

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CAMPINAS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO EMPRESARIAL

ROSELAYNE MOREIRA

**A EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE LODO ATIVADO COMO  
FERRAMENTA ESG**

CAMPINAS/SP  
2024

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE CAMPINAS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO EMPRESARIAL

ROSELAYNE MOREIRA

**A EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE LODO ATIVADO COMO  
FERRAMENTA ESG**

Trabalho de Graduação apresentado por Roselayne  
Moreira, como pré-requisito para a conclusão do  
Curso Superior de Tecnologia em Gestão  
Empresarial, da Faculdade de Tecnologia de  
Campinas, elaborado sob a orientação do Prof. Me.  
Sandro Pinheiro de Assis Cosso.

CAMPINAS/SP  
2024

**FICHA CATALOGRÁFICA**  
**CEETEPS - FATEC Campinas – Biblioteca**

M838e

MOREIRA, Roselayne

A eficiência do sistema de lodo ativo como ferramenta ESG.  
Roselayne Moreira. Roselayne Moreira. Campinas, 2024.  
49 p.; 30 cm.

Trabalho de Graduação do Curso de Gestão Empresarial  
Faculdade de Tecnologia de Campinas.

Orientador: Prof. Me. Sandro Pinheiro de Assis Cosso.

1. ESG. 2. Sustentabilidade. 3. Lodo. I. Autor. II. Faculdade de  
Tecnologia de Campinas. III. Título.

CDD 628.162

Catálogo-na-fonte: Bibliotecária: Aparecida Stradiotto Mendes – CRB8/6553

TG GE 24.1



Fatec Campinas

ANEXO 8a

ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO II

Nome e RA da discente: Roselayne Moreira | RA 2760642121035

Título: O Uso do Lodo Ativado como Prospecção de ESG na Gestão Empresarial

Média Final	10,0	Aprovado	<input checked="" type="checkbox"/>	Reprovado	<input type="checkbox"/>
Observações: <i>Atendeu as recomendações da Banca.</i>					

Campinas, 27 de junho de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

  
Prof. Sandro Pinheiro de Assis Cosso – Orientador

  
Profª. Haydée Siqueira Santos – Membro 1 da banca

  
Profª. Jéssica Cinthia Silva – Membro 2 da banca

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela dádiva da vida, é por Sua graça que chego a mais uma conquista, e essa jornada tem sido uma verdadeira prova de sua sabedoria e direção.

Agradeço de coração aos meus amados pais, Maria Helena e Aparecido. Seu apoio inabalável e amor incondicional foram a âncora que me sustentou em todos os momentos. A fé que sempre depositaram em mim foi a luz que iluminou meu caminho e por isso sou eternamente grata.

À minha querida avó Gersila, e às minhas tias Isabel e Rosa, expresso minha profunda gratidão. Suas portas sempre estiveram abertas para mim, e o lar que me proporcionaram durante o tempo do curso foi mais do que uma casa; foi um refúgio. Vocês foram fundamentais para que esse momento acontecesse.

Gratidão à minha supervisora, Jenifer Coutinho, quem me apresentou a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) não apenas enriqueceram minha experiência profissional, mas também me proporcionou uma compreensão mais profunda e um amor pelo tratamento ambiental.

Agradeço a Faculdade de Tecnologia – FATEC Campinas pela oportunidade de realizar a graduação em Gestão Empresarial.

Gratidão ao meu orientador Prof. Me. Sandro Pinheiro de Assis Cosso por toda orientação, dedicação e empenho. Foram elementos cruciais para a realização deste momento importante na minha jornada.

Gratidão a minha amiga Bianca Pires que foi minha companheira durante todo o tempo de curso, nossa jornada acadêmica foi repleta de desafios, conquistas e, acima de tudo, momentos incríveis que compartilhamos juntas.

Agradeço ao meu noivo, Daniel, por todo o apoio, paciência e amor. Sua presença constante e incentivo contínuo foram essenciais para me manter motivada e seguir em frente. Sou imensamente grata por tê-lo ao meu lado.

Gratidão a todos os docentes que contribuíram para a minha formação acadêmica, guardarei todos os ensinamentos.

## **RESUMO**

Neste trabalho foi realizada uma análise sobre os benefícios da utilização do lodo de esgoto em atividades agrícolas e a consolidação do conceito ambiental, social e governança (ESG) nessa área. O tratamento de efluentes é um processo que permite o reuso da água que foi exposta a produtos químicos ou de destinação doméstica, conhecido como esgoto, ao final desse processo gera-se o lodo. As estações de tratamento geram toneladas de lodo por ano, o descarte incorreto desse resíduo pode agravar ainda mais as condições ambientais afetando os corpos hídricos, e extinguindo a fauna e flora. As boas práticas incentivam um olhar consciente no meio empresarial sobre seus processos e o desenvolvimento sustentável. O descarte correto do lodo gera benefícios para o cultivo das plantações e do solo, devolvendo os nutrientes e reequilibrando o pH. A responsabilidade empresarial tem ponto significativo para o meio ambiente, pois, são as empresas e estações de tratamento que geram maior volume de resíduo, é de extrema importância a preservação dos recursos naturais para que as próximas gerações possam desfrutar e ter uma qualidade de vida.

**Palavras chaves:** ESG; Sustentabilidade; Lodo.

## **ABSTRACT**

In this work, an analysis was carried out on the benefits of using sewage sludge in agricultural activities and the implications of the environmental, social and governance (ESG) concept in this area. Effluent treatment is a process that allows the reuse of water that has been exposed to chemicals or for domestic use, known as sewage. At the end of this process, sludge is generated. Treatment plants generate tons of sludge per year, the indirect disposal of this discharge can further aggravate environmental conditions, affecting water bodies, and extinguishing fauna and flora. Good practices encourage a conscious look in the business environment about their processes and sustainable development. The correct disposal of sludge generates benefits for the cultivation of crops and the soil, returning nutrients and rebalancing the pH. Corporate responsibility has a significant impact on the environment, as it is companies and treatment plants that generate the greatest volume of waste. It is extremely important to preserve natural resources so that future generations can enjoy and have a better quality of life.

