

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Sofia Francisco de Moraes

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO E ESTRATÉGIAS DE COMUNICAÇÃO COM A
POPULAÇÃO**

BambuÍ-MG

2025

SOFIA FRANCISCO DE MORAIS

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO E ESTRATÉGIAS DE COMUNICAÇÃO COM A
POPULAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas
do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus*
Bambuí para obtenção do grau de licenciada em
Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Ludimilla Portela
Zambaldi Lima Suzuki.

Bambuí-MG

2025

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

M828a Morais, Sofia Francisco de.

Avaliação dos impactos ambientais e sociais de uma estação de tratamento de esgoto e estratégias de comunicação com a população [manuscrito] / Sofia Francisco de Morais – 2025.

69 f. : il. ; color.

Orientadora: Ludimilla Portela Zambaldi Lima Suzuki.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus Bambuí*, 2025.

1. Saneamento básico. 2. Estação de tratamento de esgoto. 3. Impacto ambiental. 4. Sustentabilidade. 5. Gestão pública. I. Suzuki, Ludimilla Portela Zambaldi Lima. II. Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Bambuí*. III. Título.

CDD 628.309

Catálogo: João Batista Rodrigues - CRB-6/2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

Campus Bambuí

Diretoria de Ensino

Departamento de Ciências e Linguagens

Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

Sofia Francisco de Moraes

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DE UMA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO E ESTRATÉGIAS DE COMUNICAÇÃO COM A
POPULAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus Bambuí* para obtenção do grau de licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovado em 15/12/2025 pela banca examinadora:

Maria Carolina Gaspar Botrel

Gustavo Augusto Lacorte

BambuÍ,14 de novembro de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Augusto Lacorte, Professor**, em 09/01/2026, às 08:05, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Ludimilla Portela Zambaldi Lima Suzuki, Professora**, em 09/01/2026, às 14:22, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Carolina Gaspar Botrel, Professora**, em 09/01/2026, às 14:26, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2527118** e o código CRC **2257897A**.

23209.004396/2025-90

2527118v1

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Prefeitura Municipal de Bambuí por disponibilizar os documentos técnicos e informações necessárias para a realização deste estudo. Sem o apoio e a colaboração da administração pública, este trabalho não seria possível.

Aos moradores do bairro Senhora Sant'Ana, que participaram ativamente do questionário, deixo meus sinceros agradecimentos. As valiosas percepções e sugestões da comunidade local foram essenciais para compreender os impactos sociais e ambientais da ETE sob a ótica da população diretamente afetada.

Por fim, registro minha gratidão especial à minha orientadora, Professora Ludimilla Portela Zambaldi Lima Suzuki, por sua dedicação, paciência e valiosas orientações ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso. Sua habilidade, conhecimento e direcionamento foram fundamentais para a realização desta pesquisa de forma rigorosa e consistente.

RESUMO

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) desempenham um papel essencial na proteção ambiental e na promoção da saúde pública, reduzindo a poluição hídrica e do solo, preservando ecossistemas e prevenindo doenças. No entanto, sua implantação e operação podem gerar incômodos como ruídos e odores e impactos ambientais associados à construção e ao funcionamento. Este estudo analisou os documentos referentes à construção da ETE do município de Bambuí, obra iniciada e ainda não concluída, com o objetivo de avaliar seus impactos ambientais e sociais, bem como a percepção da população sobre o empreendimento. A pesquisa de percepção social, aplicada a 98 moradores, mostrou que a maioria desconhece o destino do esgoto doméstico (55,1%), embora reconheça a importância da conclusão da ETE e seus benefícios ambientais e sanitários. Os participantes citaram problemas locais, como esgoto a céu aberto, mau cheiro e descarte irregular em corpos hídricos, reforçando a urgência de melhorias no saneamento básico. A comunicação da prefeitura foi avaliada como fraca ou muito fraca pela maior parte dos entrevistados, e as principais preocupações quanto à futura operação da ETE envolveram odores, presença de insetos e potenciais impactos ambientais. A avaliação dos impactos ambientais abrangeu as fases de construção e operação, identificando efeitos negativos, como supressão vegetal, movimentação de terra, emissões atmosféricas, ruídos, geração de resíduos e riscos operacionais, e efeitos positivos, como melhoria da qualidade da água, valorização imobiliária e benefícios à saúde pública. Foram propostas medidas mitigadoras e ações para potencializar resultados positivos, incluindo educação ambiental, maior transparência na gestão, parcerias acadêmicas e o reaproveitamento de subprodutos. Conclui-se que a ETE de Bambuí é ambientalmente sustentável, tecnicamente viável e socialmente necessária, desde que acompanhada por uma gestão ambiental integrada, fiscalização contínua e participação comunitária. Trata-se de uma infraestrutura essencial para o desenvolvimento sustentável do município.

Palavras-chave: Saneamento básico. Estação de tratamento de esgoto. Impacto ambiental. Sustentabilidade. Gestão pública.

ABSTRACT

Wastewater Treatment Plants (WWTPs) play an essential role in environmental protection and the promotion of public health, reducing water and soil pollution, preserving ecosystems, and preventing diseases. However, their implementation and operation can generate inconveniences such as noise and odors, and environmental impacts associated with construction and operation. This study analyzed documents related to the construction of the WWTP in the municipality of Bambuí, a project that has been started but not yet completed, with the aim of evaluating its environmental and social impacts, as well as the population's perception of the undertaking. The social perception survey, applied to 98 residents, showed that the majority are unaware of the destination of domestic sewage (55.1%), although they recognize the importance of completing the WWTP and its environmental and sanitary benefits. Participants cited local problems such as open sewers, bad smells, and irregular disposal into water bodies, reinforcing the urgency of improvements in basic sanitation. The municipality's communication was rated as weak or very weak by most respondents, and the main concerns regarding the future operation of the wastewater treatment plant involved odors, the presence of insects, and potential environmental impacts. The environmental impact assessment covered the construction and operation phases, identifying negative effects such as vegetation suppression, earthmoving, atmospheric emissions, noise, waste generation, and operational risks, as well as positive effects such as improved water quality, increased property values, and benefits to public health. Mitigation measures and actions to enhance positive results were proposed, including environmental education, greater transparency in management, academic partnerships, and the reuse of byproducts. It is concluded that the Bambuí wastewater treatment plant is environmentally sustainable, technically feasible, and socially necessary, provided it is accompanied by integrated environmental management, continuous monitoring, and community participation. It is an essential infrastructure for the sustainable development of the municipality.

Keywords: Basic sanitation. Wastewater treatment plant. Environmental impact. Sustainability. Public management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Poço de Sucção EEF e Tratamento Preliminar e Reatores Anaeróbios.....	39
Figura 2: Outras Estruturas da ETE de Bambuí.....	40
Figura 3: Matriz de Leopold: Matriz de Impactos Ambientais e Sociais durante a Fase de Construção da ETE.....	56
Figura 4: Matriz de Impactos Ambientais e Sociais durante a Fase de Operação da ETE....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Impactos Ambientais e Medidas Mitigadoras para a Construção e Operação da ETE.....	610
Tabela 2: Impactos Ambientais Positivos e Sua Potencialização	622

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Você sabe para onde vão os esgotos das casas de Bambuí?.....	46
Gráfico 2 – Você sabe o que uma ETE pode trazer de benefício para a população?.....	47
Gráfico 3 – Quais benefícios você acha que uma ETE poderá trazer para a população de Bambuí?	47
Gráfico 4 – Quais benefícios para o meio ambiente uma ETE poderá proporcionar?.....	48
Gráfico 5 – Como você avalia a comunicação da prefeitura sobre o andamento das obras da ETE?	
Gráfico 6 – Você se sente seguro em relação ao tratamento de esgoto na sua área?.....	50
Gráfico 7 – Quando a ETE começar a funcionar, qual é o seu maior incômodo ou preocupação?.....	52

SUMÁRIO

1.	
INTRODUÇÃO.....	
.....	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Saneamento Básico	17
3.2 Importância da implantação de ETEs	18
3.3 Tipos de esgotos	19
3.4 Processos de tratamento.....	21
3.5 Parâmetros de qualidade exigidos	23
3.6 Resíduos Gerados	24
3.7 Impactos Causados	25
3.8 Avaliação de Impactos Ambientais	28
3.8.1 Potencial de impactos: solicitações impostas pela ação do projeto e vulnerabilidade do meio	30
3.9 Histórico	31
4 METODOLOGIA.....	33
4.1 Área de Estudo.....	33
4.2 Métodos	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
5.1.1 Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto no município de Bambuí.....	37
5.1.2 Estudo de Alternativas	42
5.1.4 Alternativa I - Reatores Anaeróbios seguidos de Lagoa de Polimento.....	43
5.1.5 Alternativa II - Reatores Anaeróbios seguidos de Filtro Biológico Percolador e Decantador Secundário	43
5.1.6 Análise Comparativa dos Custos - Alternativa I x Alternativa II.....	44
5.1.7 Síntese das conclusões da análise comparativa das alternativas	44
5.2 Resultado e discussão do questionário.....	46
5.3 Estudo dos Impactos Ambientais	52

5.3.1 Matriz de Leopold.....	54
5.3.2 Avaliação dos impactos ambientais causados pela construção e operação da ETE	59
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
APÊNDICES	71
APÊNDICE A- Folder explicativo sobre a Importância da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para a Comunidade de Bambuí	71
APÊNDICE B - Questionário com os moradores do entorno da ETE	72

1. INTRODUÇÃO

Mesmo nos dias de hoje, uma das melhores formas de prevenir doenças em uma população é a implantação de um saneamento básico de qualidade. Segundo a Organização Mundial da Saúde, o saneamento é uma função essencial da saúde e do desenvolvimento humano, e as diretrizes de saúde e saneamento da organização são fundamentais para garantir saúde e bem-estar para todos, em todos os lugares. De acordo com o Trata Brasil (2022), o saneamento básico, além de ser um direito garantido pela Constituição, é uma ferramenta estratégica essencial para o desenvolvimento da qualidade de vida no País. Soma-se a isso o fato de ser essencial para a saúde das pessoas e vital para a sustentabilidade dos nossos rios, que, atualmente, sofrem com toneladas de dejetos despejados em suas águas todos os dias.

No estado de Minas Gerais, 4.890.777 de pessoas não possuíam coleta de esgoto, o que corresponde a cerca de 23,8% da população. São 570.511,19 m³ de esgoto não tratado, cerca de 43,7% do índice de esgoto tratado referente à água consumida. No que diz respeito a doenças por veiculação hídrica, foram registradas 11.439 internações totais e 215 óbitos (Trata Brasil, 2022).

O esgoto doméstico é composto por toda a água e resíduos provenientes de residências, comércios, empresas, escolas e outros estabelecimentos que não possuem sistema próprio de tratamento. Infelizmente, a maior parte dele não é tratada e acaba sendo depositada em rios e mares (Sanesul, 2024). No Brasil, 49% do esgoto são coletados pelas redes de tratamento, mas somente 10% de todo o esgoto produzido são, de fato, tratados.

Diante dos dados, tornam-se fundamentais a coleta e o tratamento adequados dos esgotos. A falta desse cuidado não apenas favorece a disseminação de doenças, mas também provoca a contaminação de rios, lagos e mares por excesso de sedimentos e resíduos, reduzindo o número de nascentes e comprometendo os lençóis freáticos com microrganismos patogênicos. Uma das principais soluções para esse problema é a implantação de Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) (FARTO *et al.*, 2021).

Os contaminantes de preocupação emergente são uma realidade presente em águas do território brasileiro, podendo ocorrer um decréscimo em suas concentrações ao longo da seguinte sequência de ambientes aquáticos: esgoto bruto, esgoto tratado, águas superficiais (rios) e águas de abastecimento público (ETA). As concentrações de CPEs mais baixas encontradas nos efluentes das ETEs, em relação aos esgotos brutos, sugerem que as estações de tratamento de esgotos utilizadas no Brasil apresentam alguma eficiência de remoção para estes compostos, embora de magnitude reduzida. Para melhoria do cenário dos CPEs em águas

superficiais e de ETAs, um aumento no percentual de esgoto tratado no Brasil é essencial (FARTO *et al.*, 2021).

A ETE é um local projetado para receber água poluída e tratá-la, de modo que possa ser reutilizada ou devolvida à natureza. Os métodos utilizados nas ETE variam de acordo com a demanda de cada local e com cada tipo de material a ser tratado. Para poder funcionar, é necessário atender à legislação, em que há aplicação de multas em caso de descartes irregulares no meio ambiente. O descarte incorreto ou processamento incorreto pelas ETEs resulta em impacto negativo associado à poluição e contaminação hídricas, dos solos e da biodiversidade.

Entretanto, o processo de construção e funcionamento de uma ETE também pode estar associado a impactos ambientais e sociais positivos e negativos. É fundamental que as políticas públicas de saneamento básico sejam integradas a outras ações de saúde pública, educação e preservação ambiental. Somente assim, é possível alcançar resultados efetivos na melhoria da qualidade de vida da população e na promoção do desenvolvimento sustentável (RODRIGUES; KITZMANN, 2025)

Segundo Rodrigues e Kitmann (2025), promover a Educação Ambiental, investir em saneamento básico e conscientizar sobre a crise climática são passos cruciais para um futuro mais saudável e sustentável para todas as pessoas e, particularmente, para as crianças e adolescentes, por meio de uma educação inclusiva, transformadora e com consciência crítica, que considera as desigualdades sociais, visando à justiça climática.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve como objetivo geral avaliar o impacto ambiental e social da implantação da ETE em uma cidade no interior de Minas Gerais e elaborar um material explicativo para a população, destacando as vantagens da implantação da ETE. Para isso, foi desenvolvido um folder explicativo sobre a importância da Estação de Tratamento de Esgoto para a comunidade de Bambuí, o qual pode ser encontrado no Apêndice A.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar e analisar os impactos ambientais já descritos da construção da ETE em Bambuí;
- Analisar e quantificar os impactos ambientais negativos e positivos da implantação e operação da ETE;
- Analisar os impactos sociais positivos e negativos da implantação e operação da ETE;
- Listar as vantagens e desvantagens, em uma linguagem e material de acesso mais fácil, à população do município e região onde será implantada a ETE;
- Analisar os riscos ambientais presentes no processo de tratamento de esgoto.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Saneamento Básico

O saneamento é um dos meios mais importantes de prevenção de doenças. O saneamento do ambiente refere-se a um conjunto operacional da Saúde Ambiental, na qual se englobam as ações isoladas ou em conjunto que se destinam a assegurar a saúde no contexto ambiental (Silva, 2005). O saneamento básico está intimamente ligado ao conjunto de soluções que favorecem a saúde humana, a prevenção de doenças e a melhora na qualidade de vida de toda uma população. A ausência de condições adequadas de saneamento, juntamente com a falta de práticas de educação sanitária no país, reflete diretamente na saúde da população. Segundo a Organização das Nações Unidas, a ONU (1946), 40% da população mundial ainda não têm acesso a instalações sanitárias, sendo que os países em desenvolvimento acabam sendo os mais afetados (ALMEIDA JUNIOR; ALMEIDA; SILVA, 2017).

No Brasil, o saneamento básico apresenta um imenso déficit, principalmente em relação à coleta e ao tratamento dos efluentes. Apesar de o abastecimento de água estar presente em cerca de 99% dos municípios brasileiros, os baixos índices caracterizam a coleta de esgoto sanitário em cerca de 55% deles, e o tratamento de esgotos sanitários, em apenas 28% dos municípios do País (IBGE, 2010).

O Brasil enfrenta um significativo déficit sanitário, sendo que as cidades afastadas dos grandes centros urbanos são ainda mais prejudicadas, devido à falta de controle e fiscalização. Esse descaso traz consequências diretas para o meio ambiente, que recebe de maneira inadequada o esgoto da cidade. Além das consequências ambientais, ainda existem as consequências sociais (ALMEIDA JÚNIOR; ALMEIDA; SILVA, 2017).

Conforme estabelecido na Lei n.º 11.445, de 5 de janeiro de 2007, um dos princípios fundamentais do saneamento básico é o reconhecimento do direito de todos os cidadãos ao acesso ao abastecimento de água de qualidade, pois o acesso à água potável deve ser garantido em quantidade e qualidade suficiente para atender plenamente às necessidades da população. Além disso, a mesma lei assegura o direito à coleta e tratamento adequado do esgoto sanitário, bem como a destinação final ambientalmente correta dos resíduos sólidos. Essas obrigações do poder público visam promover a salubridade ambiental e proteger a saúde pública.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) destaca o saneamento como um dos meios mais relevantes para a prevenção de doenças. De acordo com essa instituição, o saneamento pode ser descrito como “o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o seu bem-estar físico, mental ou social” (MOTTA, 1993).

