1) Uso do gás R410A; (2) PMOC	Plano de carbono neutro	-	Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
ETE 1	Geral	Impressora	Geração e destinação de tonner, fitas de impressoras, cartuchos e etc.	D	N	Contaminação do solo e da água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	(1) PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos; (2) Logística Reversa	Inventário de resíduos	-	Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
ETE 1	Geral	Rotina diária	Geração e destinação de uniformes e EPIs contaminados	D	N	Contaminação do solo e da água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores; (5) Check-list de descarregamento de produto químico	-	Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
ETE 1	Geral	Operação	Consumo de energia elétrica	I	N	Redução da disponibilidade de recursos	A	2	3	1	6	-	-	-	-	0	-	Indicador de gestão de energia elétrica	-	
ETE 1	Geral	Operação	Consumo de água	D	N	Redução da disponibilidade de recursos	A	1	3	1	3	-	-	-	-	0	-	Controle das contas de água em planilha	-	
ETE 2	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de lâmpadas	D	N	Contaminação do solo e da água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores	-	Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

ETE 2	Operação	Tratamento preliminar	Geração e destinação de resíduos do desarenamento	D	N	Contaminação do solo e da água	A	3	3	3	27	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores.		Atualização PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
ETE 2	Operação	Armazenamento e manuseio	Vazamento/derramamento de produto químico	D	E	Contaminação do solo e água	A	2	3	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Bacia de contenção; (2) Treinamentos dos colaboradores; (3) Procedimento para gestão de produtos químicos.	(1) Lista de verificação para locais de armazenamento de produtos químicos;	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	Procedimentos para movimentação de Produtos Químicos
ETE 2	Operação	Tratamento secundário	Geração e destinação de lodo gerado	D	N	Contaminação do solo e água	A	3	3	3	27	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores.		
ETE 2	Operação	Tratamento secundário	Lançamento de efluentes líquidos	D	N	Contaminação da água	A	2	3	3	18	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Tratamento dos efluentes líquidos; (2) Manutenção preventiva de equipamentos eletromecânicos	(1) Relatório de ensaio à montante, à jusante e na saída do efluente; (2) Plano de manutenção preventiva - Eletromecânica	-	
ETE 2	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de resíduos sólidos recicláveis	I	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	(1) Inventário de resíduos; (2) Controle das licenças dos receptores.		
ETE 2	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de resíduos sólidos não recicláveis	I	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	(1) Inventário de resíduos; (2) Controle das licenças dos receptores.		
ETE 2	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de resíduos sólidos orgânicos	I	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	(1) Inventário de resíduos; (2) Controle das licenças dos receptores.		
ETE 2	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de pilhas e baterias	D	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Controle das licenças dos receptores;	-	
ETE 2	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de lâmpadas	D	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Controle das licenças dos receptores;	-	
ETE 2	Geral	Rotina Diária	Geração e destinação de resíduos eletroeletrônicos	D	N	Contaminação do solo e água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Controle das licenças dos receptores;	-	
ETE 2	Geral	Ar condicionado	Gás refrigerante	D	N	Mudanças climáticas (aquecimento global)	A	2	2	3	12					0	(1) Uso do gás R410A; (2) PMOC	Plano de carbono neutro		
ETE 2	Geral	Impressora	Geração e destinação de tonner, fitas de impressoras, cartuchos e etc.	D	N	Contaminação do solo e da água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	(1) PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos; (2) Logística Reversa	Inventário de resíduos		