**Keywords:** ESG; Sustainability; Sludge.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Aterro Sanitário .....	13
<b>Figura 2-</b> Rio Piracicaba fica com duas cores após despejo irregular de lodo .....	14
<b>Figura 3-</b> Esquema da composição geral do esgoto doméstico.....	18
<b>Figura 4-</b> Etapa biológica do sistema de lodos ativados .....	22
<b>Figura 5-</b> Economia Circular.....	32
<b>Figura 6-</b> Usina Verde de Compostagem .....	35
<b>Figura 7-</b> Trituração das podas.....	36
<b>Figura 8-</b> Leiras .....	36
<b>Figura 9-</b> Lodo despejado nas podas de arvores .....	37
<b>Figura 10-</b> Mistura do lodo com as podas de arvores .....	37
<b>Figura 11-</b> Peneiramento .....	38
<b>Figura 12-</b> Fertilizante Orgânico.....	39
<b>Figura 13-</b> Viveiro Municipal de Campinas.....	40

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1-</b> Processos para obtenção de bioossólido Classe A. ....	25
<b>Tabela 2-</b> Processos para obtenção de bioossólido Classe B.....	25
<b>Tabela 3-</b> Critérios para redução de atratividade de vetores para uso de bioossólido, em solos.....	26
<b>Tabela 4-</b> Classificação de fertilizantes.....	26
<b>Tabela 5-</b> Usos permitidos e respectivas restrições para lodos classe A.....	29
<b>Tabela 6 -</b> Usos permitidos e respectivas restrições para lodos classe B. ....	29

## **LISTA DE ABREVIACÕES**

CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EPTV	Empresa Paulista de Televisão
ESG	Ambiental, Social e Governança.
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes/Esgoto
IAC	Instituto Agrônomo de Campinas
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
SEMAE	Serviço Municipal de Águas e Esgotos
UGL	Unidade de Gerenciamento de Lodo
UNESP	Universidade Estadual Paulista

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
1.2	JUSTIFICATIVA/PROBLEMÁTICA	14
1.3	OBJETIVOS	15
1.4	OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	16
2.1	CONCEITO ESG, PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, SOCIAL E DE GOVERNANÇA	16
2.2	TRATAMENTO DE ESGOTO	18
2.2.1	Economia de Recursos Hídricos	19
2.2.2	Criação de Empregos e Desenvolvimento Econômico Sustentável	20
2.3	PROCESSO DE LODO ATIVADO E SEUS COMPONENTES	20
2.4	BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DO LODO ATIVADO COMO FERRAMENTA ESG	22
2.4.2	Aplicação na Agricultura	24
2.4.2	Uso do Lodo de Esgoto em compostagem	25
2.4.3	Fertilizante Orgânico	26
2.5	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	28
2.6	RESPONSABILIDADE CORPORATIVA	31
2.7	ECONOMIA CIRCULAR	32
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	34
3.1	MATERIAIS	34
3.2	METODOLOGIA	34
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	35
4.1	VISITA TÉCNICA	35
4.2	BENEFÍCIOS E IMPACTOS	39
4.2.1	Alinhamento com os Princípios ESG	41
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	43
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
	APÊNDICE A	50

# 1 INTRODUÇÃO

A partir da Revolução Industrial, veio a expansão das indústrias que acarretou no crescimento das cidades e na mudança no padrão de vida da população. Com isso, houve aumento na demanda de produção, resultou na geração desenfreada de resíduos líquidos e sólidos. No início, não se tinha preocupações com a poluição ejetada no meio ambiente, sem contar o número exorbitante e diversificado de produtos e processos produtivos que geriam mais poluentes tóxicos, além da utilização excessiva dos recursos hídricos na produção.

Após a II Guerra Mundial, surge a preocupação com o meio ambiente pois, percebe-se que a qualidade de vida está sendo reduzida pela escassez de água e poluição. Segundo Neves e Tostes (1992) entende-se que somente com a educação ambiental a nível mundial, será possível reverter esse processo de degradação do meio ambiente. No Brasil, a lei Federal nº6.938/81 efetivou o meio ambiente que criou o Sistema Nacional de Meio Ambiente, e diante de leis ambientais as indústrias e organizações estão cada vez mais aplicadas no desenvolvimento sustentável (POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 1981).

O lodo ativado é um processo biológico utilizado no tratamento de água residuais, é utilizado a ativação de microrganismos, com bactérias e fungos para decompor a matéria orgânica na água, no final do processo é obtido uma alta concentração de microrganismos que permitem a separação da água tratada. O tratamento por lodos ativados tem sido o processo mais utilizado no mundo para o tratamento de efluentes, uma medida que permite o reuso da água utilizada em atividades poluentes. O descarte do lodo de esgoto e industrial são subprodutos do tratamento de efluentes e podem ser reciclados e utilizados diretamente no solo, sem riscos de danos ambientais ou a saúde humana (USEPA,1995).

Segundo Pires e Matiazzo (2008) a reutilização de resíduos, é uma ótima opção dentro do ponto de vista econômico, ambiental e social, o tratamento e descarte irregular desses resíduos podem maximizar a poluição e intoxicar o solo, indo contra todas as vantagens sustentáveis e benefícios no cultivo do solo. A técnica de compostagem em áreas de agricultura, pastos, áreas degradadas tem o objetivo de nutrir e reduzir o uso de fertilizantes sintéticos, pois é o processo de degradação de matérias orgânicas pela ação de microrganismos em área natural (FUNASA, 2009).

Segundo Pelegrino (2008) as vantagens da compostagem de lodo podem se resumir em economia de área e manutenção de aterro sanitário, reaproveitamento agrícola, reciclagem e reposição de nutrientes para o solo e redução dos passivos ambientais. Dessa forma, realizou-se uma análise para consolidar para verificar os benefícios do lodo como ferramenta ESG no

uso agrícola afim de incentivar as organizações e seus municípios a adotarem essa medida se necessário.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Os processos dentro de indústrias, geração de esgoto e ações antrópicas em geral, tem gerado consequências como o acúmulo de resíduos específicos, identificado como lodo, os quais são compostos por diversos elementos como resíduos de metais, produtos químicos, coliformes fecais, óleos, graxas, surfactantes, que quando não tratados de forma correta podem ser prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana (KRAEMER, 2006).