Essa definição apresentada pela OMS revela a abrangência e a importância do saneamento básico, indo muito além da simples provisão de água tratada e coleta de esgoto, pois compreende o controle de diversos fatores ambientais que podem impactar direta ou indiretamente a saúde e o bem-estar da população.

Como aponta Viel (1994), o saneamento básico pode ser compreendido como um conjunto de medidas implementadas com o objetivo de modificar as condições ambientais, visando prevenir doenças e promover a saúde pública. Essa abordagem mostra-se fundamental para a garantia da qualidade de vida da população, por meio da oferta de serviços essenciais, tais como o abastecimento de água tratada, a destinação adequada de águas residuárias, a implantação de sistemas de esgotamento sanitário, o manejo apropriado de resíduos sólidos, bem como o controle de animais e vetores de doenças.

Todas as ações devem estar alinhadas a um objetivo comum: evitar a transmissão de doenças por meio da ingestão de água ou alimentos contaminados (VIEL, 1994). Nesse sentido, o saneamento básico desempenha um papel crucial na redução da morbimortalidade, especialmente de doenças de veiculação hídrica, como diarreia, esquistossomose, cólera, hepatite A, entre outras.

Além disso, é importante frisar que a destinação adequada dos esgotos também exerce um impacto significativo na redução da mortalidade infantil. A falta de prioridade nos investimentos em saneamento básico, especialmente no que se refere à coleta e tratamento de esgotos, revela-se como um dos principais fatores responsáveis pelos alarmantes indicadores de saúde pública, como a elevada mortalidade infantil. Superar esse desafio deve ser uma das principais metas das políticas públicas, a fim de garantir o direito fundamental da população a condições dignas de saneamento.

3.2 Importância da implantação de ETEs

Com a vinda da família real portuguesa para o Brasil, em 1808, houve um importante avanço nos serviços de saneamento no país. O Brasil foi pioneiro na implantação de redes de coleta para o escoamento das águas pluviais, porém essa infraestrutura beneficiava apenas a região onde a aristocracia estava estabelecida, no Rio de Janeiro (MARICATO, 2001). Entre 1830 e 1840, surgiram graves surtos de febre tifoide e cólera, o que impulsionou a realização de obras de saneamento básico para o controle dessas epidemias. Essa iniciativa demonstrava a preocupação das autoridades em melhorar as condições de saúde pública no país.

Após o fim da escravidão, em 1888, houve a necessidade de encontrar novas soluções para o transporte de água e dejetos, o que fomentou o desenvolvimento da tecnologia de saneamento básico no Brasil. No entanto, a rápida expansão industrial e urbana trouxe consigo o aumento da poluição das águas, processo que se agravou com o passar do tempo.

Conforme ressalta Fernandes (1997), "o bom funcionamento dos serviços de saneamento básico implica em uma melhoria significativa nas condições de higiene, saúde, segurança e conforto da população". Ou seja, a implantação de ETEs é fundamental para o desenvolvimento sustentável e a promoção da qualidade de vida nas comunidades.

As ETEs desempenham um papel crucial no tratamento dos efluentes, reduzindo a carga de poluentes lançados nos corpos d'água e mitigando os impactos ambientais. Sua implantação contribui para a preservação dos recursos hídricos, a melhoria da saúde pública e o bem-estar da população.

Portanto, a implantação de ETEs deve ser encarada como uma prioridade no âmbito das políticas públicas de saneamento, uma vez que sua existência é indispensável para a promoção da saúde, do bem-estar e da qualidade de vida da população. Investir nessa infraestrutura é fundamental para o desenvolvimento sustentável e a construção de comunidades mais saudáveis e resilientes, como é o caso do município de Bambuí.

3.3 Tipos de esgotos

Os sistemas de esgotamento sanitário são comumente classificados em dois grupos principais: os esgotos domésticos e os industriais. Os esgotos domésticos são compostos principalmente por efluentes provenientes de residências, estabelecimentos comerciais, instituições e outras edificações que possuem instalações sanitárias, lavanderia, cozinha ou quaisquer dispositivos que utilizam água para fins domésticos. São formados essencialmente por água de banho, urina, fezes, papel, restos de alimentos, sabão, detergentes, água de lavagem e uma parcela de águas pluviais, de infiltração e, eventualmente, uma pequena porção de despejos industriais (JORDÃO, 1995).

Por outro lado, os esgotos industriais são extremamente diversos, oriundos de qualquer uso da água para fins industriais, e adquirem características específicas de acordo com o processo industrial empregado. Dessa forma, cada indústria deve ser analisada separadamente, uma vez que seus efluentes podem diferir mesmo em processos industriais similares (JORDÃO, 1995).

Do ponto de vista do tratamento, os esgotos industriais, de maneira geral, são tratados em estações de tratamento de efluentes dentro da própria indústria geradora ou, em alguns casos, são encaminhados para empresas especializadas. Somente após atingirem os padrões aceitáveis pela legislação, esses efluentes podem ser descartados. Já o tratamento dos esgotos domésticos é realizado por empresas (privadas, públicas ou estatais) conveniadas com as prefeituras (LA ROVERE *et al.*, 2002).

Independentemente do tipo de esgoto, uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) pode ser definida como uma unidade ou estrutura projetada com o objetivo de tratar esgotos, na qual o ser humano, por meio de processos físicos e/ou biológicos, simula ou intensifica as condições de autodepuração que ocorrem naturalmente, porém dentro de uma área delimitada, onde supervisiona e exerce algum controle sobre os processos de depuração antes de devolver o efluente tratado ao meio ambiente (LA ROVERE *et al.*, 2002).

Sperling (1996) afirma que a estação de tratamento de esgoto deve ser entendida como uma indústria, transformando uma matéria-prima (esgoto bruto) em um produto final (esgoto tratado). Portanto, os mesmos cuidados com a otimização e a qualidade dos serviços das indústrias modernas devem estar presentes nessa indústria de tratamento de esgotos. O principal produto de uma ETE é o efluente tratado, que pode ser utilizado como insumo, seja para uso industrial, irrigação de culturas, recarga de aquíferos ou restauração da vazão de rios, além de cumprir seu papel de sanear o ambiente (LA ROVERE *et al.*, 2002).

Segundo Tian *et al.* (2022), apesar da grande importância do tratamento dos esgotos, sejam eles domésticos ou industriais, dentro do contexto do saneamento, as ETEs podem ser consideradas grandes fontes de poluição. Essas unidades consomem elevadas quantidades de água e energia, geram descartes líquidos, liberam diversos gases nocivos para a atmosfera e produzem resíduos sólidos de complexos tratamento e disposição. Em decorrência desses fatores, as ETEs podem se transformar em um significativo problema para o meio ambiente, pois possuem potencial para impactá-lo em diversos níveis: ar, água e solo.

Portanto, é fundamental a integração da variável ambiental no planejamento, na concepção e, principalmente, na operação das ETEs. A questão da poluição, não apenas aquela provocada pelas próprias ETEs, mas a gerada pela indústria de forma geral, constitui tanto um problema quanto um desafio a serem enfrentados pela gestão das empresas.

3.4 Processos de tratamento

O tratamento adequado dos efluentes, sejam eles domésticos ou industriais, é fundamental para a promoção do saneamento básico e a preservação do meio ambiente. Para alcançar esse objetivo, uma ampla gama de processos físicos, químicos e biológicos é empregada nas Estações de Tratamento de Esgoto (MONTSORIU, 1985).

Todos os contaminantes presentes nas águas residuárias podem ser eliminados por meio de métodos físicos, químicos e biológicos, ou pela combinação destes (Montsoriu, 1985). Esses processos de tratamento, apesar de serem individuais, são normalmente classificados em operações físicas, químicas e biológicas unitárias. No entanto, em um processo de tratamento completo, utilizam-se todos esses métodos em conjunto.

O processo de tratamento de esgotos, geralmente, é dividido em etapas que visam à remoção gradual dos poluentes e contaminantes presentes nos efluentes. Essas etapas incluem os tratamentos: preliminar, primário, secundário e terciário (OLIVEIRA, 2006).

O tratamento preliminar destina-se à preparação das águas de esgotos para uma disposição ou tratamento subsequente, sendo responsável pela remoção de sólidos grosseiros, areia e materiais flutuantes. Suas principais unidades são grades ou peneiras e caixas de areia ou desarenadores, preparando o esgoto bruto para as fases posteriores do tratamento (MOTA, 2000).

As grades são constituídas por barras paralelas e igualmente espaçadas que visam reter sólidos grosseiros em suspensão e corpos flutuantes. Normalmente, são divididas em grades grossas, médias e finas, de acordo com a distância entre as barras (PESSOA e JORDÃO, 2009). A remoção dos resíduos sólidos por meio das grades e peneiras é realizada na primeira unidade de uma estação de tratamento de esgoto, evitando que esses materiais causem danos às bombas, válvulas e outros equipamentos, além de prevenir obstruções e a passagem de sólidos grosseiros para o corpo receptor (SPERLING, 2005).

Nos desarenadores, caixas de areia ou caixas de areia aeradas, utilizados nas grandes ETEs, ocorre a remoção da areia por sedimentação. Os grãos de areia, por terem dimensões e densidade maiores, vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica, de sedimentação mais lenta, permanece em suspensão, seguindo para as próximas unidades. Assim como as grades e peneiras, as caixas de areia são utilizadas com o objetivo de proteger bombas e tubulações contra abrasão e entupimento, além de evitar que as areias se acumulem nos sistemas de tratamento (PESSOA e JORDÃO, 2009).

No tratamento primário, ocorre a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis, formados, principalmente, pelos decantadores primários ou processos físico-químicos. Essa etapa é essencial para reduzir a carga orgânica e a demanda por oxigênio no tratamento biológico (SPERLING, 2005).

Os decantadores primários são projetados com o objetivo de promover uma baixa velocidade de escoamento do efluente, favorecendo, assim, a decantação e a sedimentação das partículas sólidas. Essa remoção de sólidos por sedimentação é considerada uma operação mais simples e de menor custo quando comparada aos processos empregados no tratamento secundário. Por essa razão, os decantadores primários devem estar localizados antes da etapa de tratamento biológico (PESSOA; JORDÃO, 2009). Dessa forma, o tratamento primário desempenha um papel crucial na preparação do efluente para as etapas subsequentes do tratamento, ao remover uma parcela significativa dos sólidos em suspensão e, conseqüentemente, reduzir a carga orgânica a ser tratada biologicamente nos processos posteriores.

O tratamento secundário tem como principal função a remoção de matéria orgânica dissolvida que não foi extraída nos processos físicos. Apresentam tratamento biológico: filtração biológica, processos aeróbios ou anaeróbios, lodos ativados e reatores anaeróbios (SPERLING, 2005).

Nos sistemas de filtração biológica, o efluente é distribuído na parte superior do leito filtrante por meio de braços rotativos. O efluente tratado sai pela camada inferior de drenos, juntamente com os sólidos biológicos. O material orgânico presente no efluente fica retido na população de microrganismos fixada no meio filtrante, permanecendo tempo suficiente para sua estabilização. O filtro biológico é considerado um sistema aeróbio, pois o ar circula pelos espaços vazios do leito, fornecendo oxigênio necessário para a sobrevivência dos microrganismos (SPERLING, 2005). Uma vantagem desse sistema é que o lodo excedente já se encontra estabilizado, não necessitando passar por biodigestores, podendo ser encaminhado diretamente para desidratação. Outra vantagem é o baixo consumo de energia elétrica. Como desvantagens, podem-se citar a necessidade de grandes áreas e a menor capacidade de ajuste a variações na composição do afluente (SPERLING, 2005).

O processo de degradação anaeróbia converte a matéria orgânica em gás carbônico, metano, água e biomassa. Nesse método, a produção de biomassa é significativamente menor quando comparada aos processos aeróbios, pois a taxa de crescimento dos microrganismos anaeróbios é mais baixa. Dessa forma, a energia potencial do resíduo é dividida entre a biomassa gerada e a produção de metano, um combustível renovável (CETESB, 2006).

O processo de lodos ativados, por sua vez, utiliza uma cultura mista de bactérias aeróbias mantida em suspensão em um tanque de aeração. Nesse sistema, a matéria orgânica presente no efluente é oxidada pelos microrganismos, sendo convertida em dióxido de carbono, água e nova biomassa celular. O lodo ativado é, então, recirculado para o início do processo, permitindo a manutenção da concentração adequada de microrganismos no sistema. Uma das principais vantagens dos lodos ativados é a sua elevada eficiência na remoção de matéria orgânica, tornando-o um dos processos biológicos mais amplamente utilizados no tratamento de efluentes (MIGUEL *et al.*, 2004).

O tratamento terciário pode ser empregado para remover nutrientes, organismos patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensão remanescentes. A remoção de nutrientes por processos biológicos e a remoção de patogênicos podem ser consideradas integrantes do tratamento secundário, dependendo da concepção de tratamento local. Embora os tratamentos terciários sejam mais raros no Brasil, são mais caros que os demais, por utilizarem produtos químicos e técnicas mais avançadas (VON SPERLING, 1996).

3.5 Parâmetros de qualidade exigidos

Lins (2010) diz que o conhecimento sobre os parâmetros dos esgotos sanitários fornece um diagnóstico da capacidade máxima do impacto ambiental que poderia ser causado caso fossem lançados ao meio ambiente sem nenhum tratamento. É por isso que existe a legislação ambiental, a qual determina a quantidade que pode ser depositada na natureza sem causar danos maiores ao meio.

Sobre os parâmetros de qualidade, a Copasa (2024) diz que:

Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água, e apenas 0,1% de sólidos. É devido a essa fração de 0,1% de sólidos que ocorrem os problemas de poluição das águas. As características dos esgotos gerados por uma comunidade são em função dos usos a que a água foi submetida. Esses usos, e a forma com que são exercidos, variam com o clima, os hábitos, a situação social e econômica da população. As características físicas dos esgotos podem ser interpretadas pela obtenção das grandezas correspondentes a matéria sólida, temperatura, odor, cor e turbidez. As características químicas podem ser classificadas em dois grandes grupos: matéria orgânica e inorgânica. Os principais parâmetros utilizados são: pH, DBO, DQO, Nitrogênio e Fósforo. As características biológicas dos esgotos são de grande importância no controle da poluição e tratamento dos esgotos. Os principais organismos encontrados nos rios e esgotos são: as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus, as algas e grupos de plantas e de animais. O organismo mais utilizado como indicador de poluição é do grupo das bactérias coliformes (COPASA,2024).

3.6 Resíduos Gerados

Segundo o Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR, 2024), os Resíduos dos Serviços de Saneamento Básico (RSB) são todos aqueles originados no abastecimento de água potável, no esgotamento sanitário e na drenagem e manejo das águas pluviais. Alguns desses resíduos, como os lodos, podem apresentar grande potencial de poluição e contaminação dos recursos naturais caso não sejam gerenciados corretamente. Estima-se que a geração anual desse tipo de resíduos, no Brasil, seja de 81 milhões de toneladas, em que 78 milhões de toneladas são referentes aos lodos gerados em estações de tratamento de água (ETA), e 3 milhões de toneladas, resíduos sólidos grosseiros e lodos de estações de tratamento de esgoto (ETE).

Jordão & Pessoa (2005) revelam que a quantidade e a qualidade do material retido nas unidades de retenção de resíduos grosseiros dependem da educação sanitária da população atendida pelo sistema de esgotamento sanitário, que, no geral, destina às instalações hidráulico-sanitárias materiais que não deveriam ser lançados. Outro fator que interfere na presença de resíduos sólidos grosseiros é a presença de águas pluviais na rede de esgotos sanitários, o que, geralmente, aumenta a presença desses materiais típicos nas unidades operacionais.

O SINIR (2024) divide os resíduos em duas classificações: sólidos grosseiros e lodo. Dentro dos sólidos grosseiros, os resíduos variam bastante conforme a qualidade do esgoto, a educação ambiental da população e também devido a outras formas de tratamento do lixo urbano e industrial. O resíduo sólido pode ser fecal, matéria orgânica e inorgânica.