ETE 2	Geral	Rotina diária	Geração e destinação de uniformes e EPIs contaminados	D	N	Contaminação do solo e da água	A	2	2	3	12	Impacto a saúde da comunidade	A	2	2	4	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Controle das licenças dos receptores;	-	
ETE 2	Operação	Processos unitários	Extravasamento de esgoto	D	E	Contaminação do solo e da água	A	2	3	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos; (2) Atualização de procedimentos.	(1) Monitoramento operacional (2) Histórico operacional	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	Atualizar PAE- Plano de Atendimento a Emergência
ETE 2	Operação	Processos unitários	Geração de ruído	D	N	Incômodo a fauna	A	1	3	2	6	Incômodos a sociedade	A	1	3	3	Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos	(1)Gestão de escritórios; (2) Laudo de Monitoramento de ruído	-	
ETE 2	Operação	Processos unitários	Geração de vibração	D	N	-					0	Incômodos a sociedade	A	1	1	1				
ETE 2	Operação	Processos unitários	Geração de odor	D	N	-					0	Incômodos a sociedade	A	1	3	3	Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos	(1)Gestão de escritórios; (2) Laudo de Monitoramento de odor.	-	
ETE 2	Operação	Manutenção	Vazamento/derramamento de óleo lubrificante	D	E	Contaminação do solo e da água	A	2	3	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Treinamento dos colaboradores; (3) Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos	Lista de presença do treinamento de manuseio de produtos químicos	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	Atualizar PAE- Plano de Atendimento a Emergência
ETE 2	Operação	Processos unitários	Emissão atmosférica	D	N	Poluição do ar	A	2	3	3	18	Impacto a saúde da comunidade	A	1	3	3		(1) Plano de carbono neutro; (2) Inventário de GEE	-	
ETE 3	Operação	Processos unitários	Extravasamento de esgoto	D	E	Contaminação do solo e da água	A	2	3	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos; (2) Atualização de procedimentos.	(1) Monitoramento operacional (2) Histórico operacional	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	Atualizar PAE- Plano de Atendimento a Emergência
ETE 3	Operação	Tratamento preliminar	Geração e destinação de resíduos do desarenamento	D	N	Contaminação do solo e da água	A	3	3	3	27	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Homologação de receptores; (3) Controle das licenças dos receptores	-	
ETE 3	Operação	Tratamento preliminar	Geração e destinação de resíduos da fase de gradeamento	D	N	Contaminação do solo e da água	A	3	3	3	27	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Homologação de receptores; (3) Controle das licenças dos receptores	-	
ETE 3	Operação	Processos unitários	Emissão atmosférica	D	N	Poluição do ar	A	2	3	3	18	Impacto a saúde da comunidade	A	1	3	3		(1) Plano de carbono neutro; (2) Inventário de GEE	-	
ETE 3	Operação	Tratamento secundário	Lançamento de efluentes líquidos	D	N	Contaminação da água	A	2	3	3	18	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Tratamento dos efluentes líquidos; (2) Manutenção preventiva de equipamentos eletromecânicos	(1) Relatório de ensaio à montante, à jusante e na saída do efluente; (2) Plano de manutenção preventiva - Eletromecânica	-	
ETE 3	Operação	Tratamento secundário	Geração e destinação de lodo	D	N	Contaminação da água e do solo	A	3	3	3	27	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	(1) Certificado de Destinação de Resíduos (CDF); (2) Inventário de resíduos; (3) Avaliação de receptores de resíduos; (4) Controle das licenças dos receptores.	-	

ETE 3	Operação	Processos unitários	Geração de ruído	D	N	Incômodo a fauna	A	1	3	2	6	Incômodos a sociedade	A	1	3	3	Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos	(1)Gestão de escritórios; (2) Laudo de Monitoramento de ruído	-	
ETE 3	Operação	Processos unitários	Geração de odor	D	N	-					0	Incômodos a sociedade	A	1	3	3	Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos	(1)Gestão de escritórios; (2) Laudo de Monitoramento de ruído	-	
ETE 3	Operação	Manutenção	Vazamento/derramamento de óleo lubrificante	D	E	Contaminação do solo e da água	A	2	3	2	12	Impacto a saúde da comunidade	A	3	3	9	(1) Treinamento dos colaboradores; (3) Manutenção preventiva dos equipamentos eletromecânicos	Lista de presença do treinamento de manuseio de produtos químicos	PAE - Plano de Atendimento a Emergência	Atualizar PAE- Plano de Atendimento a Emergência