Segundo dados do Sinir (2020) estima-se que ao ano são geradas 183 mil toneladas de resíduos sólidos grosseiros, que são partículas perceptíveis sem a utilização de microscópio como folhas, gravetos, papel e 2,5 milhões de tonelada de lodo de Estações de Tratamento de Efluentes (ETE). Na figura 1, possível verificar um modelo dos aterros sanitários no Brasil.

**Figura 1-** Aterro Sanitário



Fonte: TERA AMBIENTAL (2021).

Quando o lodo passa pelo tratamento correto e é descartado de forma irregular, pode acarretar diversas agressões ao meio ambiente, resultando em prejuízo ecológico, diretamente aos corpos hídricos, à fauna e a flora. Segundo a Nova Ambiental (2020) parte das Estações de Tratamento no Brasil descartam o lodo em mananciais e aterros sanitários, essa ação que traz como consequências a contaminação do solo, contaminação da água e mortandade de peixes, mau cheiro, a redução do pH, proliferação de animais e insetos.

Os aterros sanitários são construídos em áreas afastadas dos centros urbanos, e servem de descarte para rejeitos sólidos que ficam expostos ao céu aberto, a decomposição desse

resíduo gera o biogás que em sua composição possui metano e contribui para o aquecimento global. A infraestrutura e monitoramento desse perímetro geram altos custos e grandes riscos de contaminação para o meio ambiente, o aumento da população e produção de resíduos tem superlotado os aterros (TERA AMBIENTAL, 2021).

Segundo a Nova Ambiental (2020) o setor industrial é considerado o maior gerador de resíduos do mundo, alguns setores industriais geram ainda mais lodo, como as empresas de alimentos, papel, celulose, têxteis, química e siderúrgicas. O manejo incorreto pode trazer autuações e penalidades aplicada por órgãos de fiscalização ambiental, em casos graves pode provocar fechamento temporário ou permanente.

## 1.2 JUSTIFICATIVA/PROBLEMÁTICA

A estação de tratamento tem papel fundamental no reciclo da água, e o lodo gerado também pode contribuir positivamente quando é feito o descarte correto. Mas, o despejo irregular seja em aterros ou em mananciais podem causar efeitos negativos no meio ambiente, como observa-se em diversas regiões do mundo, principalmente do Brasil. Em uma reportagem realizada pela EPTV (2024) sobre o despejo irregular do lodo sem tratamento no Rio Piracicaba, o lançamento foi realizado pela Estação de Tratamento de Água do Serviço Municipal de Água e Esgoto (SEMAE). Ainda na reportagem da EPTV (2024) a professora-pesquisadora Silvia Regina da Universidade Estadual Paulista (Unesp) identificou que possui resíduos como areia, argila e contaminantes como metais pesados, e até cal que pode acarretar em mortandade de peixes devido a diminuição do oxigênio na água.

**Figura 2-** Rio Piracicaba fica com duas cores após despejo irregular de lodo



Fonte: EPTV (2024)

O tratamento de efluentes supre a necessidade do abastecimento de água e reduz a utilização da água dos rios, mas o despejo irregular do lodo sem qualquer fundamentação, pode acarretar a degradação do meio ambiente, poluindo rios e solo, reduzindo a qualidade de vida dos animais e da comunidade. Desta forma, o estudo mostra-se relevante no sentido de identificar o uso do lodo como elemento de sustentabilidade. Os desafios incluem a necessidade de enfrentar a habitualidade do descarte em rios e aterros, e a garantia de conformidade com as rigorosas regulamentações ambientais. Por outro lado, as possibilidades de contribuir com a preservação ambiental, transmitir posicionamento ético e responsável para os consumidores, funcionários, e pessoas em geral, são práticas fundamentais para promover uma abordagem holística e longo prazo para o sucesso empresarial.

### **1.3 OBJETIVOS**

Analisar a utilização do lodo de esgoto e a sua relação com a aplicação da ESG por organizações empresariais.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Verificar como são conduzidos os tratamentos de efluentes e o descarte de produtos e resíduos
- Investigar como a economia circular promove a reutilização de resíduos

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CONCEITO ESG, PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, SOCIAL E DE GOVERNANÇA

O conceito do termo ESG, sigla em inglês de *Environmental, Social and Governance*, que traduzido para o português é a sigla ASG sendo “Ambiental, Social e Governança”. Originou-se em janeiro de 2004, quando o ex-secretário geral da ONU (Organização das Nações Unidas) convidou grandes instituições financeiras a participar de uma ação conjunta proposta pelo Banco Mundial, chamada de *Who Cares Wins* (Ganha quem se importa). O intuito dessa iniciativa foi integrar fatores sociais, ambientais e de governança dentro do mercado financeiro até 2030, foram recrutados 9 países (PACTO GLOBAL, 2021).

O ESG é considerado uma ferramenta importante nas decisões dentro das organizações. As práticas de ESG se tornaram fatores indispensáveis em tempos de crise que demonstram a responsabilidade ambiental e garantem a percepção do público sobre a empresa, é de tamanha valorização que segundo o relatório da PWC, até 2025, 57% dos ativos de fundos mútuos na Europa estarão em fundos que consideram os critérios ESG, o que representa US\$ 8,9 trilhões (PACTO GLOBAL, 2022).

Segundo a Sanear Brasil (2020), o tripé que sustenta essa iniciativa tem como primeiro pilar, o ambiental, os fatores relacionados ao meio ambiente são postos a frente devido a urgência que já atinge o nosso planeta com a degradação da fauna e flora. Os impactos ambientais através das agressões a natureza sendo causadas pelos seres humanos são perceptíveis. A agropecuária e as indústrias são consideradas as principais utilizadoras dos nossos corpos hídricos e geradoras de efluentes industriais sendo sólido, líquidos ou gasosos.

A responsabilidade ambiental é uma das práticas importantes quando se pensa em Gestão Empresarial, a preocupação mundial em relação a ações ambientais tem se refletido em inúmeros acordos, diretrizes e normas. Conforme o Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (2007, p 15):

Para o setor empresarial o conceito de sustentabilidade representa uma abordagem inovadora de se fazer negócios, no sentido de sustentar a viabilidade econômico-financeira dos empreendimentos e, ao mesmo tempo, preservar a integridade ambiental para as gerações atuais e futuras e construir relacionamentos mais harmoniosos na sociedade, resultando numa reputação positiva e sólida.