3.7 Impactos Causados

Pimpão (2011) afirma que, apesar de seu principal objetivo ser considerado um impacto positivo, é importante ressaltar que os processos utilizados em uma estação de tratamento de esgoto (ETE) podem causar impactos negativos ao ambiente; por isso, a importância da realização de uma gestão adequada, tornando-a mais eficiente e eficaz, com uma maior tendência de ser valorizada pela sociedade.

Segundo Ramos (2004, p. 10), a aplicação de um sistema de gestão ambiental (SGA) a uma ETE visa, por meio do estabelecimento de políticas, objetivos e metas, a equalização de questões de redução, reutilização e recuperação, passando a ser fatores decisivos em todo o processo.

Ramos (2004), ao concluir seu estudo sobre SGA em uma ETE em Salesópolis/SP, afirma que é preciso estabelecer novos paradigmas e que haja uma mudança da visão de setor para uma visão mais abrangente:

(...) onde diversos aspectos do esgotamento sanitário devem ser analisados, tais como: a utilização racional da água; a ocupação e o uso adequado do solo; a observância, manutenção e melhoria da capacidade de depuração dos corpos receptores; a promoção de educação ambiental para o efetivo envolvimento da comunidade; a capacitação dos recursos humanos; o aprimoramento dos sistemas de tratamento de esgoto existentes e o desenvolvimento de novos processos.

Souza & Salvador (1997) apud Brostel & Souza (2005) relacionaram alguns impactos sociais das ETEs nas fases de implantação e operação. Como impactos positivos, têm-se a geração de empregos, alteração nos índices de saúde pública, melhoria na qualidade de vida, melhoria na qualidade ambiental e produção de peixes; em relação aos impactos negativos, destacam-se a geração de ruídos e de material particulado, o aumento do tráfego de veículos, a desvalorização dos imóveis ao redor do empreendimento, a desvalorização imobiliária em geral, a proliferação de odores, o aumento das tarifas dos serviços de saneamento, a proliferação de insetos e a formação de aerossóis.

Segundo Tera Ambiental (2021), o lançamento de efluentes líquidos não tratados, provenientes das indústrias e esgotos sanitários, em rios, lagos e córregos provoca um sério

desequilíbrio no ecossistema aquático. O esgoto doméstico, por exemplo, consome oxigênio em seu processo de decomposição, causando a mortandade de peixes. Os nutrientes (fósforo e nitrogênio) presentes nesses despejos, quando em altas concentrações, ainda causam a proliferação excessiva de algas, o que também desequilibra o ecossistema local, chamado de eutrofização. Os poluentes químicos presentes em agrotóxicos e metais também provocam um efeito tóxico em animais e plantas aquáticas, podendo se acumular em seus organismos. Outro efluente que afeta esses modos de vida são as águas anteriormente utilizadas em sistemas de refrigeração, que ocasionam a chamada poluição térmica. Este efluente, quando despejado no rio, acarreta o aumento da temperatura da água, diminuindo a concentração de oxigênio e impactando os organismos do meio.

Seibet (2023) completa, dizendo:

A poluição de rios não é causada somente pelo despejo incorreto de esgoto em corpos hídricos. Para começo de conversa devemos salientar que a poluição dos rios não ocorre somente em função do despejo de esgoto em seu fluxo. É considerada poluição toda ação que altera as características físicas, químicas e biológicas de um rio que podem gerar desequilíbrios ambientais e sanitários. Desse modo, depositar lixo nos rios também pode causar problemas para sua sobrevivência. Sem nos alongar muito, a deposição de lixo pode causar o assoreamento, ou seja, a diminuição da profundidade do rio, devido a maior presença de sólidos. Também é considerada poluição o despejo de substâncias tóxicas no rio. Essa ação é muito motivada pela mineração. É muito comum, nessa parte, lembrar das aulas de história em que um dos artifícios para se encontrar ouro era a utilização de mercúrio. Porém, para além da ação dos garimpeiros também podemos adicionar o agronegócio, setor que se baseia na monocultura muito dependente de agrotóxicos. Os pesticidas utilizados na lavoura podem escoar para os rios em função das chuvas, ou de seu uso incorreto, contaminando os lençóis subterrâneos e as águas superficiais. Nas duas ações citadas acima a vida de peixes e outros animais que bebem da água do rio são comprometidas pela poluição. Entretanto, o aumento da vida nos rios também pode gerar problemas. Continue a leitura e entenda as consequências de se despejar esgoto em rios (SEIBET,2023).

O gerenciamento do lodo de esgoto proveniente de estações de tratamento é uma atividade de grande complexidade e alto custo que, se mal executada, pode comprometer os benefícios ambientais e sanitários esperados nesses sistemas. Dentre as várias opções de destinação final do lodo de esgoto sanitário (LES) gerado, destacam-se os aterros sanitários, sua incineração ou disposição em áreas agrícolas ou na recuperação de áreas degradadas (ANDREOLI *et al.*, 2014).

Em razão da expansão do saneamento básico e da melhoria dos processos de tratamento de esgoto no Brasil, houve consequente aumento na geração de lodo de esgoto sanitário, de modo que as empresas de saneamento enfrentam o desafio de destinar adequadamente esse resíduo (BITTENCOURT *et al.*, 2017). Ressalta-se, então, a importância de se pensar e planejar alternativas sustentáveis para destinação desse subproduto.

Complementando o assunto, Tera Ambiental(2021) afirma que:

De caráter complexo, o tratamento do lodo tem basicamente dois objetivos: a redução de volume e a estabilização de matéria orgânica. Todos os sistemas de tratamento de esgotos geram resíduos: espuma, material gradeado, areia, lodo primário e lodo secundário. A disposição desses subprodutos depende do teor de sólidos presente nos resíduos, já o material gradeado, a espuma e a areia devem seguir para disposição final em aterro sanitário. Por sua vez, os lodos primários e secundários necessitam de tratamento antes da disposição final. É a resolução 375, de 30 de agosto de 2006, do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) que define os critérios a serem seguidos para a utilização do lodo. Os tipos de tratamento são baseados em consonância com o objetivo pretendido, mas estão divididos em adensamento, estabilização, desaguamento, secagem térmica e incineração. Vale ressaltar que a destinação final dos resíduos dos sistemas de tratamento de esgoto e água (como é o caso do lodo) é um verdadeiro desafio para os países, tanto do ponto de vista técnico quanto do econômico. O processo, segundo o Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (Prosab) é complexo, além de representar 20% a 60% dos custos de operação de uma ETA/ETE (estação de tratamento de água ou de esgoto). Retomando a informação da introdução, como apenas cerca de 40% do esgoto produzido no país recebe o correto tratamento, as perspectivas de aumento na geração lodo são ainda maiores, o que agrava a problemática.

Os principais métodos de tratamento para o lodo são, segundo Tera Ambiental (2021):

- Compostagem: processo natural de tratamento de resíduos orgânicos por meio da atividade de microrganismos aeróbios presentes nos próprios resíduos;
- Digestão anaeróbia: tratamento por decomposição que gera biogás, sendo que as sobras de resíduos sólidos podem ser tratadas para formar composto orgânico;
- Digestão aeróbia: modalidade para pequenas instalações, em que as bactérias aeróbias sofrem fermentação, transformando-se em acetato, que irá produzir metano;
- Incineração: os resíduos são queimados a uma temperatura de 1200 °C durante o processo, reduzindo o volume e aproveitando a produção de calor e energia.

Todas essas formas de destinação apontam para caminhos diferenciados em relação à destinação do lodo para os aterros sanitários. Com os avanços da tecnologia ambiental e a atual oferta de soluções compatíveis com a complexidade exigida pelo tratamento do lodo, é possível reverter o quadro de prejuízo ambiental e promover o reaproveitamento e a revalorização do resíduo, que passa a ser visto como subproduto útil e economicamente viável.

Outro impacto causado é a produção de odor. O site Portal Tratamento de Água, em 2016, afirmou que os odores oriundos de estações de tratamento normalmente lembram cheiro de ovo podre, amônia entre outros. O odor pode ser descrito como terroso ou orgânico.

Num geral, os odores nas estações de tratamento se originam da decomposição anaeróbica de compostos orgânicos. Um subproduto natural desse processo é o sulfeto de hidrogênio (H₂S), o que ocasiona um cheiro forte e pode causar náuseas. Como esse elemento tem baixa solubilidade em água industrial, ele é liberado para atmosfera, produzindo um odor forte que pode trazer problemas de saúde. Os compostos conhecidos como Aminas e Mercaptanos também são causadores de odor, pois contêm enxofre ou azoto, que são notados pelo nariz humano mesmo em baixas concentrações.

A grande maioria dos microrganismos presentes no esgoto é proveniente da microbiota do intestino humano, incluindo patógenos. Os microrganismos patogênicos são classificados em bactérias, vírus, protozoários e vermes. Estes são os principais causadores de doenças transmitidas via água.

De acordo com Sirius Biotecnologia Jr. (2023), dentre as bactérias, temos os coliformes, os quais são indicadores de contaminação em alimentos e água. Seu alto potencial patogênico representa riscos à saúde humana, levando a infecções gastrointestinais graves. Sua análise é essencial para verificar possíveis focos de contaminação, garantindo a segurança alimentar e dos recursos hídricos.

3.8 Avaliação de Impactos Ambientais

Segundo MILARÉ (2000), no ordenamento jurídico brasileiro, a avaliação de impacto ambiental (AIA) é enxergada ora como instrumento de planejamento e gestão, ora como um procedimento associado a alguma forma de processo decisório, como o licenciamento ambiental. Estas duas dimensões são, na verdade, indissociáveis e, no conjunto, têm por objetivo analisar a viabilidade ambiental de um projeto, programa ou plano.

A norma NBR ISO 14001 define impactos ambientais como qualquer modificação realizada no meio ambiente, negativa ou positiva, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização.

De acordo com a ONG Trilho Ambiental (2024), o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é um conjunto de políticas, procedimentos e práticas de uma empresa com o objetivo de equilibrar suas atividades produtivas e econômicas com a minimização de impactos ambientais e o uso racional dos recursos naturais, aumentando seu desempenho.

Segundo Silva (2004, p. 114), “a análise dos impactos deve compreender a identificação, valoração e avaliação dos impactos durante as fases de planejamento, implantação, operação e, se for o caso, desativação de um empreendimento”.

Lins (2010), em seu estudo, afirma que os aspectos ambientais verificados nas avaliações de impactos ambientais são os seguintes:

- Geração e lançamentos de emissões de gases;
- Geração e lançamentos de efluentes líquidos fora dos padrões legais estabelecidos;
- Geração e disposição de resíduos sólidos.

O autor completa, afirmando que os aspectos citados anteriormente estão relacionados aos seguintes impactos ambientais:

- Proteção dos corpos d’água: o esgoto não tratado pode contaminar os corpos d’água, o que pode prejudicar a vida aquática, como peixes, aves e plantas aquáticas. O tratamento de esgoto ajuda a remover os contaminantes deste, protegendo, assim, os corpos d’água.
- Proteção do solo: o esgoto não tratado pode contaminar o solo, o que pode prejudicar a qualidade da água subterrânea e dos alimentos. O tratamento de esgoto ajuda a remover os contaminantes presentes nele, protegendo, assim, o solo.
- Redução da poluição do ar: o esgoto não tratado pode liberar gases tóxicos, como metano e sulfeto de hidrogênio, que podem contribuir para a poluição do ar. O tratamento de esgoto ajuda a remover os seus contaminantes, reduzindo, desse modo, a poluição do ar.

Os métodos de avaliação de impacto ambiental servem de referência nos estudos ambientais para se determinar, de forma mais precisa, a significância de uma alteração ambiental. Também são usados para padronizar e facilitar a abordagem do meio físico, que, em geral, leva em consideração vários aspectos. Os mais utilizados são: Metodologias espontâneas (*Ad hoc*), Listagens (*Check-list*), Matrizes de interações, Redes de interações (*Networks*), Metodologias quantitativas, Modelos de simulação, Mapas de superposição (*Overlays*), Projeção de cenários, Matriz de Leopold.

Uma metodologia bastante conhecida e de ampla aplicação em estudos de impactos ambientais para diversas atividades não agrícolas é a matriz de Leopold (LEOPOLD *et al.*, 1971), sendo uma de suas melhores características a adaptabilidade, o que deu origem a uma série de outras matrizes de avaliação de impacto ambiental (STAMM, 2003).

A matriz de Leopold original corresponde a uma listagem bidimensional, composta por indicadores *versus* fatores de impacto, que permite atribuir valores de grau e de importância de impacto para cada item analisado (ALMEIDA e BASTOS, 2004). As matrizes são utilizadas na identificação dos impactos diretos, positivos ou negativos, apresentando como vantagens a clareza na exposição de tais impactos, a simplicidade de elaboração e a viabilidade econômica. Porém, como desvantagens, não possibilita a identificação de impactos indiretos nem considera características espaciais (AQUINO; MOTA, 2002). Mesmo assim, é uma metodologia simples, que permite a execução da avaliação expedita de uma condição de impacto em uma determinada área.

3.8.1 Potencial de impactos: solicitações impostas pela ação do projeto e vulnerabilidade do meio

O potencial que determinada obra ou ação humana tem, de causar alterações ambientais, depende de duas ordens de fatores: as solicitações impostas ao meio pela ação do projeto, que se refere à sobrecarga imposta ao ecossistema, representada pela emissão de poluentes, supressão ou adição de elementos ao meio e à vulnerabilidade do meio, que depende do estado de conservação do ambiente e das solicitações impostas anteriormente, cujos efeitos se acumulam. Também considera a importância do ambiente ou do ecossistema.

As solicitações impostas por uma ETE podem ser categorizadas em várias dimensões:

Emissão de Poluentes:

- Efluentes Líquidos: a qualidade dos efluentes tratados deve ser monitorada para garantir que não contaminem corpos d'água. A liberação inadequada pode afetar a fauna aquática e a qualidade da água.
- Gases: emissões de gases como metano e dióxido de carbono durante o tratamento anaeróbico podem contribuir para as mudanças climáticas.

Alteração da Fauna e Flora:

- Desmatamento e Supressão de Habitat: a construção de uma ETE pode exigir a remoção de vegetação nativa, impactando a biodiversidade local e levando à perda de habitats.
- Efeitos na Biodiversidade: a alteração do habitat pode ocasionar a diminuição de espécies, especialmente aquelas que são sensíveis a mudanças ambientais.

Consumo de Recursos Naturais:

- Energia: o tratamento de esgoto requer energia elétrica, com impactos associados à sua geração, podendo resultar em emissões adicionais de poluentes.

Geração de Resíduos:

- Lodos: o tratamento gera lodo, que deve ser gerenciado adequadamente para evitar contaminação do solo e da água. A disposição inadequada pode causar problemas ambientais significativos.
- Subprodutos Químicos: a utilização de produtos químicos no tratamento pode gerar resíduos perigosos, que necessitam de gestão especial.

A vulnerabilidade do meio ambiente em relação a uma ETE pode ser avaliada em função das características descritas na sequência.

Estado de Conservação do Ambiente:

- Ecossistemas Degradados: ambientes já afetados por atividades humanas são mais suscetíveis a novos impactos. A degradação prévia pode reduzir a capacidade de recuperação.
- Áreas Protegidas: a presença de áreas protegidas nas proximidades aumenta a necessidade de cuidados especiais na operação da ETE, visando preservar a biodiversidade.

Capacidade de Resiliência:

- Diversidade Biológica: ecossistemas com maior diversidade tendem a ser mais resilientes a perturbações e podem se recuperar mais rapidamente após impactos.
- Serviços Ecossistêmicos: a capacidade de um ecossistema de fornecer serviços como purificação da água e controle de erosão influencia sua vulnerabilidade.

3.9 Histórico

O distrito de Santana do Bambuí foi criado por alvará em 23 de janeiro de 1816, confirmado pela Lei Estadual n.º 2, de 14 de setembro de 1891, sendo subordinado aos municípios de Formiga e Piumhi (IBGE, 2007). Posteriormente, pela Lei Provincial n.º 2.785, de 22 de setembro de 1881, Santana do Bambuí foi elevado à categoria de Vila, desmembrando-se dos municípios de origem. A sede foi estabelecida na povoação de Santana do Bambuí, com instalação oficial em 17 de janeiro de 1885 (IBGE, 2007).

Pouco tempo depois, a localidade foi elevada à condição de cidade, agora com o nome de Bambuí, por meio da Lei Provincial n.º 3.387, de 10 de julho de 1886. Na divisão administrativa de 1911, o município era constituído apenas pela sede, configuração que se manteve nas divisões territoriais de 31 de dezembro de 1936 e 31 de dezembro de 1937 (IBGE, 2007).