As decisões de gerenciamento das organizações devem atentar-se a sustentabilidade, não apenas com atitudes de redução de consumo da água, mas, em âmbito geral, priorizando a melhoria da qualidade ambiental. Atribuindo aspectos como gestão de resíduos, redução da

emissão de gases na atmosfera, proteção da biodiversidade e gestão de energia (PARDINI, 2021).

O pilar social é direcionado ao fator humano, que abrange diretamente o aspecto interno e externo da empresa, como empregados, consumidores, fornecedores, e comunidade na qual a empresa está inserida. Quando voltada a parte interna da empresa, foca nos relacionamentos interpessoais, ofertar benefícios além dos previstos em lei e ao apreço ao ser humano, reconhecimento em entender que os objetivos serão alcançados com total apoio dos funcionários e colaboradores (JUNIOR, 2021).

Na parte externa da empresa implica na importância de alinhar estratégias tendo em vista os impactos na sociedade. De acordo com o Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (2020, p 12) disserta que:

(...) é fundamental que as lideranças ajam de forma articulada e assertiva para endereçar essas questões não apenas internamente, mas também em conjunto com os diversos setores da sociedade. Elas devem analisar a responsabilidade sobre o seu contexto de negócios, impactos e externalidades de seu processo produtivo, minimizando os danos potenciais de suas atividades e, preferencialmente, gerando contribuições positivas à sociedade e ao meio ambiente a partir de suas práticas e modelo de negócios.

Nesse quesito, é necessário direcionar ações que considerem a comunidade em que está inserida, aos consumidores e ao ecossistema. Com base nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda de 2030, estão agrupados em 17 objetivos, sendo 3 sociais, incluem: ODS 1, erradicação da pobreza, ODS 8 trabalhos decente e crescimento econômico, e ODS 10 redução das desigualdades (ONU, 2021).

O pilar Governança tem como instrução entender a forma como será conduzida as atividades e definirá os impactos que a empresa poderá sofrer nos pilares ambiental e social. A relevância da governança para o ESG é significativa pois, através dela que as tomadas de decisões ocorrerão. Em uma entrevista cedida ao Grupo CDI (Conteúdo, Digital e Influência) (2021), especialistas afirmaram que:

O ESG deveria ser GSE, porque se não começar pela Governança, não será possível ter ações efetivas no social internas e externas e não haverá cuidado do meio ambiente. A Governança é o driver da inovação e o único caminho de uma empresa ser ESG de verdade, de mudar um jeito de fazer uma economia linear por uma economia circular.

Entende-se que a diretriz de governança incentiva as decisões com base na integração do meio ambiente, sociedade e economia. No Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) na agenda 2030 o pilar governança tem como a ODS 9 Indústria, Inovação e Infraestrutura, e a ODS 16 Paz, Justiça e Instituições Eficazes (ONU 2021).

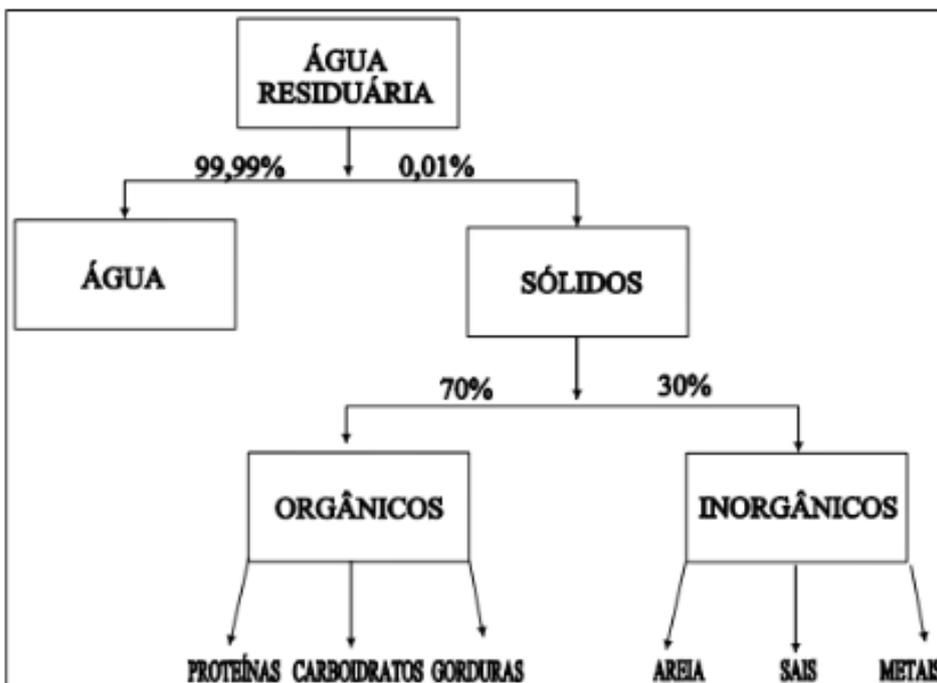
## 2.2 TRATAMENTO DE ESGOTO

A palavra esgoto tem como definição todos os resíduos líquidos domésticos e industriais que necessitam de tratamento para remoção de impurezas para que água possa ser devolvida à natureza sem prejudicar o meio ambiente. O esgoto doméstico provém de residências, comércio e qualquer estrutura que contenham tubulações de instalações como banheiro, cozinha, lavanderia. (FARIA, 2006).

Segundo Faria (2006) a matéria orgânica quando despejada em corpos hídricos consegue ser decomposta pela natureza, mas em grande volume necessitam de tratamento prévio através das Estações de Tratamento (ETE) que reproduz a ação da natureza em menor tempo.

Um sistema de esgotos sanitários encaminha as águas de reuso para corpos de água receptores sendo estabelecido grau de condicionamento para que não haja alterações nos parâmetros de qualidade. O lançamento do esgoto bruto em rios, riachos, lagoas traz a degradação do meio ambiente, dissemina doenças e a água torna-se cada vez mais poluída. Os sistemas de tratamento de esgotos domésticos foram criados inicialmente para eliminar matéria orgânica e sólidos, posteriormente surgiu a preocupação de reduzir os organismos patogênicos e nutrientes (GASI, 1993). A composição das águas residuárias domésticas é verificada na figura 3.

**Figura 3-** Esquema da composição geral do esgoto doméstico



Fonte: SANEPAR (1997)

Os meios de tratamento eliminam os contaminantes são realizados mediante adição de produtos químicos ou por atividades biológicas como a precipitação, combustão e oxidação biológica (METCALF-EDDY, 1981).

No tratamento de esgoto após diversas etapas, o processo de separação será realizado pela decantação, sendo o produto líquido lançado aos corpos receptores e o produto sólido com destinação final para aterros ou atividades (GONÇALVES, 2010).

Alguns fatores como composição química, tipo de tratamento que foi realizado poderá ser variável de acordo com a origem e período de coleta (MELO e MARQUES, 2000).

### **2.2.1 Economia de Recursos Hídricos**

Entende-se que os principais fatores que contribuíram para o aumento de consumo de água durante o século foram a expansão demográfica, desenvolvimento industrial e a plantação irrigada. Segundo o Ministério da Integração Nacional e do Desenvolvimento Regional, 2023 estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada para consumo direto e nem para irrigação de plantação, sendo 2,5% de água doce, sendo a maior parte 69% é de difícil acesso, pois está localizada nas geleiras e 30% estão localizadas em aquíferos e apenas 1% encontra-se em rios.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) na resolução nº54 de 28 de novembro de 2005, diretrizes e critérios para prática de reuso de água residuária caracterizada como esgoto, água de efluentes de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária tratados ou não.

O uso da água na indústria é identificado em categorias sendo: água utilizada como matéria-prima, água usada no processo industrial, e para uso nas instalações sanitárias, refeitórios. O consumo é variável de acordo com cada indústria, equipamentos e processos, mas na maioria delas é necessário reduzir o consumo e diminuir os poluentes lançados nos corpos hídricos (AZEVEDO, 1998).

O reuso da água é a utilização dos efluentes tratados nas estações ou em reposição a fonte de água explorada, a utilização desse procedimento reduz o volume de água captado e do efluente gerado pela indústria. A água de reuso é a água já utilizada em outras atividades, para evitar o desperdício da água e agrega valor ao cotidiano da organização (METCALF, 2003).

Tende-se uma aplicabilidade nas áreas de torres, caldeiras e construção civil para compactação do solo e de áreas verdes como jardins, e nas indústrias como limpeza de calçadas,

lavagens de peças, reuso no processo de produção. Também é uma forma de reduzir a captação de mananciais e desperdício (HESPANHOL, 2001).

Diante disso, os problemas ambientais devido aos processos industriais, foram orientadas com intuito de acolherem técnicas sustentáveis, como o reuso, uma ação que direciona para preservação das reservas, como medida de prevenir a escassez que pode ocorrer com os recursos hídricos (MIERZWA E HESPANHOL, 2005).

### **2.2.2 Criação de Empregos e Desenvolvimento Econômico Sustentável**

Devido a expansão das cidades, a produção de lodo gerado nas ETEs tem aumentado, o saneamento ambiental é reconhecido como a junção de ações socioeconômicas que tem por objetivo tratar níveis de salubridade ambiental, por meio de coleta, abastecimento de água, tratamento de resíduos sólidos e líquidos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo com finalidade de proteger e trazer qualidade de vida urbana e rural (FUNASA, 2018).

Segundo a Associação e Sindicato das Concessionárias Privadas de Água e Esgoto (2022) são 6,2 milhões de empregos devem ser gerados no setor de tratamento de efluente até 2033 no Brasil. Diante da necessidade de se destinar os resíduos sólidos do tratamento e reintegrar o produto de descarte ao ciclo produtivo, a logística reversa se preocupa com o retorno do resíduo, é elaborado a diminuição dos impactos ambientais dentro da atividade que é necessária ser exercida, os processos devem seguir requisitos como: econômico, financeiro, social e meio ambiente.

## **2.3 PROCESSO DE LODO ATIVADO E SEUS COMPONENTES**

A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) é o local onde se realiza o tratamento de efluentes, sejam estes de indústrias ou esgoto residenciais, com intuito de proteger o ambiente, o termo “lodo” é utilizado para identificar o resíduo sólido da estação de tratamento. A remoção dos resíduos poluentes no tratamento para adequar o efluente ao padrão de qualidade vigente está associada aos princípios de nível de tratamento e eficiência (SPERLING, 2005).

Os efluentes podem ser identificados como sanitários quando líquidos que são compostos por esgotos domésticos, águas de infiltração e efluentes industriais gerados por processos dentro da indústria (BRAGA, 2005).

Os contaminantes reagem de diversas maneiras quando adicionado à água, materiais não-conservativos a maioria orgânicos são degradados por processos naturais de

autopurificação e se diluem com o tempo devido a temperatura e outros fatores ambientais. As substâncias inorgânicas não são diluídas no processo natural, a presença de poluentes resistentes como componentes tóxicos que contribuem para deterioração da atividade biológica da água, resíduos que impeçam balanço do oxigênio da água, sólidos que não são dissolvidos em altas concentrações devem passar pelo tratamento (TEBBUTT, 1983).

Para o lançamento de efluentes deve-se seguir a especificações do órgão competente intitulado como Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº430/2011 que redige padrões e condições para essa atividade, e que aborda diversas temáticas como:

VII - esgotos sanitários: denominação genérica para despejos líquidos residenciais, comerciais, águas de infiltração na rede coletora, o qual pode conter parcela de efluentes industriais e não domésticos (Proposta AESBE). VIII – Fator de Toxicidade (FT): número adimensional que expressa a maior concentração do efluente que não causa efeito deletério agudo aos organismos, num determinado período de exposição, nas condições de ensaio. IX - gestão de efluentes: consiste no conjunto de ações de planejamento, organização e direção. X - lançamento direto: quando ocorre a condução direta do efluente ao corpo receptor. XI - lançamento indireto: quando ocorre a condução do efluente, submetido ou não a tratamento, por meio de rede coletora que recebe outras contribuições antes de atingir o corpo receptor (BRASIL, 2011).