Pelo Decreto Estadual n.º 148, de 17 de dezembro de 1938, foi criado o distrito de Medeiros, anexado ao município de Bambuí. Assim, no período de 1939 a 1943, Bambuí passou a ser composto por dois distritos: Bambuí e Medeiros (IBGE, 2007).

Mais tarde, pela Lei Estadual n.º 336, de 27 de dezembro de 1948, criou-se o distrito de Tapiraí, anteriormente conhecido como povoado da Estação de Bambuí, também anexado ao município. No período de 1944 a 1948, o município passou a contar com três distritos: Bambuí, Medeiros e Tapiraí - configuração mantida até 1º de julho de 1950 (IBGE, 2007).

A Lei Estadual n.º 1.039, de 12 de dezembro de 1953, desmembrou o distrito de Tapiraí, elevando-o à categoria de município. Assim, a partir da divisão territorial de 1º de julho de 1955, Bambuí passou a ser constituído pelos distritos de Bambuí e Medeiros, situação mantida até 1º de julho de 1960 (IBGE, 2007).

Por meio da Lei Estadual n.º 2.764, de 30 de dezembro de 1962, o distrito de Medeiros foi desmembrado de Bambuí e também elevado à categoria de município. Desde a divisão territorial de 31 de dezembro de 1963, Bambuí passou a ser constituído apenas pelo distrito-sede, estrutura que permanece, pelo menos, até a divisão territorial de 2007 (IBGE, 2007).

4 METODOLOGIA

4.1 Área de Estudo

O município de Bambuí está localizado na região Centro-Oeste de Minas Gerais, integrando a área da Serra da Canastra. Faz divisa com os municípios de Luz, Córrego Danta, Tapiraí, Medeiros, São Roque de Minas, Piumhi, Doresópolis e Iguatama. Fundado em 10 de julho de 1886, possui área total de 1.453,99 km² e fica a 270 km de distância da capital, Belo Horizonte.

Em relação ao clima, Bambuí apresenta uma temperatura máxima anual da ordem de 28,5°C, e a mínima, de 14,6°C. O índice médio pluviométrico anual é de 1.426,30 mm (IBGE, 2023). De acordo com os dados do IBGE, a população de Bambuí era de 22.734 habitantes em 2010, e, em 2022, o censo registrou 23.546 habitantes (IBGE, 2022).

Segundo a Prefeitura Municipal de Bambuí (2024), a economia do município tem como principais pilares o agronegócio e o comércio, além da área de serviços. A produção mineral predominante é a extração de caulim, enquanto a produção agrícola destaca-se no cultivo de café, arroz, milho, soja e cana-de-açúcar. A pecuária bovina também é uma atividade importante, com a produção de leite e carne. A economia da cidade está sendo movimentada, também, pela usina de álcool e açúcar “Bambuí Bioenergia S/A” e a BEE Própolis/Natucentro, produtora e exportadora da própolis verde.

4.2 Métodos

Inicialmente, foi realizada uma análise de toda a documentação fornecida pela prefeitura do município de Bambuí relacionada ao processo de construção da ETE. Os documentos são compostos pelo projeto de construção (básico, estrutural, elétrico), levantamento topográfico, memorial descritivo, pareceres técnicos, termo de referência, entre outros.

Durante essa etapa, foi feita uma triagem dos documentos com foco nos conteúdos com potencial de indicar impactos ambientais e sociais, priorizando-se aqueles que apresentavam informações relevantes sobre:

- Intervenções físicas no terreno, como supressão vegetal, movimentação de solo e impermeabilização da área;

- Infraestrutura instalada, como redes de esgoto, equipamentos eletromecânicos e estruturas de tratamento;
- Fluxos operacionais previstos, como emissão de efluentes, geração de resíduos e possíveis ruídos ou odores durante a operação;
- Zoneamento urbano e uso do solo no entorno da ETE.

Essa pré-seleção permitiu identificar os documentos mais significativos para a análise dos possíveis impactos ambientais (meio físico, biótico e antrópico) e impactos sociais, especialmente no que se refere à vizinhança imediata da ETE e aos efeitos de médio e longo prazo associados à sua operação.

A consciência ambiental e social da população do município foi avaliada a partir de um questionário composto por questões abertas e fechadas abordando a importância da ETE para a saúde e o ambiente, além do conhecimento sobre os impactos gerados durante sua operação. O método de amostragem utilizado foi o de amostragem aleatória simples, em que todos os elementos da população possuem a mesma probabilidade de serem da mesma amostra. A amostragem foi realizada de modo que se conseguisse uma amostra representativa da área geográfica em estudos que fazem limite com a estação, que é o bairro Senhora Sant'Ana, ou Cohab. O processo de amostragem buscou assegurar uma representatividade geográfica do público-alvo, de forma a obter dados significativos sobre as percepções locais em relação à ETE.

Os resultados da avaliação da consciência ambiental e social da população foram apresentados por meio de gráficos e tabelas estatísticas que sintetizam a frequência e a distribuição das respostas, avaliando o nível de percepção ambiental dos participantes. Já as questões abertas foram analisadas qualitativamente, utilizando categorias temáticas que possibilitem a identificação de padrões, opiniões recorrentes e aspectos relevantes mencionados espontaneamente pelos respondentes.

A análise dos impactos foi dividida em três atividades distintas: identificação, previsão e avaliação. Identificação de impactos é a descrição das consequências esperadas de um determinado empreendimento e dos mecanismos pelos quais se dão as relações de causa e efeito, a partir das ações modificadoras do meio ambiente que compõem tal empreendimento. Previsão de impactos significa fazer hipóteses, técnica e cientificamente fundamentadas, sobre a magnitude ou intensidade dos impactos ambientais. Avaliação dos impactos é a atribuição de um indicativo de importância ou significância a estes, sendo este indicativo sempre referente ao contexto socioambiental no qual se insere o empreendimento.

Para a identificação dos impactos ambientais gerados durante o funcionamento regular da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Bambuí, foi utilizada a metodologia da Matriz de Leopold (LEOPOLD *et al.*, 1971, p.4). Este método consiste em uma listagem que identifica os impactos e permite a atribuição de valores e a importância de cada tipo de impacto. A matriz é formada por um quadro de dupla entrada: no eixo horizontal (colunas), são listadas as ações do projeto, como supressão de vegetação, escavação, lançamento de efluentes, operação de máquinas, geração de resíduos sólidos, entre outras; e, no eixo vertical (linhas), são listados os fatores ambientais e sociais que podem ser afetados, incluindo solo, água superficial, água subterrânea, ar, fauna, flora, saúde pública, economia local, bem-estar da população, recursos culturais e impactos visuais.

Para cada cruzamento entre uma ação e um componente ambiental/social, verifica-se a existência de interações significativas. Quando um impacto é identificado, o avaliador preenche o quadrado correspondente da matriz. Cada impacto é caracterizado por um peso atribuído, que representa a magnitude (intensidade e direção) dessa interação, variando de negativos (impactos adversos) a positivos (impactos benéficos), podendo também ser nulos (quando não se espera alteração significativa). A atribuição dos valores foi realizada com base em diferentes fontes de informação e critérios técnicos, incluindo a análise de documentos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Bambuí, como projetos básicos, memoriais descritivos e estudos técnicos, além da experiência da equipe responsável pela análise e da literatura técnica na área ambiental.

As ações consideradas na análise incluem, entre outras, a compactação e a impermeabilização do solo, o aumento do escoamento superficial, a movimentação de terra, a construção civil, o trânsito de máquinas, a geração de efluentes, as escavações profundas, os vazamentos de óleos e combustíveis, a interrupção de vias, o consumo de energia elétrica, a geração de empregos, o estímulo à economia local e a transferência de conhecimento técnico.

Os impactos foram avaliados de acordo com as condições locais e as informações contidas nos documentos analisados, resultando na descrição de impactos positivos e negativos. Os impactos negativos mais intensos estão associados principalmente ao lançamento de carga orgânica em corpos d'água e a vazamentos ou transbordamentos decorrentes de falhas operacionais. Por outro lado, os impactos positivos incluem a geração de empregos, o estímulo à economia local e a melhoria do bem-estar da população.

Os resultados dos impactos ambientais foram representados graficamente e também por meio de uma matriz que relaciona as atividades desenvolvidas pela ETE aos diferentes

componentes ambientais afetados. Além disso, efetuou-se uma análise interpretativa e crítica dos dados, destacando os impactos negativos que requerem medidas mitigadoras, os efeitos positivos passíveis de potencialização e as recomendações voltadas ao monitoramento ambiental contínuo da unidade.

Todas as informações captadas pelo estudo foram analisadas e algumas delas selecionadas para a montagem de um catálogo ou panfleto digital sobre a importância da ETE no município analisado. O objetivo deste produto técnico será o esclarecimento, em linguagem não técnica, para a população, visando maior conhecimento e reconhecimento da importância das ETEs para o ambiente e saúde da população.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise dos documentos

5.1.1 Implantação da Estação de Tratamento de Esgoto no município de Bambuí

Por meio da análise dos documentos referentes à instalação da ETE no município de Bambuí, foi verificado que, em 2006, a Prefeitura Municipal de Bambuí contratou um projeto básico de esgotamento sanitário contemplando a coleta, emissário e tratamento dos efluentes.

A CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba), em parceria com a empresa DESPRO (Desenvolvimento de Projeto e Consultoria Ltda.), foram responsáveis por conduzir os estudos e projetos para ajustar e aprimorar o planejamento inicial elaborado pela Prefeitura de Bambuí. A avaliação prévia revelou que a concepção do projeto original reflete a realidade local, embora tenha sido executada de forma parcial.

Inicialmente, foram instalados cerca de 9.000 metros de rede coletora de esgotos abrangendo a região central e o bairro Centenário, além de aproximadamente 6.000 metros de interceptores nos córregos Barreiro e Quartéis. No entanto, as obras de implantação da Estação de Tratamento de Esgotos no município foram paralisadas, demandando uma revisão técnica e conceitual para dar continuidade efetiva ao processo de implementação do sistema de tratamento de efluentes.

O maior avanço na construção, de acordo com o projeto, está na rede coletora do bairro Centenário, na região central. Dentro da proposta inicial, estava a instalação da Estação de Tratamento de Esgoto a jusante da cidade, nas proximidades do bairro Senhora Sant'Ana. Entretanto, as obras estão paralisadas, tendo sido executada somente a parte civil das unidades de tratamento, conforme previsto no projeto de 2006.

O projeto inicial previa o uso de um sistema de reatores anaeróbios, seguido por uma lagoa de polimento com tratamento preliminar. Das unidades mencionadas no projeto, tiveram início as seguintes obras:

- Estação Elevatória Final dos Esgotos 1 (EEF-1): etapa inicial do tratamento preliminar, em que foi realizado apenas o processo de concretagem do poço de sucção;
- Tratamento Preliminar: executado integralmente em concreto armado;
- Estação Elevatória Final dos Esgotos 2 (EEF2): parte posterior ao tratamento preliminar, com apenas a concretagem do poço de sucção realizada;
- Reatores Anaeróbios (03 unidades): as estruturas de concreto armado das três unidades planejadas foram concluídas;
- Lagoa de Polimento: a terraplanagem da lagoa de polimento foi totalmente realizada, incluindo a instalação da manta de PEAD; porém, essa manta apresenta danos parciais, e parte do talude da lagoa está sofrendo erosão;
- Leitões de Secagem (06 unidades): as estruturas de concreto armado das seis unidades previstas foram executadas;
- Edificação de Controle/ Administração: parcialmente construída, mas já sofreu danos causados por atos de vandalismo;
- Estrutura de Queima de Biogás: em fase parcial de execução, mas já apresenta danos estruturais.

Na Figura 1, estão expostas imagens relacionadas à construção da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) em Bambuí. A primeira imagem apresenta um poço de sucção que faz parte da Estação Elevatória Final dos Esgotos 1 (EEF-1), sendo essa a etapa inicial do tratamento preliminar, na qual apenas o processo de concretagem do poço de sucção foi realizado. A segunda imagem mostra as estruturas de concreto armado do Tratamento Preliminar que foram executadas integralmente, e a terceira imagem exhibe os reatores anaeróbios que fazem parte do sistema de tratamento, o qual teve três unidades planejadas com as estruturas de concreto armado concluídas.

Figura 1: Poço de sucção EEF, Tratamento Preliminar e Reatores Anaeróbios



Poço sucção EEF e Tratamento Preliminar

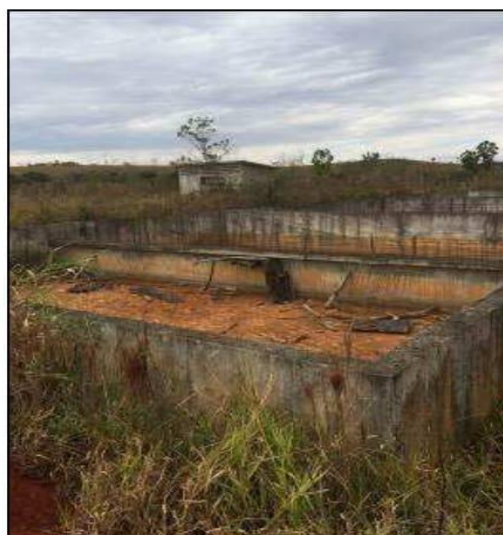


Reatores Anaeróbios

Fonte: Documentos da Prefeitura

Dando continuidade, na Figura 2, a primeira imagem mostra a vista da lagoa de polimento, que faz parte do sistema de tratamento. A terraplanagem da lagoa foi totalmente realizada, incluindo a instalação da manta de PEAD. No entanto, a segunda imagem exhibe a manta danificada da lagoa de polimento, evidenciando os danos parciais que essa estrutura apresenta, e a terceira imagem retrata os leitos de secagem, que são estruturas de concreto armado das seis unidades previstas no projeto, as quais foram executadas.

Figura 2: Outras estruturas da ETE de Bambuí

**Vista manta Lagoa de Polimento****Manta danificada – Lagoa de Polimento****Leitos de Secagem**

Fonte: Documentos da Prefeitura

Na Figura 3, na primeira imagem, é possível visualizar o Laboratório/Administração, que foi parcialmente construído, mas já sofreu danos causados por atos de vandalismo. Na segunda imagem, está a área da ETE que necessita de limpeza, com vegetação alta e desordenada, indicando falta de manutenção adequada.

Figura 3: Estruturas da ETE de Bambuí que sofreram danos



Laboratório / Administração – Danificado por vandalismo



Área da ETE necessitando de limpeza

Fonte: Documentos da Prefeitura

Além disso, outras obras complementares precisaram ser realizadas, como:

- Complementação do Interceptor do Córrego do Barreiro até se conectar ao Interceptor do Córrego dos Quartéis, extensão de 467 metros;
- Complementação do Interceptor do Córrego dos Quartéis, com início no encontro deste córrego com o Córrego das Almas;
- Substituição do Interceptor do Córrego das Almas, pois o terreno em que ele foi implantado é de baixa estabilidade e a tubulação foi assentada sem nenhum berço de sustentação.

5.1.2 Estudo de Alternativas

Conforme abordado no estudo do documento, o sistema de esgotamento sanitário da cidade de Bambuí foi implantado ao longo dos anos pela prefeitura municipal sem um projeto técnico adequado, apenas atendendo à expansão da cidade. Complementando o sistema, a CODEVASF implantou rede coletora na região central e no bairro Centenário, que são os interceptores de esgotos dos córregos Barreiro e Quartéis, e ainda repassou recursos à prefeitura, que executou obras que incluem o trecho final do Interceptor do córrego das Almas e obras civis da Estação de Tratamento de Esgotos.

O estudo de alternativas ora elaborado leva em conta os condicionantes ligados às estruturas existentes, especialmente as unidades componentes da Estação de Tratamento. Dentro desse contexto, já estão bem definidos o plano geral de escoamento das redes coletoras e interceptores existentes e a área onde já se encontram as instalações inacabadas da ETE.

Vale destacar que os estudos já definidos tiveram como norte o projeto elaborado pela prefeitura municipal em 2006, em que a concepção da ETE apontava para a utilização do sistema de tratamento composto por reatores anaeróbios, seguido de lagoa de polimento, onde as obras civis das unidades projetadas foram executadas.

Diante do cenário atual, a CODEVASF solicitou a elaboração de um estudo de alternativas de tratamento dos efluentes pós-reatores anaeróbios, considerando a concepção do projeto original por meio de lagoa de polimento, confrontando a hipótese de Filtro Biológico Percolador (FBP). Portanto, o estudo comparativo será focado apenas na planta de tratamento.