Para estabelecer objetivos e alocar recursos para atingir uma meta previamente determinada no sentido de reutilizar, reciclar e reduzir o nível de poluentes nos efluentes líquidos gerados utilizando-se das melhores tecnologias disponíveis, acompanhado de permanente controle dos processos e resultados.

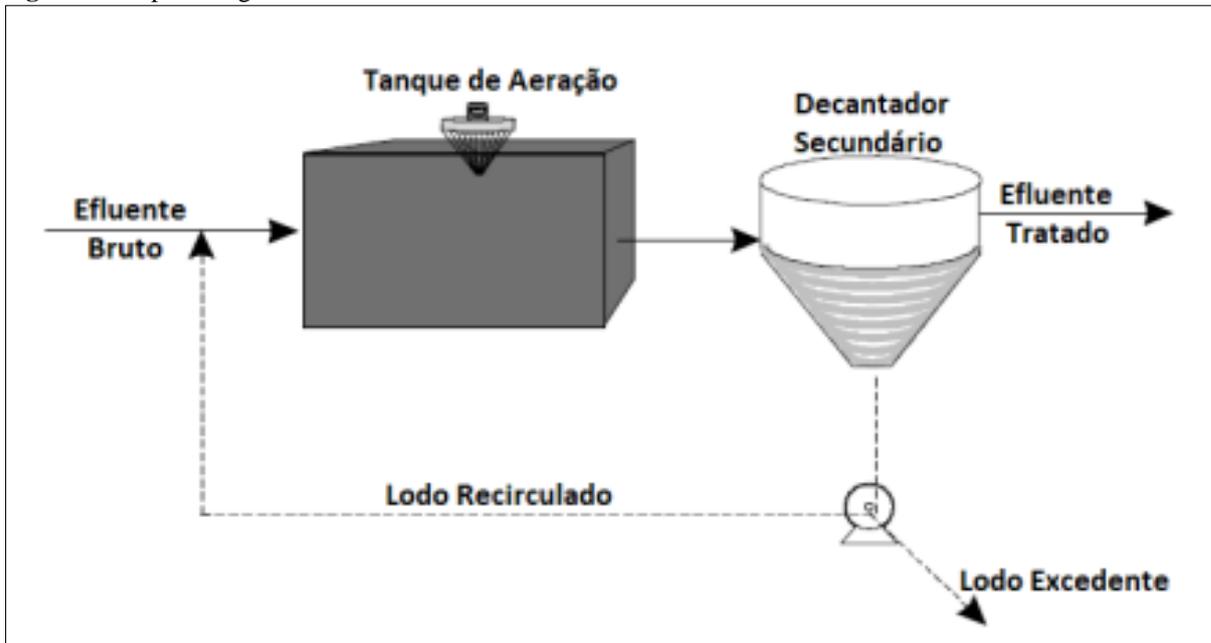
Segundo o PROSAB (2001), o sistema de lodo ativado é devidamente utilizado pelo mundo para tratamento de esgotos sanitários e sistemas industriais, que contém três sistemas de lodos ativados que são:

- Lodos ativados convencional (fluxo contínuo);
- Lodos ativados aeração prolongada (fluxo contínuo);
- Lodos ativados em batelada (fluxo intermitente).

Os seguintes itens são necessários dentro de qualquer sistema de lodos ativados:

- Tanque de aeração (reator);
- Tanque de sedimentação (decantador secundário);
- Recirculação de lodo;
- Retirada de lodo excedente.

**Figura 4-** Etapa biológica do sistema de lodos ativados



Fonte: SPERLING (2014)

No tanque de aeração acontece a fusão de substratos do esgoto bruto e microrganismos dentro do tratamento, sendo removida a matéria nitrogenada. O efluente será enviado para o decantador secundário, onde acontecerá a sedimentação dos microrganismos permitindo que o efluente saia clarificado, e o lodo acumulado na sedimentação será recirculado para o tanque de aeração. Após o processo de desaguamento o lodo pode ser destinado para aterros, ou compostagem (SPERLING, 2012).

## 2.4 BENEFÍCIOS AMBIENTAIS DO LODO ATIVADO COMO FERRAMENTA ESG

Com o crescimento das indústrias e a expansão da humanidade, as demandas de consumo tem sido elevadas e se gera cada vez mais poluição tanto ao solo quanto aos corpos hídricos. O maior desafio é incentivar que o lodo não seja descartado de qualquer maneira, mas destinar o descarte correto evitando que tenha contato com corpos receptores. Dessa forma, a destinação pode ser viabilizada em diferentes formatos, mas principalmente no uso agrícola com a fertirrigação ou compostagem (PEDROZA, 2016).

A gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos seguem as normas da Política Nacional de Resíduos, a norma é prezada pela não geração, e a reutilização e redução de resíduos sólidos com o descarte ambientalmente correto, é preferível que uso dos resíduos seja na área agrícola,

em comparativa com a incineração e aterros sanitários, pois a destinação nesse âmbito é favorável em fatores ambientais e econômicos (ANDREOLI, 1998).

Dentro dos componentes do lodo, o mais valorizado seria o fósforo pois, ambientalmente ele apresenta uma limitação em reservas naturais, logo sua reciclagem possui tamanha importância (BALMÉR, 2004). A reciclagem agrícola desse lodo é de tamanha utilização pois, o resíduo se transforma em insumo agrícola que fornece matéria orgânica e nutrientes para o solo, segundo Andreoli (1994) as vantagens são:

- Reduzir efeitos prejudiciais à saúde e ao meio ambiente, quando optado por incineração;
- Diminuir dependência de fertilizantes químicos;
- Melhorar o balanço CO<sup>2</sup> adjunto da matéria orgânica no solo;
- Agregar a capacidade de infiltração e retenção da água no solo;
- Correção do pH do solo.

A técnica de compostagem é um processo de degradação de materiais orgânicos pela ação dos microrganismos presente, no Brasil essa ferramenta que incorpora resíduos e efluentes em solo é pouco utilizada nas estações de tratamento. Essa ação não acarreta danos ambientais ou ameaça à saúde de animais e humanos (USEPA, 1995).

No solo agrícola, são gerados benefícios como macronutriente principais N e P (nitrogênio e fósforo) e micronutrientes (zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio), existe a necessidade de realizar a análise de solo para conhecer a composição e necessidade do perímetro, sem oferecer riscos de intoxicar as plantas e descarte desenfreados que podem poluir o ambiente (CETESB, 1999).

Segundo Melo e Marques (2000) o descarte de lodo é realizado em áreas de plantações de cana-de-açúcar, milho, sorgo e azevém, arroz, aveia, trigo, pastagens, feijão, soja, girassol, café e pêssego.

Entende-se que a falta de opções de tratamento e de destino final de uma estação de tratamento (ETE) pode anular parcialmente os benefícios do saneamento, a compostagem é uma alternativa natural para o lodo tratado, pois, com a elevação de temperatura é realizada a desinfecção do resíduo, ao final se obtém um produto com alto grau de importância para setor agrônômico (SILVA, 1999).

### 2.4.2 Aplicação na Agricultura

Para valorizar o uso do lodo e seus derivados foi criado o termo biossólido, mas para que seja enquadrado como biossólido, o composto deve ser higienizado e apresentar características que estejam de acordo com as normas de utilização para agricultura (LIMA, 2010). Utilizar o lodo como fertilizante agrícola propõe um mérito que agrega valor econômico ao resíduo. O composto contém micronutrientes essenciais para as plantas, como ferro, zinco, cobre que não são encontrados em fertilizantes convencionais, possibilitando a aplicação em solos alcalinos ou arenosos que possuem baixa disponibilidade de micronutrientes (WARMAN e TERMEER, 2005).

O biossólido gerado do tratamento de esgoto possui baixa concentração de metais pesados em sua composição e pode ser aplicado em áreas de recuperação, silvicultura, paisagismo, floricultura ou produção de alimentos seguindo as normas regulamentadoras. Na cultura de soja, a produtividade com o biossólido torna-se 8% superior ao fertilizante mineral, a liberação gradual de nutrientes como Fósforo (P) tem o melhor resultado. O lodo sendo mais denso torna constante o fornecimento ao longo prazo (LEMANSKI E SILVA, 2006).

O fertilizante agrícola trouxe melhorias na fertilidade do solo degradado devido a necessidade de reposição de matéria orgânica em virtude das causas climáticas, devolvendo o equilíbrio ao fornecimento de nutrientes para as plantas (ANDREOLI, 1999). Os fatores para a restauração de solos são:

- Correção do pH ácido de solos, promove a neutralização do solo
- Fornecimento de nitrogênio e fósforo
- Incorporação de matéria orgânica

A aplicação excessiva do lodo pode intoxicar o solo e as plantas gerando efeito reverso, a contaminação causada por patogênicos há série de tecnologias e procedimentos durante o processo de tratamento que eliminam essa possibilidade. Vale enfatizar que as regulamentações do insumo na agricultura asseguram a proteção à saúde humana e animal, e a qualidade do cultivo, do solo e do meio ambiente (ANDREOLI, 2014).

### 2.4.2 Uso do Lodo de Esgoto em compostagem

A compostagem é um processo de decomposição da matéria orgânica pela ação de microrganismos em um ambiente naturalmente aerado (FUNASA, 2009). A compostagem com o lodo de esgoto é a estabilização do lodo, denominada como biooxidação aeróbica exotérmica de um substrato orgânico que gera a produção de CO<sub>2</sub>, água, substâncias minerais e matéria orgânica estável em um produto sólido (ANDREOLI, 2001).

A resolução do CONAMA 498/2020 prevê que para o reuso em solo, o lodo deve atender um dos critérios estipulados na redução de atratividade de vetores e de patógenos sendo eles: digestão anaeróbia, digestão aeróbia, compostagem. Na tabela é possível verificar requisitos da classe A.

**Tabela 1-** Processos para obtenção de bioestabilizado Classe A.

PROCESSO	REQUISITOS
Alternativa 5: Lodo tratado em um dos processos de redução adicional de patógenos, listados na coluna ao lado	a) compostagem confinada ou em leiras aeradas (3 dias a 55°C no mínimo) ou com revolvimento das leiras (15 dias a 55°C no mínimo, com revolvimento mecânico da leira durante pelo menos 5 dias, ao longo dos 15 do processamento);

Fonte: CONAMA (2020)

Na tabela 2 os requisitos para o bioestabilizado classe B.

**Tabela 2-** Processos para obtenção de bioestabilizado Classe B

PROCESSO	REQUISITOS
Alternativa 1: Lodo tratado em um processo de redução significativa de patógenos.	d) compostagem por qualquer um dos métodos citados anteriormente, desde que a biomassa atinja uma temperatura mínima de 40°C, durante pelo menos cinco dias, com a ocorrência de um pico de 55°C, ao longo de quatro horas sucessivas durante este período;

Fonte: CONAMA (2020)

E na tabela os critérios para o uso do bioestabilizado em solos.

**Tabela 3-** Critérios para redução de atratividade de vetores para uso de biossólido, em solos.

<b>CRITÉRIO</b>	<b>REQUISITOS</b>
III. Processo de compostagem	Critério 1: durante o processo, a temperatura deve ser mantida acima de 40°C por, pelo menos, 14 dias. A temperatura média durante este período deve ser maior que 45 °C.

Fonte: CONAMA (2020)

Um processo de compostagem eficiente depende dos parâmetros físico-químicos que transformam a matéria orgânica. Os parâmetros são temperatura, umidade e pH (GOMES, 2001).

### 2.4.3 Fertilizante Orgânico

A sustentabilidade de uma plantação está ligada ao balanço nutricional do ecossistema, dessa forma para o crescimento das plantas a quantidade de nutrientes que se integra ao ecossistema durante o decorrer do tempo deve ser equivalente a que sai (POGGIAN, 2000).

O fertilizante orgânico é um produto obtido a partir de matérias-primas que podem ser de origem industrial, urbana, rural, vegetal, animal, enriquecido ou não nutrientes minerais. E possuem em sua composição microorganismos que beneficiam a saúde do solo e aumenta a produtividade. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2020) na normativa nº61 os fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos e organominerais são classificados de acordo com a matéria prima em sua composição, é possível visualizar na tabela 4.