5.1.3 Alternativas de tratamento

As possíveis alternativas para o tratamento de esgotos urbanos são bastante amplas e não há limitações tecnológicas em nosso meio para tal. Alguns requisitos podem ser definidos para a seleção de processos de tratamento:

- Disponibilidade de área;
- Facilidade de construção;
- Facilidade de operação e manutenção;
- Baixo custo de manutenção e operação;
- Baixos requisitos de mão de obra para operação e manutenção;
- Baixos índices de mecanização;
- Baixo consumo de energia elétrica.

No caso da Estação de Tratamento de Esgotos de Bambuí, as obras civis dos reatores anaeróbios já foram executadas, necessitando, portanto, de conclusão da parte de tubulação e impermeabilização da estrutura.

5.1.4 Alternativa I - Reatores Anaeróbios seguidos de Lagoa de Polimento

De acordo com a análise do documento da prefeitura, as lagoas de polimento são conceitualmente similares às lagoas de maturação, mas recebem este nome por realizarem o polimento de efluentes de estações de tratamento. As lagoas de polimento são utilizadas devido ao fato de os reatores anaeróbios não atingirem elevadas eficiências de remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), requerendo usualmente um pós-tratamento, ou seja, um polimento.

Este sistema oferece as seguintes vantagens em relação aos demais:

- Satisfatória eficiência na remoção de DBO;
- Requisitos energéticos praticamente nulos;
- Construção, operação e manutenção simples;
- Reduzido custo de implantação e operação;
- Remoção de lodo, necessária após períodos superiores a 20 anos;
- Satisfatória resistência a variações de carga;
- Ausência de equipamento mecânicos.

Os custos das lagoas de polimento são bastante competitivos, desde que os custos de terreno ou necessidade de terra não sejam excessivos. No caso específico de Bambuí, os serviços de movimento de terra já foram executados, sendo necessárias apenas a implantação de nova manta e a recuperação dos taludes em processo de erosão.

5.1.5 Alternativa II - Reatores Anaeróbios seguidos de Filtro Biológico Percolador e Decantador Secundário

Os Filtros Biológicos Percoladores de alta taxas (taxas entre 20 e 30 m³/m²/dia) são recomendáveis, prevendo-se, como segurança adicional, uma recirculação do efluente tratado, de forma a manter o leito biológico sempre molhado, principalmente nos períodos de baixa ocorrência de vazão afluente à ETE (durante a noite).

Estas unidades consistem em um leito de material de enchimento sobre o qual se espalha o esgoto a ser tratado. Na superfície deste material de enchimento, aderem-se os microrganismos que farão a depuração da matéria orgânica solúvel do esgoto. É também conhecido como clarificador, pois, além de remover o lodo, libera o efluente isento de lodos, denominado efluente clarificado.

5.1.6 Análise Comparativa dos Custos - Alternativa I x Alternativa II

Em função das diversas condicionantes e características das alternativas, foi feita uma estimativa de custo confrontando cada uma delas em todos os critérios (técnicos, econômicos e operacionais).

Os custos de investimentos das alternativas foram estimados a partir do pré-dimensionamento das unidades constituintes, considerando as dimensões das principais unidades que compõem o sistema.

5.1.7 Síntese das conclusões da análise comparativa das alternativas

Em relação aos custos, com base na análise dos aspectos técnicos, operacionais e financeiros, o estudo desenvolvido pela Prefeitura Municipal concluiu que a alternativa I apresenta-se como a opção mais vantajosa para o futuro projeto, por apresentar o menor custo total considerando os investimentos, bem como os critérios técnicos e operacionais.

A alternativa I, indicada para o tratamento dos esgotos de Bambuí, foi objeto de estudo em projeto anterior elaborado pela própria Prefeitura, no qual ficou definido que a unidade depuradora da cidade contemplaria o tratamento em fase secundária, utilizando um sistema composto por reatores, seguido de uma lagoa de polimento. As etapas da obra foram iniciadas, e a terraplanagem correspondente à lagoa de polimento já foi executada.

Com relação à eficiência do sistema de tratamento, a alternativa I (RAFA seguido de lagoa de polimento) atende às normas da legislação ambiental quanto à remoção de Carga Orgânica (DBO), atingindo uma eficiência de 92,90%, uma vez que é exigida uma eficiência mínima de 85%. Já a alternativa II chega a alcançar uma eficiência de 91,72%.

No que se refere à remoção de coliformes, a alternativa I chega a uma eficiência de remoção de 98,00%, e a alternativa II, 90,00%. No caso da alternativa I, a eficiência atingida na remoção de coliformes não é a ideal na utilização de lagoa de polimento como pós-reator, em que a eficiência esperada chega a 99,99%. Isto se deve à reduzida área da lagoa existente, que é de aproximadamente 1,55 ha.

Na verificação do dimensionamento da lagoa, a taxa orgânica afluyente em segunda etapa foi de 281,10 kg/dia, e o tempo de detenção, 5,47 dias. Para que a lagoa trabalhe com taxa orgânica na faixa de 120 kg/dia x ha e tempo de detenção de 11 dias, seria necessário duplicar a área da lagoa, o que melhoraria a eficiência na remoção de carga orgânica para 94%, e na remoção de coliformes, para 99% (ideal). No projeto, será proposta a instalação de chicanas ao longo da lagoa, a fim de aumentar o tempo de detenção e melhorar a eficiência da lagoa de polimento.

A análise documental e técnica referente ao projeto da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do município de Bambuí evidencia que, embora o sistema de esgotamento sanitário tenha sido parcialmente implantado desde 2006, sua execução foi interrompida antes da conclusão das etapas essenciais para o pleno funcionamento da estação. As obras civis das principais unidades - como os reatores anaeróbios, lagoa de polimento, leitos de secagem e estações elevatórias - encontram-se parcialmente executadas, exigindo intervenções de recuperação e complementação.

O estudo de alternativas conduzido pela CODEVASF e pela Prefeitura Municipal de Bambuí comparou dois cenários de tratamento dos efluentes:

- Alternativa I: reatores anaeróbios seguidos de lagoa de polimento;
- Alternativa II: reatores anaeróbios seguidos de filtro biológico percolador e decantador secundário.

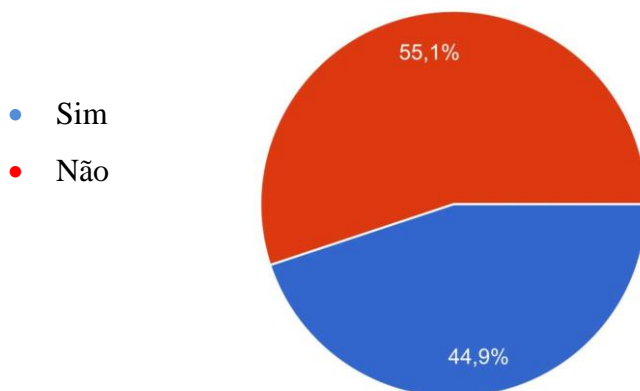
A avaliação técnica, operacional e econômica demonstrou que a alternativa I apresenta melhor desempenho global, tanto em eficiência quanto em custo. Essa configuração atinge eficiência média de 92,9% na remoção de DBO e 98% na remoção de coliformes, atendendo aos limites exigidos pela legislação ambiental. Apesar da necessidade de ajustes estruturais - como ampliação da lagoa de polimento e instalação de chicanas para aumentar o tempo de detenção hidráulica -, o sistema proposto mostra-se mais viável para as condições locais de Bambuí, por demandar menor custo de implantação, baixo consumo energético e simplicidade operacional.

Portanto, conclui-se que o sistema composto por reatores anaeróbios, seguido de lagoa de polimento, representa a solução técnica mais adequada para o município, conciliando eficiência de tratamento, sustentabilidade econômica e compatibilidade com as estruturas já executadas.

5.2 Resultado e discussão do questionário

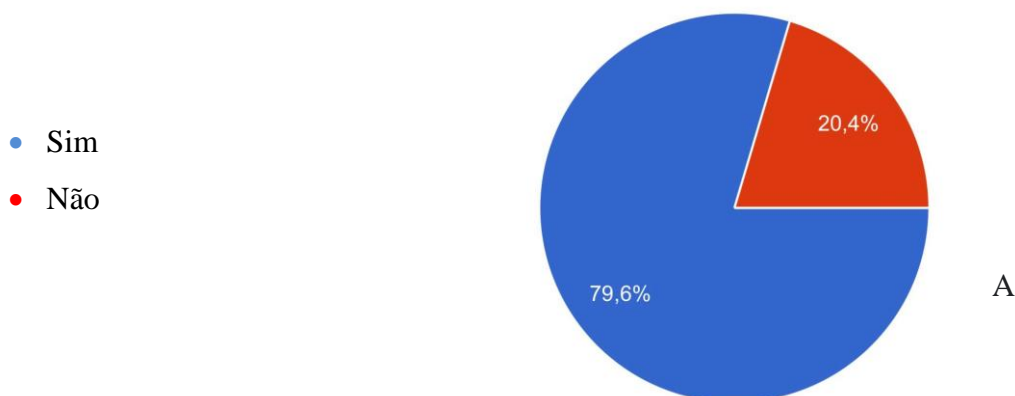
Um total de 98 pessoas de famílias diferentes respondeu o questionário aplicado à população residente nas proximidades da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da cidade. O intuito foi analisar o nível de conhecimento da comunidade sobre o tema. A maior parte dos entrevistados demonstrou desconhecer o destino final do esgoto doméstico coletado na cidade, conforme ilustrado no Gráfico 1. Há divisão na percepção da população sobre o destino do esgoto, refletindo uma falta de conhecimento significativo entre os entrevistados. No entanto, todos consideram de grande importância a construção da ETE. Além disso, houve consenso entre os participantes quanto à necessidade de que a prefeitura invista e conclua as obras da ETE.

Gráfico 1: Você sabe para onde vão os esgotos das casas de Bambi?



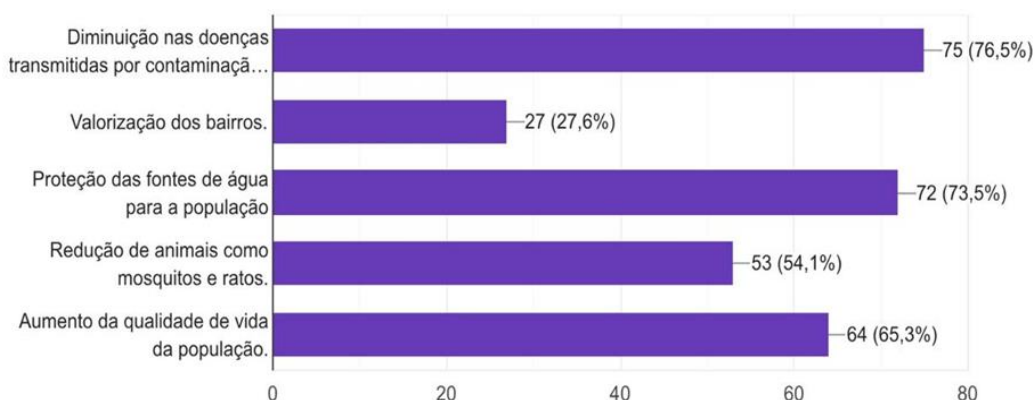
No Gráfico 2, letra A, observa-se que 79 dos 98 entrevistados afirmaram conhecer os benefícios que uma ETE pode trazer para a população. Quando questionados sobre o fato de haver impactos ambientais positivos da ETE, todos responderam afirmativamente.

Gráfico 2: Você sabe o que uma ETE pode trazer de benefício para a população?



Outro aspecto relevante abordado com os entrevistados foi a percepção sobre os benefícios que a implantação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) poderá trazer à comunidade. Entre os principais benefícios mencionados e amplamente corroborados pelos entrevistados, destacam-se: a redução das doenças relacionadas à contaminação da água, a proteção das fontes hídricas utilizadas pela população e a melhoria geral na qualidade de vida (Gráfico 3). Os principais benefícios esperados, conforme indicado no gráfico, são a melhoria da saúde pública e do meio ambiente. Ressalta-se ainda que, além de diminuir a incidência de doenças, as ETEs são de suma importância, visto que a água é um recurso essencial para o suprimento do homem e dos seres vivos, ajudando, também, a manter a cidade com uma melhor qualidade de vida (Castanheira & Baydum, 2015).

Gráfico 3: Quais benefícios você acha que uma ETE poderá trazer para a população de Bambuí?

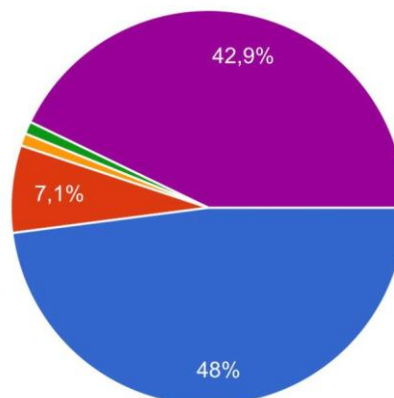


Os respondentes foram questionados quanto aos benefícios ambientais proporcionados pelas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). As respostas mais recorrentes indicaram que os principais impactos positivos estão ligados à redução da poluição hídrica, à

melhoria da qualidade da água destinada ao consumo humano e à diminuição da contaminação do solo. A população reconhece os benefícios ambientais de uma ETE, com destaque para a redução da poluição da água. A distribuição das respostas encontra-se representada no Gráfico 4.

Gráfico 4: Quais benefícios para o meio ambiente uma ETE poderá proporcionar?

- Redução na poluição da água.
- Redução na poluição do solo.
- Redução na poluição do ar.
- Proteção aos animais.
- Melhora na qualidade da água usada para consumo pela população.



Efetuuou-se uma análise das principais queixas e observações feitas por moradores em relação aos problemas de saneamento básico em sua região. As informações foram coletadas por meio de relatos espontâneos e diretos dos residentes, e os problemas de saneamento básico foram identificados e divididos em cinco categorias:

- a) Esgotamento Sanitário: lançamento de esgoto sem tratamento em rios e córregos, como o córrego das Almas, rio Bambuí e rio São Francisco; esgoto a céu aberto presente em diversos bairros; utilização de fossas sépticas em residências sem rede de esgoto; entupimentos frequentes em bueiros e rede de esgoto e mau cheiro vindo de bueiros e fossas.
- b) Drenagem Urbana e Enchentes: falta de bueiros em regiões altas, causando enxurradas e inundações; bueiros entupidos, agravando os alagamentos em períodos de chuva e ausência de infraestrutura adequada para o escoamento de águas pluviais.
- c) Coleta e Descarte de Lixo: deficiência na coleta de lixo em determinados bairros; descarte irregular de resíduos em terrenos baldios e córregos, e lixões a céu aberto nos arredores da cidade.

- d) Qualidade da Água: relatos de água com cheiro desagradável e excesso de cloro; água empoçada favorecendo a proliferação de vetores, como o mosquito da dengue, e água imprópria para o consumo animal em zonas rurais.
- e) Impactos Secundários: presença de ratos, baratas e escorpiões em áreas com problemas de saneamento; odor forte vindo de esgotos e córregos contaminados, poluição de recursos hídricos e impactos ambientais.

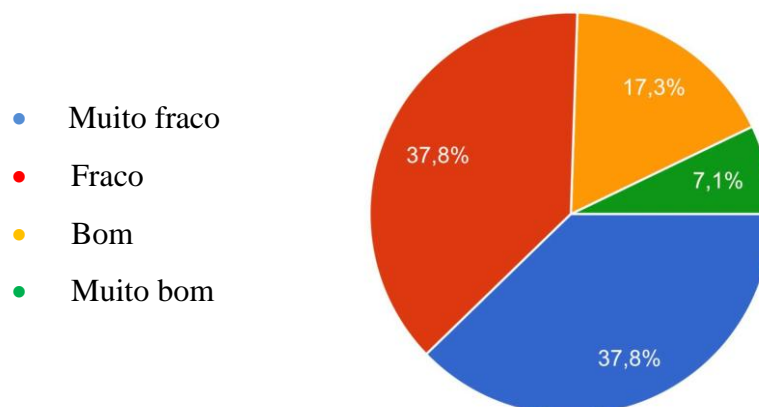
Diversos estudos reforçam a percepção da população sobre os impactos causados pelos odores provenientes de sistemas de esgotamento sanitário, tratando-se não apenas de um incômodo ambiental, mas de um problema de saúde pública. Souza, Giuliano e Giuliano (2008) constataram que a presença de odores nas imediações da Estação de Tratamento de Esgoto de Piracicamirim, em Piracicaba (SP), comprometeu diretamente o bem-estar da comunidade local, sendo associada a restrições de uso dos espaços residenciais, mal-estar físico e, em alguns casos, doenças respiratórias.

De forma semelhante, Liliantis e Mancuso (2003) observaram, em Pereira Barreto (SP), que a exposição frequente a odores provenientes da rede coletora provocava sintomas como dor de cabeça, náuseas, irritação nasal e alterações de humor - sintomas que cessaram após o controle dos odores. Em Cuiabá (MT), Cordeiro (2016) identificou que 57% dos estudantes de uma escola militar localizada próxima a um córrego poluído relataram que os odores interferiam em sua saúde e desempenho escolar, o que evidencia o comprometimento da qualidade do ambiente escolar.

Além das pesquisas acadêmicas, análises urbanas recentes, como as de Vieira (2017), apontam que a ausência de regulamentação nacional específica sobre limites aceitáveis de odor dificulta ações corretivas mais eficazes, mesmo frente a queixas recorrentes da população. Esses dados, em conjunto, evidenciam a importância do planejamento adequado e da implementação de soluções que priorizem não apenas a eficiência técnica, mas também a redução dos impactos sensoriais e sociais sobre as populações expostas.

Em relação à comunicação da prefeitura quanto ao andamento das obras, 37 respondentes consideraram muito fraca, 17 avaliaram como boa, e apenas 7, muito boa (Figura 8). A maioria da população considera muito fraca a comunicação da prefeitura sobre as obras da ETE.

Gráfico 5: Como você avalia a comunicação da prefeitura sobre o andamento das obras da ETE?

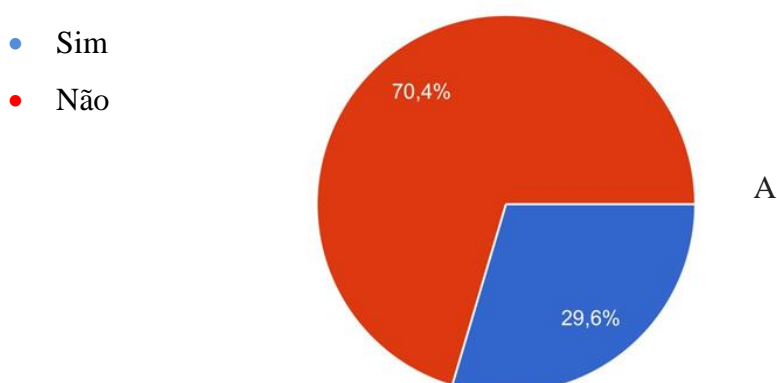


Durante a pesquisa, um dos temas abordados foi a percepção de segurança em relação ao tratamento de esgoto na área em que os participantes residem. Como resultado, 70 entrevistados afirmaram não se sentirem seguros, enquanto 30 declararam o contrário (Figura 9, letra A).

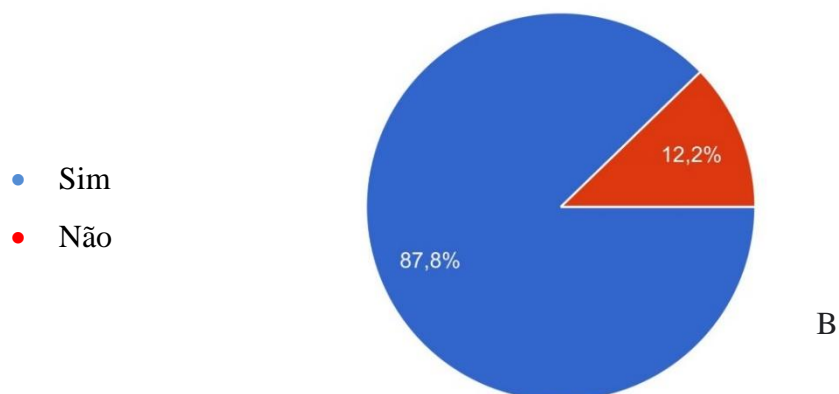
No Gráfico 6, letra B, observa-se que 62 dos participantes manifestaram não ter interesse em participar de reuniões ou discussões sobre o andamento das obras da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), enquanto 37 demonstraram interesse. Ainda no âmbito da pesquisa, foi questionada a opinião dos moradores sobre a realização de campanhas educativas relacionadas ao saneamento básico na comunidade, sendo que 87 entrevistados evidenciaram interesse na realização dessas campanhas (Gráfico 6, C).

A Lei n.º 11.445/2007 estabelece a obrigatoriedade da participação da população na elaboração, implementação e avaliação dos planos de saneamento básico. Dessa forma, a inclusão da comunidade nas etapas de planejamento, decisão e fiscalização da implantação da ETE de Bambuí contribui para promover segurança, pertencimento e qualidade de vida para os moradores.

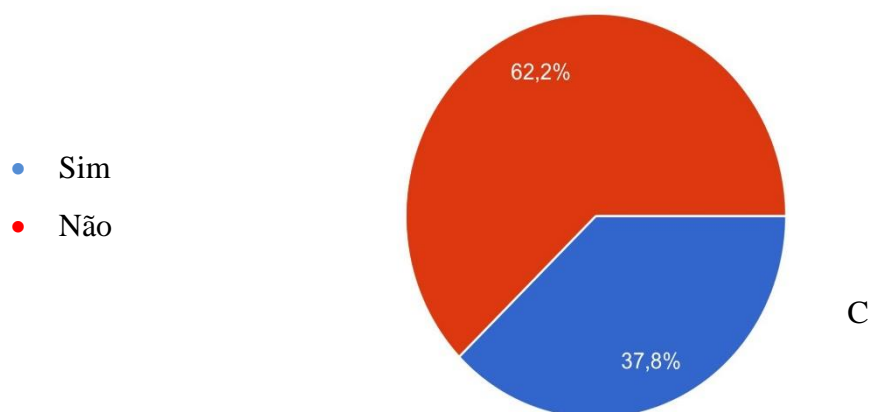
Gráfico 6: Você se sente seguro em relação ao tratamento de esgoto na sua área?



Você gostaria de participar de reuniões ou discussões sobre o andamento da ETE?

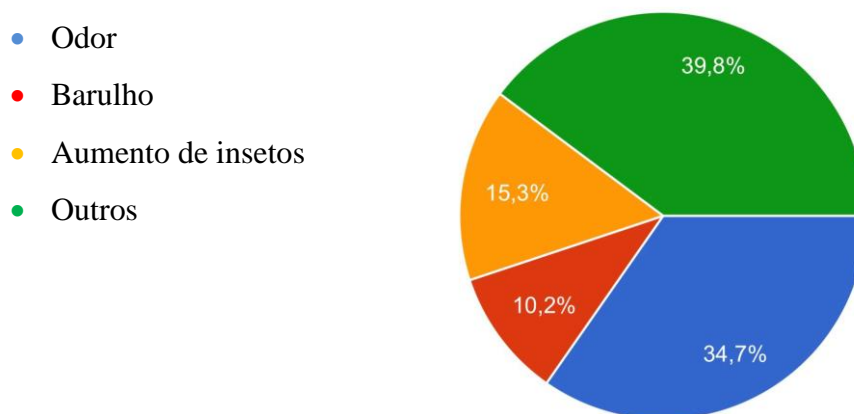


Você gostaria de ver campanhas educativas sobre o saneamento básico na sua comunidade?



Uma das preocupações manifestadas pela população refere-se aos possíveis incômodos que poderão surgir com o início do funcionamento da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Conforme apresentado na Gráfico 7, 34 entrevistados demonstraram preocupação com o aumento de odores na região, 10 consideraram incômodo com o barulho, 15 mencionaram o receio do aumento na quantidade de insetos e 39 apontaram outros tipos de incômodos que podem ocorrer com a operação da ETE. As principais preocupações são com outros incômodos, que podem ser a qualidade da água, poluição do ar, desequilíbrio ecológico, além do odor e aumento de insetos. Castanheira e Baydum (2015), avaliando impactos de ETE no bairro de Cajueiro Seco, em Jaboatão dos Guararapes, observaram resultados opostos com relação aos ruídos, uma vez que 90% dos entrevistados apontaram que houve a presença de ruídos referentes à instalação da estação. A discordância entre os resultados obtidos nos estudos é justificável, visto que, no estudo conseguinte, os entrevistados residiam na área previamente à implantação da ETE.

Gráfico 7: Quando a ETE começar a funcionar, qual é o seu maior incômodo ou preocupação?



Durante a pesquisa, foi incluída uma questão aberta para que os entrevistados pudessem expressar livremente suas opiniões, sugestões ou preocupações a respeito da implantação e funcionamento da ETE em Bambuí. A análise evidencia que, apesar de a maioria da população reconhecer a importância da ETE, ainda há preocupações com a conclusão das obras, impactos negativos potenciais e necessidade de maior comunicação e engajamento da gestão pública com os moradores. A população relata diversos problemas de saneamento na região, como esgoto a céu aberto, mau cheiro e falta de saneamento básico. A adoção de medidas de transparência, educação ambiental e envolvimento comunitário pode contribuir significativamente para a aceitação e o sucesso do projeto.

Um dado importante da pesquisa é que muitas pessoas entrevistadas não sabem o destino correto do esgoto da cidade, percebendo-se, assim, grande falta de informação entre a população do município, sendo esta uma realidade em boa parte do país.

Segundo o Instituto Trata Brasil (2023), mais de 47% do esgoto gerado no país são lançados diretamente no meio ambiente, sem qualquer tipo de tratamento. Essa realidade é especialmente grave nas regiões Norte e Nordeste, onde a cobertura da rede de esgoto é significativamente inferior à média nacional.

5.3 Estudo dos Impactos Ambientais

No presente estudo, buscou-se identificar, descrever e analisar os principais impactos ambientais decorrentes das fases de construção e operação da ETE em Bambuí, considerando suas dimensões físicas, bióticas e socioeconômicas.

Conforme estabelecido pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n.º 6.938/1981) e regulamentado pela Resolução CONAMA n.º 237/1997, todo empreendimento ou atividade potencialmente causadora de alteração ambiental deve, obrigatoriamente, passar pelo processo de licenciamento ambiental, condição indispensável para sua instalação e operação legal. No caso específico de Bambuí, município com aproximadamente 25 mil habitantes, a estimativa de geração de esgoto doméstico corresponde a uma vazão média de cerca de 43 L/s, considerando um consumo de 150 litros por habitante/dia. De acordo com os critérios estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM n.º 74/2004, esse valor enquadra a Estação de Tratamento de Esgoto como empreendimento de pequeno porte. Entretanto, por se tratar de esgoto doméstico, classificado como de potencial poluidor médio, a ETE passa a ser categorizada na Classe 3 do licenciamento ambiental em Minas Gerais. Essa classificação implica na necessidade de um processo de licenciamento ambiental mais completo (trifásico ou concomitante), embora não obrigatoriamente exija a elaboração de um EIA/RIMA, a menos que a instalação esteja localizada em áreas ambientalmente sensíveis.

Uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) se encaixa melhor na tipologia de Ambiente de Uso Antrópico Intensivo. Isso ocorre porque é uma instalação projetada para tratar efluentes sanitários de uma determinada área, geralmente urbana, e demanda recursos significativos para seu funcionamento.

De acordo com Sánchez (2019), "os ambientes de uso antrópico intensivo são caracterizados por uma alta densidade de atividades humanas, que podem gerar impactos significativos sobre o meio ambiente". Nesse sentido, uma ETE é um exemplo clássico de uma instalação que se enquadra nessa tipologia, pois é projetada para mitigar os impactos ambientais causados pelos efluentes sanitários:

- Lançamento *in natura* de esgotos nos recursos hídricos: este impacto ocorre quando os esgotos não tratados ou inadequadamente tratados são lançados diretamente nos corpos d'água, provocando degradação da qualidade da água, redução de oxigênio dissolvido, proliferação de microrganismos nocivos e contaminação dos ambientes aquáticos.
- Degradação da qualidade das águas: o lançamento de matéria orgânica e microrganismos aumenta a carga poluente, levando à diminuição do oxigênio

dissolvido, o que prejudica a biodiversidade aquática e pode causar a morte de espécies, além de afetar atividades econômicas como a pesca e o consumo de água.

- Potencial risco à saúde pública: a ausência de tratamento adequado favorece a proliferação de doenças parasitárias e infecciosas em populações próximas aos recursos hídricos contaminados, representando um risco social importante.
- Impactos econômicos: a má qualidade da água e os riscos de contaminação podem gerar custos adicionais com saúde, saneamento emergencial e perda de atividades econômicas dependentes da água limpa.
- Interferências na infraestrutura urbana: interferências em córregos e redes existentes podem requerer realocação ou reforço de interceptores, além de possíveis interferências durante a implantação de obras, causando transtornos sociais e econômicos na urbanização.
- Aspectos sociais relacionados à qualidade de vida: a melhoria do saneamento, ao possibilitar um ambiente mais limpo e seguro, promove aumento na qualidade de vida da população, além de reduzir desigualdades ligadas ao saneamento básico precário.

5.3.1 Matriz de Leopold

A atribuição dos pesos de magnitude dos impactos ambientais, conforme apresentado na planilha, foi feita com base em uma avaliação técnica das alterações esperadas nos meios físico, biótico e antrópico.

A matriz de avaliação de impactos ambientais e sociais foi construída a partir da identificação dos principais efeitos gerados pela implantação e operação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Bambuí. Inicialmente, foram listadas as ações ou efeitos potenciais da ETE que compõem as linhas da matriz, dentre as quais, destacam-se: o lançamento de carga orgânica em corpos d'água, a geração de resíduos sólidos contaminados, a valorização imobiliária nas áreas do entorno e a proteção dos ecossistemas aquáticos, entre outros.

Em seguida, foram definidos os fatores ambientais e sociais que podem ser afetados por essas ações, representando as colunas da matriz, incluindo os componentes do meio físico (solo, água superficial, água subterrânea e ar), do meio biótico (fauna e flora) e do meio

antrópico (saúde pública, bem-estar da população, economia local, recursos culturais, impactos visuais, entre outros).

Para cada cruzamento entre uma ação e um fator ambiental/social, foi atribuído um valor de impacto, que representa a magnitude (intensidade e direção) dessa interação. Os valores variam de negativos (impactos adversos) a positivos (impactos benéficos), podendo também ser nulos (quando não se espera alteração significativa).

A atribuição dos valores foi feita com base em diferentes fontes de informação e critérios técnicos, incluindo a análise dos documentos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Bambuí, como projetos básicos; memoriais descritivos; estudos técnicos e levantamentos ambientais; experiência técnica da equipe responsável pela análise, considerando padrões usuais de impacto associados a estações de tratamento de esgoto; literatura técnica e científica na área ambiental, utilizada como referência para compreensão da natureza e intensidade dos impactos potenciais; características específicas do local de implantação da ETE, como a proximidade com áreas residenciais (ex.: bairro Senhora Sant'Ana); estágio de execução da obra; e as condições previstas para sua operação.

Consideraram-se as seguintes ações: supressão da vegetação, compactação e impermeabilização do solo, aumento do escoamento superficial, movimentação de terra, construção civil, trânsito de máquinas, geração de resíduos sólidos, geração de efluentes, escavações profundas, vazamento de óleos e combustíveis, interrupção de vias, consumo de energia elétrica, geração de empregos, estímulo à economia local e transferência de conhecimento técnico.

É importante ressaltar que as maiores pressões ambientais recaem sobre os elementos físico-químicos e biológicos do meio ambiente.

No meio físico-químico, o solo é fortemente afetado por movimentações de terra, geração de resíduos e efluentes, além de vazamentos de combustíveis, com impactos chegando a -8. As águas superficial e subterrânea também sofrem degradação, especialmente em função do aumento do escoamento superficial e da presença de resíduos e efluentes.

No que diz respeito ao ar, ele é prejudicado pela emissão de poluentes gerados por trânsito de máquinas, construção civil e consumo de energia, com impactos variando entre -3 e -6.

Nas condições biológicas, a fauna e a flora sofrem perdas devido à supressão da vegetação e ao descarte inadequado de resíduos. Os ecossistemas aquáticos são severamente

comprometidos por efluentes e vazamentos, com impactos chegando a -6. Também se observam perda líquida de habitats e alterações nos sistemas naturais.

Nos fatores socioeconômicos, os principais impactos negativos estão relacionados ao aumento do ruído e vibração, riscos de acidentes durante escavações e movimentação de máquinas, além de alterações visuais e sobre recursos culturais. A demanda por serviços públicos pode aumentar, especialmente em razão da geração de empregos e da instalação de infraestrutura temporária.

No entanto, apesar dos impactos negativos, o projeto também apresenta benefícios socioeconômicos significativos. A geração de empregos é um dos principais pontos positivos, com impacto avaliado em +6. Além disso, há estímulo à economia local e melhoria do bem-estar da população, também com impacto positivo de +6. Outro aspecto relevante é a transferência de conhecimento técnico para trabalhadores locais, promovendo capacitação e inclusão social.

Abaixo, na Figura 11, a Matriz de Leopold, que apresenta a avaliação dos impactos potenciais relacionados às atividades de construção da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), considerando os diferentes componentes dos meios físico, biótico e socioeconômico. Em seguida, na Figura 12, a matriz que demonstra a avaliação dos impactos potenciais relacionados à operação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), considerando os diferentes componentes dos meios físico, biótico e socioeconômico.

Figura 4: Matriz de Leopold - Matriz de Impactos Ambientais e Sociais durante a Fase de Construção da ETE

	Características Físicas e Químicas				Condições Biológicas				Fatores Socioeconômicos						
	Solo	Água Superficial	Água Subterrânea	Ar	Fauna	Flora	Alteração nos ecossistemas aquáticos	Perda líquida de habitats	Saúde pública	Bem-estar da população	Acidentes	Ruído e Vibração	Impacto visual	Recursos culturais	Demanda por serviços públicos
Supressão da vegetação	-1	-1	0	-1	-3	-1	0	-1	0	0	-1	-1	0	0	0
Compactação e impermeabilização do solo	-6	-1	-1	-3	-1	-1	0	-3	0	0	-3	-8	0	0	0
Aumento do escoamento superficial	-8	-4	-6	-3	0	0	-2	-1	0	-6	0	0	-2	0	-3
Movimentação de terra	-8	-1	-3	-2	0	0	0	0	-2	-2	-3	-8	-2	0	0
Construção civil	-4	-1	0	-3	-1	-1	-1	0	0	0	-3	-8	-1	0	0
Trânsito de máquinas	-3	-1	0	-6	-2	0	-1	0	0	-2	-3	-8	0	0	0
Geração de resíduos sólidos	-8	-6	-5	-3	-4	-3	0	0	-4	-4	0	0	0	0	0
Geração de efluentes	-8	-6	-3	-4	-4	-3	-6	-2	-4	-4	0	0	-6	0	-5
Geração de empregos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	-3
Alteração visual da paisagem	-1	-1	0	-3	-3	-1	-2	0	0	3	0	0	-3	3	0
Estímulo à economia local	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
Escavações profundas	-6	-1	-4	-1	-2	0	0	0	0	-2	-5	-5	0	0	0
Transferência de conhecimento técnico para trabalhadores locais	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	-3
Vazamento de óleos e combustíveis	-6	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-1	0	0	0	0	0	0	0
Interrupção de vias	-1	0	0	-4	0	0	0	0	0	-4	0	0	0	0	0
Consumo de energia elétrica	-1	0	0	-4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3

Fonte: A autora, 2025.

Figura 12: Matriz de Impactos Ambientais e Sociais durante a Fase de Operação da ETE.

Fonte: A autora, 2025.

	Solo	Água Superficial	Água Subterrânea	Air	Fauna	Flora	Alteração nos ecossistemas	Perda líquida de habitats	Saúde pública	Bem-estar da população	Acidentes	Ruído e Vibração	Impacto visual	Recursos culturais	Economia local	Demanda por serviços públicos
Carga orgânica lançada em corpos d'água	-3	-8	-8	-1	-6	-6	-6	-5	-8	-8	0	0	-7	0	0	-3
Poluição difusa e eutrofização	-3	-1	-1	0	-2	-2	-5	-3	-2	-3	0	0	-8	0	0	0
Vazamentos ou transbordamentos em caso de falhas operacionais	-6	-7	-8	-3	-5	-5	-8	-5	-3	-3	-3	0	-2	0	-2	-3
Mau cheiro	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	-3	0	0	0	0	0	0
Doenças de veiculação hídrica	0	-6	-6	0	0	0	0	0	-8	-8	0	0	0	0	0	-8
Valorização imobiliária	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	6	0	9	5
Estigmatização social	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	0	0	-3	-3	0	0
Geração de resíduos sólidos contaminados	-6	-8	-8	-6	-3	-3	-9	-6	-6	-6	0	0	-3	0	0	-4
Emissão de odores e gases	0	0	0	-3	-2	-2	0	0	-6	-6	0	0	0	0	-2	0
Redução de matéria orgânica e DBO	3	3	3	2	3	3	3	0	6	6	0	0	0	0	0	4
Transformação de poluentes em subprodutos menos tóxicos	7	8	5	3	3	3	7	0	4	4	0	0	2	0	3	4
Proteção de ecossistemas aquáticos	3	8	6	0	3	3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Uso de substâncias químicas	-3	-3	-1	-3	-2	-2	-3	-1	-3	-3	-2	0	0	0	0	0
Compostagem do resíduo	7	3	3	2	3	3	5	2	6	6	0	0	-2	0	0	0
Consumo de energia elétrica	-1	-2	0	-4	-1	-1	-3	-3	0	0	0	0	0	0	0	-6
Proliferação de insetos	0	-1	0	-2	-3	0	-2	0	-6	-6	0	0	0	0	0	0

A análise da matriz de impactos evidencia que os impactos negativos mais intensos estão associados principalmente às ações de lançamento de carga orgânica em corpos d'água e a vazamentos ou transbordamentos decorrentes de falhas operacionais. Essas ocorrências apresentam elevada magnitude negativa sobre diversos componentes ambientais, afetando diretamente o solo, as águas superficiais e subterrâneas, além da fauna, da flora e da saúde pública. Da mesma forma, a geração de resíduos sólidos contaminados também se destaca como um impacto adverso significativo, exigindo sistemas de controle, coleta e destinação final adequados para evitar contaminações secundárias. Em geral, esses impactos estão mais ligados

a situações de operação inadequada, falhas técnicas ou ausência de manutenção preventiva da ETE (RASHID *et al.*, 2023).

Por outro lado, a matriz também demonstra o potencial de impactos positivos significativos, especialmente quando a estação opera de forma eficiente e contínua. Destacam-se, nesse sentido, a redução da carga orgânica e da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos esgotos tratados, a transformação de poluentes em subprodutos menos tóxicos, a proteção dos ecossistemas aquáticos e a compostagem adequada dos resíduos gerados. Esses benefícios contribuem não apenas para a melhoria da qualidade ambiental, mas também para a promoção da saúde pública e da sustentabilidade local (ALMÁSI *et al.*, 2025).

Em relação aos impactos sociais, observam-se efeitos de natureza mista. A valorização imobiliária nas áreas atendidas pela ETE, aliada à melhoria da saúde pública, representam um ganho importante para a população e para o desenvolvimento urbano. Contudo, há também potenciais impactos sociais negativos, como a percepção de mau cheiro e a estigmatização social de áreas próximas à estação, especialmente quando há falhas no controle de odores ou quando a população não é devidamente informada sobre os benefícios reais do empreendimento. Assim, a comunicação com a comunidade e o planejamento urbano adequado tornam-se essenciais para mitigar esses efeitos e reforçar os aspectos positivos do projeto.

5.3.2 Avaliação dos impactos ambientais causados pela construção e operação da ETE

A análise dos impactos ambientais identificados foi apresentada com base nos meios afetados, nas fases do empreendimento, nas atividades relacionadas a cada impacto e nas fontes geradoras desses efeitos.

Para cada impacto negativo potencial identificado, foram sugeridas medidas mitigadoras, assim como ações que potencializam os impactos considerados positivos.

Durante a fase de construção, os impactos mais recorrentes incluem a movimentação de terra, a supressão de vegetação, a emissão de poeira e ruídos e o aumento do tráfego de veículos pesados. Tais impactos interferem diretamente nos meios físico e biótico, além de comprometerem o bem-estar da população do entorno. A geração de resíduos da construção civil também representa um problema crítico, uma vez que o descarte inadequado pode resultar em poluição do solo e da água.

Para minimizar esses efeitos, destaca-se a realização de estudos prévios para preservar áreas sensíveis de vegetação e fauna, além do uso de barreiras contra poeira e ruídos, horários controlados para atividades mais intensas e o planejamento de rotas de tráfego para

reduzir os impactos na mobilidade urbana. A gestão adequada dos resíduos, com ênfase na reutilização e reciclagem de materiais, também se apresenta como uma prática sustentável e essencial.

Apesar dos impactos ambientais, a fase de construção pode trazer benefícios sociais e econômicos significativos, como a geração de empregos diretos e indiretos, o estímulo à economia local e a capacitação da mão de obra regional. A priorização da contratação de trabalhadores locais, aliada à realização de programas de capacitação, estágios e certificações, ampliam os efeitos positivos e contribuem para o desenvolvimento sustentável da comunidade envolvida.

Na fase de operação, os principais impactos ambientais estão associados ao lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos, à geração e destinação do lodo, à emissão de odores e ruídos e ao risco de acidentes e vazamentos. Além disso, o consumo elevado de energia elétrica pode aumentar a pegada de carbono da ETE, especialmente se não forem adotadas práticas de eficiência energética. A proliferação de insetos também pode ocorrer, afetando a saúde pública e o bem-estar da população vizinha.

A operação de uma ETE proporciona benefícios amplos e duradouros. A redução da poluição hídrica, a melhoria da saúde pública e a valorização imobiliária da região são impactos diretos que transformam o ambiente urbano. Além disso, a ETE pode estimular políticas públicas de saneamento e gerar economia nos gastos com saúde pública ao reduzir doenças de veiculação hídrica.

Para maximizar esses benefícios, recomenda-se integrar a ETE com programas de educação ambiental, campanhas de saúde pública e projetos urbanísticos no entorno. A criação de planos de carreira para funcionários, parcerias com universidades e o uso inovador de subprodutos (como o reuso agrícola do lodo ou a produção de biogás) reforçam a sustentabilidade do empreendimento. A transparência na divulgação de resultados e o reinvestimento dos ganhos econômicos em setores sociais fortalecem o vínculo da ETE com a comunidade.

A seguir, na Tabela 2, expõem-se os impactos ambientais e as medidas mitigadoras para a construção e operação da ETE, informando os possíveis impactos ambientais negativos e positivos referentes à construção e operação, assim como as propostas de medidas mitigadoras, ações de controle ambiental, planos de acompanhamento e monitoramento dessas medidas.

Tabela 1: Impactos Ambientais e Medidas Mitigadoras para a Construção e Operação da ETE

Fase	Fonte Impacto	Medidas Mitigadoras
Construção	<ul style="list-style-type: none"> ● Movimentação de terra e supressão de vegetação, causando alterações no relevo e habitat da fauna local. ● Geração de resíduos de construção civil que devem ser corretamente destinados. ● Emissão de poeira e ruídos provenientes das atividades de construção, afetando a qualidade do ar e o conforto da vizinhança. ● Aumento do tráfego de veículos pesados, causando impactos no trânsito local. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Realização de estudos prévios para identificar áreas de vegetação a serem preservadas. Implementação de medidas de proteção e recuperação de vegetação após a conclusão da obra. ● Implementação de medidas de proteção e recuperação de vegetação após a conclusão da obra. ● Utilização de técnicas de reutilização e reciclagem de materiais durante a construção. Contratação de empresas especializadas para destinação correta dos resíduos. ● Uso de barreiras de contenção de poeira e ruídos durante as atividades de construção. ● Estabelecimento de horários específicos para realização de atividades mais ruidosas. ● Planejamento prévio das rotas de transporte, buscando minimizar o impacto no trânsito local. Compartilhamento de veículos e implementação de formas alternativas de transporte para os trabalhadores. ● Emprego de técnicas de reutilização e reciclagem de materiais durante a construção. ● Contratação de empresas especializadas para destinação correta dos resíduos. ● Uso de barreiras de contenção de poeira e ruídos. ● Estabelecimento de horários específicos para atividades ruidosas. ● Planejamento prévio das rotas de transporte, buscando minimizar o impacto no trânsito.

- Priorização de mão de obra local, reduzindo deslocamentos e aumentando os benefícios sociais.

Operação

- Lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos, podendo alterar a qualidade da água e afetar a vida aquática.
- Geração do lodo proveniente do tratamento, que deve ser corretamente destinado, evitando a contaminação do solo e da água.
- Emissão de odores que podem incomodar a população do entorno.
- Consumo de energia elétrica para o funcionamento da ETE, contribuindo para o impacto ambiental de geração de energia.
- Ruídos gerados pelos equipamentos da ETE, afetando o conforto acústico da vizinhança.
- Proliferação de insetos - pode ocorrer o aparecimento de insetos devido aos odores ocasionados pelo tratamento dos efluentes domésticos.
- Risco de acidentes operacionais e vazamentos.
- Monitoramento constante da qualidade da água nos corpos receptores para garantir conformidade com os padrões estabelecidos. Implementação de técnicas avançadas de tratamento para melhorar a qualidade dos efluentes.
- Implementação de sistemas de desidratação e secagem do lodo para facilitar sua destinação final. Uso de tecnologia de tratamento do lodo que reduz seu volume e potencial de contaminação.
- Instalação de coberturas e sistemas de captação de gases nos tanques de armazenamento de efluentes e lodo. Utilização de produtos neutralizantes de odores para reduzir seu impacto na vizinhança.
- Adoção de medidas de eficiência energética nos processos da ETE para reduzir o consumo de eletricidade.
- Manutenção regular dos equipamentos para minimizar ruídos e garantir seu correto funcionamento.
- Adoção de técnicas de operação e manejo apropriadas durante a operação para que o empreendimento não comprometa o bem-estar da população circunvizinha. Aplicação de dosagens adequadas de algum tipo de inseticida para não perturbar o funcionamento do reator; remoção da camada de espuma.

Tabela 2: Impactos Ambientais positivos e sua potencialização

Fase	Impacto Positivo	Potencialização dos impactos positivos
------	------------------	--

Construção

- Geração de empregos diretos e indiretos durante a fase de obras.
- Estímulo à economia local com a contratação de serviços e compra de materiais.
- Oportunidade de capacitação da mão de obra local.
- Minimização da poluição da água, do solo e do ar, causada pelos efluentes lançados sem tratamento.
- Diminuição ou estagnação da propagação de doenças que podem ser causadas pelo consumo ou contato direto com a água não tratada.
- Priorização da contratação de mão de obra da própria região.
- Parcerias com escolas técnicas e universidades para oferecer capacitação específica em construção e saneamento.
- Promoção de programas de estágio e aprendizagem para jovens locais.
- Realização de treinamentos contínuos durante a obra.
- Oferta de certificações técnicas que possam ser utilizadas futuramente pelos trabalhadores em outros projetos.
- Incentivo à participação feminina em funções técnicas, ampliando a inclusão social.

Operação

- Redução da poluição hídrica, do solo e do ar, causada pelos efluentes lançados sem tratamento.
- Melhoria das condições de saúde pública, diminuindo a propagação de doenças de veiculação hídrica.
- Valorização imobiliária e melhoria da qualidade de vida da população local.
- Geração de emprego e renda por meio da contratação de funcionários.
- Incentivo a novas políticas públicas de saneamento e preservação ambiental.
- Subsídio nas finanças públicas, reduzindo gastos com saúde decorrentes de doenças relacionadas à falta de saneamento.
- Subsídio nas finanças públicas.
- Manutenção de programas permanentes de monitoramento da qualidade da água, divulgando resultados de forma transparente para a comunidade.
- Integração da ETE com campanhas de educação ambiental e saúde para conscientizar a população sobre o uso correto do esgoto e do lixo.
- Trabalho em conjunto com postos de saúde e escolas para reduzir doenças de veiculação hídrica.
- Desenvolvimento de projetos urbanísticos e ambientais no entorno da ETE (praças, áreas verdes, trilhas educativas).
- Oferecimento de planos de carreira e capacitação contínua para os funcionários da ETE.
- Criação de parcerias com universidades e institutos para pesquisas aplicadas na estação.

- Desenvolvimento de projetos de reuso agrícola do lodo, em parceria com agricultores locais, quando comprovada a segurança sanitária.
- Exploração de usos inovadores, como produção de biogás ou insumo, em materiais de construção (tijolos ecológicos).
- Demonstração dos ganhos econômicos indiretos do saneamento (redução de gastos com saúde, valorização da região).
- Incentivo referente a parte da economia gerada ser reinvestida em projetos de educação, saúde e preservação ambiental.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise técnica, operacional, econômica e social referente à Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de Bambuí evidencia que o projeto iniciado em 2006, apesar de parcialmente executado, possui uma base consistente para a conclusão do sistema de esgotamento sanitário. A implantação da ETE representa um marco importante para a melhoria das condições de saneamento, saúde pública e qualidade ambiental da cidade.

A avaliação das alternativas de tratamento demonstrou que a opção por reatores anaeróbios, seguidos de lagoa de polimento (Alternativa I), é a mais adequada para o contexto local, considerando o baixo custo de operação, simplicidade técnica, eficiência no tratamento da carga orgânica e compatibilidade com as obras civis já executadas. Ajustes como ampliação da lagoa ou instalação de chicanas permitirão otimizar a remoção de DBO e coliformes, garantindo conformidade com a legislação ambiental.

Além dos aspectos técnicos, a pesquisa de percepção social revelou que a população reconhece a importância da ETE, mas demanda maior comunicação, educação ambiental e envolvimento comunitário no acompanhamento das obras. A inclusão da comunidade nas decisões contribui para a aceitação do projeto, o fortalecimento da governança local e a mitigação de impactos sociais e ambientais.

Portanto, a conclusão e operação da ETE de Bambuí não só atenderão aos requisitos legais e técnicos, mas também trarão benefícios diretos à saúde pública, preservação ambiental e qualidade de vida da população, consolidando-se como uma solução sustentável e estratégica para o município.

A análise da matriz de impactos evidencia que a construção e operação da ETE apresentam tanto impactos negativos quanto positivos significativos sobre os meios ambiental, social e econômico. Entre os impactos adversos mais relevantes, destacam-se a contaminação de corpos hídricos e do solo por efluentes e lodos mal gerenciados, a emissão de odores e ruídos, a geração de resíduos sólidos, além de riscos operacionais decorrentes de falhas técnicas ou de manutenção inadequada. Tais efeitos reforçam a necessidade de adoção de medidas mitigadoras eficazes, monitoramento contínuo e gestão preventiva, conforme sugerido nas práticas recomendadas para construção e operação da estação (MDPI, 2023¹; MDPI, 2025²).

Por outro lado, os impactos positivos podem ser amplamente potencializados quando a ETE opera de forma eficiente, garantindo a redução da carga orgânica e da DBO, a melhoria da qualidade da água e do solo, a proteção dos ecossistemas aquáticos, além da valorização imobiliária e do fortalecimento da saúde pública local. A integração de programas educativos, o reaproveitamento de subprodutos e a capacitação da mão de obra contribuem para a maximização desses benefícios e para a promoção da sustentabilidade socioambiental do entorno da estação.

Portanto, o desenvolvimento da ETE, aliado a um planejamento robusto e à implementação de medidas preventivas e corretivas, mostram-se essenciais não apenas para minimizar os impactos negativos, mas também para potencializar os efeitos positivos, consolidando a importância do saneamento como um instrumento de saúde pública, proteção ambiental e desenvolvimento sustentável.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMÁSI, C.; VERES, Zoltán; DEMETER, I.; OROSZ, V.; TÓTH, T; MANSOUR, M. M.; HENZSEL, I.; BOGDÁNYI, Z.; SZEGI, T. A.; MAKÁDI, M. **From wastewater to soil amendment: a case study on sewage sludge composting and the agricultural application of the compost.** *Water*, v. 17, n. 13, p. 2026, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/w17132026>

ALMEIDA JÚNIOR, M. A. B.; ALMEIDA, R.S.; SILVA, G. O.C. Diagnóstico dos impactos ambientais provocados pelo lançamento de esgotos no Rio Piancó em Pombal-PB. **Revista GeoSertões**, Pombal, v. 2, n. 3, p. 23–35, jan./jun. 2017. DOI: [10.56814/geosertoes.v2i3.427](https://doi.org/10.56814/geosertoes.v2i3.427)

ALMEIDA, J. R.; BASTOS, A. C. S. Licenciamento Ambiental Brasileiro no Contexto da Avaliação de Impactos Ambientais. In: CUNHA, S. B.; G., A. J. T. **Avaliação e Perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.77-113.

ANDREOLI, C. V. VON SPERLING, M. FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. 2 a edição, Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014

BITTENCOURT, S.; AISSE, M. M.; SERRAT, B. M. **Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 6, nov/dez 2017, p. 1129-1139, 2017.

BROSTEL, R. C.; SOUZA, M. A. A., Uma proposta para avaliação do grau de impacto provocado por estações de tratamento de esgotos. **23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 18 a 23 de setembro de 2005** – Campo Grande/MS.

CASTANHEIRA, J. P. A.; BAYDUM, V. P. A. Percepção dos impactos socioambientais da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) relatados pelos moradores do Residencial Olho d'Água, Jaboatão dos Guararapes, PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 876–887, 2015.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). **Relatórios de referência emissões de metano notratamento e na disposição de resíduos**. 2006.

COPASA – Concessionária de Saneamento de Minas Gerais S.A. **Processos de tratamento**. Disponível em: <https://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/esgotamento-sanitario/processos-de-tratamento>. Acesso em: 3 nov. 2025.

CORDEIRO, S. A. **Odores de esgoto: problemas de saúde pública na grande Cuiabá – Mato Grosso**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão e Perícia Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2016.

DESPRO PROJETOS. **Projeto básico de engenharia: sistema de esgotamento sanitário – diagnóstico e estudo de alternativas, Bambuí – MG. Volume II: memorial descritivo**. Contrato n.º 1.355.00/2013. Belo Horizonte: Despro Projetos, jul. 2014.

FARTO, C. D; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; SENA, R.F.; ROSENHAIM, R. Contaminantes emergentes no Brasil na década 2010-2019 – Parte I: ocorrência em diversos ambientes aquáticos. **REGA – Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, 2021. ISSN 2359-1919.

FERNANDES, C. **Esgotos sanitários**. João Pessoa: Editora da UFPb, 1997.

GIULIANO, Rosana Cristina de Souza. **Avaliação do impacto da proliferação de odores ofensivos do tratamento de esgotos sobre a saúde e o bem-estar públicos: ETE Piracicamirim** – Piracicaba – SP. 2002. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.6.2002.tde-03022021-125547>. Acesso em: 20 set.2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Município de Bambuí: panorama**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/bambui/panorama>. Acesso em: 3 nov. 2025.

Instituto Trata Brasil; GO Associados. *Ranking do Saneamento 2023*. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2023/>. Acesso em: 20 set.2025.

JORDÃO, E. P. e PESSOA, A. C. Tratamento de esgotos domésticos, concepções clássicas de tratamento de esgotos, 2ª edição. **CETESB**, São Paulo, 1995, 544p.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4 ed. Rio de Janeiro. 2005. 932 p.

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 Estação de Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro. Qualitymark. 145p. 2002.

LEOPOLD, L.B.; CLARKE, FE; HANSHAW, BB; BALSLEY, J. R. Um procedimento para avaliar o impacto ambiental. Pesquisa Geológica dos EUA, Washington: **Geológico Pesquisa** 1971. 13p. Circular 645.

LILIAMTIS, T. B.; MANCUSO, P. C. S. A aplicação de nitrato de amônio para o controle de odores em sistemas de coleta de esgotos sanitários. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, v. 1, n. 2, p. 37–45, 2004.

LINS, G. A. **Impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos (ETEs)**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

LUZ, Sara França; ROSADO, Vinícius Braga; VIEIRA, Vitoria Maria Rocha; BAPTISTA, José Abel de Andrade; NOVAIS, Rosana Aparecida Bueno de. Sustentabilidade nas Áreas Financeira e Logística no Brasil. **EnGeTec em Revista**, v. 2, n. 3, e23170, maio-jun. 2025. DOI: 10.5281/zenodo.14931702. ISSN 2965-9302. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/slr/cel/N3127.pdf>. Acesso em: 3 nov. 2025.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. Petrópolis, R.J.: Editora Vozes, 2001.

MIGUEL, A.R; BEVILACQUA,N; GUERRA,P.A.D.V; BAPTISTELLI,S.C. Tratamento de águas residuárias domésticas. In: ROMÉRO,M.A.; PHILIPPI JR.,A.; BRUNA,G.C. **Panorama ambiental da metrópole de São Paulo**. São Paulo: Signus, p. 77-87, 96-103. 2004.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. **Termo de referência para elaboração do Relatório Ambiental Simplificado – RAS: Interceptores, Emissários, Elevatórias e Reversão de Esgoto e Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário (Códigos E-03-05-0 e E-03-06-9)**. Belo Horizonte: Governo do Estado de Minas Gerais, [s.d.].

MONTSORIU, J.D.T. **Ingeniería Sanitaria: tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales**. 2º edição. Barcelona: Editorial Labor, S. A., p 1, 12, 13, 133. 1985.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

MOTA, S.; AQUINO, M. D. Proposta de uma matriz para avaliação de impactos ambientais. In: **Simpósio Ítalo Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental**, 6., 2002, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: ABES, 2002. p. 1-9. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/9261> . Acesso em: 04 jul.2024

MOTTA, S. Saneamento. In: Rouquayrol, M.Z. **Epidemiologia & Saúde**. 4.ed. Rio de Janeiro: MEDS, 1993, Cap.12, p.343-364.

OGERA, R.C.; PHILIPPI JR., A. Estudo comparativo da gestão municipal estadual de serviços de água e esgoto. In: ROMÉRO, M. A.; PHILIPPI JR., A.; BRUNA, G. C. Panorama ambiental da metrópole de São Paulo. São Paulo: **Signus**, 2004. p. 545- 552.

OLIVEIRA, A.S. **Tratamento de Esgoto pelo sistema de lodos ativados no Município de Ribeirão Preto, SP: Avaliação da remoção de metais pesados**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2006.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Constituição da Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO)** - 1946. Disponível em: . Acesso em: 18 abr 2019.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **OMS pede aumento de investimentos para atingir meta de banheiro para todos**. 1 out. 2018. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/1-10-2018-oms-pede-aumento-investimentos-para-atingir-meta-banheiro-para-todos> Acesso em: 3 nov. 2025.

PESSOA,C.A; JORDÃO, E.P. - **Tratamento de Esgotos Domésticos**, 4a. Ed. Rio de Janeiro, ABES, 2009.

PIMPÃO, H. **Avaliação dos impactos ambientais da estação de tratamento de esgoto do bairro CPA III – Lagoa Encantada em Cuiabá/MT utilizando indicadores ambientais**. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) — Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2011. Disponível em: https://ri.ufmt.br/bitstream/1/1741/1/DISS_2011_Heloisa%20Pimp%C3%A3o.pdf. Acesso em: 3 nov. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE Bambuí (MG). **Dados gerais**. Disponível em: <https://www.bambui.mg.gov.br/dados->

STAMM, H. G. **Método para avaliação de impacto ambiental (aia) em projetos de grande porte: estudo de caso de uma usina termelétrica.** 2003. 265f. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: . Acesso em 14 jul. 2024

TERA Ambiental. Conheça os danos causados pelos efluentes não tratados. **Blog da Tera Ambiental**, 22 jul. 2021. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/bid/350779/conheca-os-danos-causados-pelos-efluentes-nao-tratados>. Acesso em: 3 nov. 2025.

TIAN, Yuhe; LIU, Shuang; GUO, Zheng; WU, Nan; LIANG, Jiaqi; ZHAO, Ruihua; HAO, Linlin; ZENG, Ming. **Insight into greenhouse gases emissions and energy consumption of different full-scale wastewater treatment plants via ECAM tool.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 20, p. 13387, 2022.

TRATA BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/objetivo-do-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

TRATAMENTO DE ÁGUA. **A importância do controle de odor em estações de tratamento de efluentes.** Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/importancia-do-controle-de-odor-em-estacoes-de-tratamento-de-efluentes/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

TRILHO Ambiental. **03 ferramentas para fazer uma Avaliação de Impacto Ambiental.** Disponível em: <https://www.trilhoambiental.org/post/2019/01/14/03-ferramentas-para-fazer-uma-avalia-25c3-25a7-25c3-25a3o-de-impacto-ambiental>. Acesso em: 3 nov. 2025.

VIEIRA, M. M. Contribuição para o desenvolvimento de políticas públicas de controle de incômodos olfativos no Brasil. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental / Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Santa Catarina; Universidade de Montpellier, 2017.

VIEL, R. **Estudo do funcionamento da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus da Fundação Oswaldo Cruz.** 1994. 54 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade Oswaldo Cruz, Fiocruz, Rio de Janeiro, 1994.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 211p.

APÊNDICE A- Folder explicativo sobre a Importância da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) para a Comunidade de Bambuí

A ETE de Bambuí está sendo construída para cuidar da nossa água, da nossa saúde e do futuro da cidade.

O que é a ETE?

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é uma instalação projetada para tratar o esgoto gerado pela população antes de ser devolvido ao meio ambiente.

A ETE de Bambuí trará muitos benefícios para nossa cidade

Importância da ETE:

- **Saúde Pública:** O tratamento do esgoto previne doenças que podem ser transmitidas pela água contaminada, protegendo a saúde de todos.
- **Proteção Ambiental:** A ETE evita que poluentes sejam lançados diretamente nos rios e lagos, ajudando a preservar a vida aquática e os ecossistemas.
- **Reutilização de Recursos:** A água tratada pode ser reutilizada em atividades como irrigação, contribuindo para a economia de água potável.

Impactos Positivos da ETE

- **Melhoria da Qualidade da Água:** melhora a qualidade da água nos corpos hídricos, tornando-a mais segura para uso.
- **Desenvolvimento Sustentável:** A ETE é um passo importante garante que o crescimento urbano não prejudique o meio ambiente.
- **Conscientização:** A ETE também serve como uma ferramenta de educação, conscientizando a população sobre a importância do saneamento básico.

ETE

faça sua parte!

Algumas dicas simples para reduzir o impacto ambiental incluem:

- **Informe-se:** Fique atento às informações sobre a ETE e participe das discussões sobre saneamento na cidade.
- **Conscientize:** Compartilhe informações sobre a importância da ETE e do saneamento básico com amigos e familiares.

APÊNDICE B - Questionário com os moradores do entorno da ETE

Este questionário tem como objetivo avaliar a percepção e a satisfação dos moradores no entorno da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Bambuí. Os resultados deste levantamento serão utilizados para elaboração do meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de graduação do IFMG Campus Bambuí, contribuindo para a discussão sobre a importância do saneamento básico e a finalização das obras da ETE.

Bairro: _____ Setor _____

1. Você sabe para onde vão os esgotos das casas de Bambuí?

Sim Não

2. Você acha que é importante a prefeitura investir na finalização da construção da ETE?

Sim Não

3. Você sabe o que uma ETE pode trazer de benefício para a população?

Sim Não

4. Quais benefícios você acha que uma ETE poderá trazer para a população de Bambuí?

Diminuição nas doenças transmitidas por contaminação de água.

Valorização dos bairros.

Proteção das fontes de água para a população.

Redução de animais como mosquitos e ratos.

Aumento da qualidade de vida da população.

5. Você acha que é bom para o meio ambiente o município implantar a ETE?

Sim Não

6. Quais benefícios para o meio ambiente que uma ETE poderá causar?

Redução na poluição da água.

Redução na poluição do solo.

Redução na poluição do ar.

Proteção aos animais.

Melhora na qualidade da água usada para consumo pela população

7. Você sabe como uma ETE funciona?

Sim Não

8. Você já percebeu problemas de saneamento na sua região?

Sim Não

Se sim, quais? _____

9. Como você avalia a comunicação da prefeitura sobre o andamento das obras da ETE?

Muito fraco

Fraco

Bom

Muito bom

10. Você se sente seguro em relação ao tratamento de esgoto na sua área?

Sim Não

11. Você gostaria de participar de reuniões ou discussões sobre o andamento da ETE?

Sim Não

12. Você gostaria de ver campanhas educativas sobre o saneamento básico na sua comunidade?

Sim Não

13. Quando a ETE começar a funcionar, qual é o seu maior incômodo ou preocupação?

Odor

Aumento de insetos

Barulho

Outros

14. Você tem alguma sugestão ou comentário adicional sobre a ETE e o tratamento de esgoto em Bambuí?

Sim Não

Se sim, quais? _____