**Tabela 4-** Classificação de fertilizantes

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
I – Classe “A”	Produto que utiliza, em sua produção, matéria-prima gerada nas atividades extrativas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, incluindo aquelas de origem mineral, vegetal, animal, lodos industriais e agroindustriais de sistema de tratamento de águas

	residuárias com uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resíduos de frutas, legumes, verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo, segregados na fonte geradora e recolhidos por coleta diferenciada, todos isentos de despejos ou contaminantes sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura; e.
II - Classe “B”	Produto que utiliza, em sua produção, quaisquer quantidades de matérias-primas orgânicas geradas nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais, incluindo a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional, lodos gerados em estações de tratamento de esgotos, lodos industriais e agroindustriais gerados em sistemas de tratamento de águas residuárias contendo qualquer quantidade de despejos ou contaminantes sanitários, todos com seu uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resultando em produto de utilização segura na agricultura

Fonte: BRASIL (2020)

Os fertilizantes orgânicos são um produto comerciável que é livre de patógenos, rico em nutrientes e matéria orgânica, cujo os processos produtivos geram empregos, retorno econômico e reciclagem de resíduos sólidos. Segundo Takamatsu (1995) aponta que se tornou uma alternativa promissora dentre a disposição desses resíduos em aterros ou incineração.

## 2.5 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A resolução do Conselho do Meio Ambiente (CONAMA) 375 de 29 de agosto de 2006 estabelece critérios e procedimentos para o uso do lodo em áreas agrícolas. A norma prioriza que a destinação do lodo das ETEs para a agricultura dependerá do processo de redução de patogênicos. A determinação desta resolução não é aplicada para estações de tratamento de efluentes de indústrias, sendo vetada também para ETEs de instalações hospitalares, de portos, de caixas de gorduras, lodos coletados de sistemas de tratamento individual antes de serem submetidos ao tratamento em ETEs, lodo não estabilizado, lodo classificado como perigosos de acordo com a norma brasileira.

Segundo a Conama 375/2006, o lodo deve passar por processo de caracterização como potencial agrônomo, substâncias inorgânicas e orgânicas potencialmente tóxicas e indicadores bacteriológicos. A aplicação do lodo de esgoto e seus derivados é permitida com a existência de uma Unidade de Gerenciamento de Lodo (UGL), onde o licenciamento prevê a prestação de informação a comunidade local referente ao lodo gerenciado. A norma brasileira (NBR) nº 1.0004 de 2004 classifica os resíduos sólidos em quatro classes:

- Classe I – Perigosos
- Classe II – Não perigosos
- Classe II A – Não inertes
- Classe II B – Inertes

Nesta NBR o lodo é classificado de acordo com a função de sua fonte poluidora. Através de análises físico-químicas a classificação pela resolução do CONAMA 375/2006 é identificada como classe A ou B de acordo com a concentração de patogênicos. Ainda nesta resolução, não é permitida a utilização do lodo em plantações nas quais as partes comestíveis tenham contato com o solo, como olerícolas, tubérculos e raízes, caso haja esse contato deve haver um intervalo mínimo de 48 meses.

A resolução do CONAMA 375/2006 foi revogada e a regulamentação mais recente para o reciclo do lodo é a Resolução CONAMA 498, 19 de agosto de 2020. Houve atualizações nas definições e critérios sendo direcionados ao biossólido em solos, caracterizando como um produto do tratamento de lodo de esgoto que cumpre os critérios microbiológicos e químicos da resolução sendo aptos para aplicação no solo. Para o uso do lodo das ETEs de processos industriais é liberada a utilização em solo quando autorizada pelo órgão ambiental.

Na resolução CONAMA 498/2020 é definido que o reúso do lodo deve atender o critério de redução de atratividade de vetores como: compostagem, estabilização química, secagem,

dentre outros. Na classificação do lodo não houve alteração, mas as restrições para aplicação no solo foram atualizadas, para o lodo classe A teve a definição de uso e restrições que são apresentados na tabela 5.

**Tabela 5-** Usos permitidos e respectivas restrições para lodos classe A

<b>USO</b>	<b>RESTRICÇÕES</b>
Cultivo de alimentos consumidos crus e cuja parte comestível não tenha contato com o solo	Não aplicar o biossólido 1 mês antes do período de colheita
Pastagens e forrageiras	Não aplicar o biossólido 1 mês antes do período de colheita de forrageiras e do pastejo

**Fonte:** BRASIL (2020).

Para o lodo classe B, a resolução proíbe a aplicação em cultivo de alimentos que possam ser consumidos crus, mas não há restrições em utilização em florestas, recuperação de solos e áreas degradadas. As respectivas restrições para lodo classe B são apresentadas na tabela 6.

**Tabela 6-** Usos permitidos e respectivas restrições para lodos classe B.

<b>USO</b>	<b>RESTRICÇÕES</b>
Cultivo de produtos alimentícios que não sejam consumidos crus e produtos não alimentícios	Não aplicar o biossólido 4 meses antes do período de colheita
Não aplicar o biossólido 4 meses antes do período de colheita	Não aplicar o biossólido 2 meses antes do pastejo Não aplicar o biossólido 4 meses antes do período de colheita de forrageiras
Árvores frutíferas	Aplicação deve ser realizada após a colheita

**Fonte:** BRASIL (2020)

Ainda quanto a aplicação, não há restrições para quaisquer das classes para fins de pesquisa ou uso no solo para cultivo de cortinas verdes, jardins e gramados. As demais seções na Resolução são referentes a recomendações técnicas, doses de aplicação, transporte, estocagem e monitoramento. A lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 define os resíduos e rejeitos como o primeiro subproduto a ser reutilizado e reciclado, o lodo de ETEs se enquadrando como resíduo sólido, para garantir que as premissas da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) sejam atendidas se efetiva a necessidade do gerenciamento para que não haja o descarte inadequado. A lei 9.605 de, de 12 de fevereiro de 1998 autua as infrações e penalidades para quaisquer ações que coloque em risco a saúde humana, mortandade de animais ou a destruição da flora com pena de reclusão e multa. No decreto N° 6.514, de 22 de julho prevê as infrações

e sanções administrativas para qualquer ação que viole a proteção e recuperação do meio ambiente, que dispõe de multa de cinquenta reais até cinquenta milhões de reais baseada pela unidade de medida viável.

## 2.6 RESPONSABILIDADE CORPORATIVA

O conceito de Responsabilidade Corporativa é definido como uma atividade que estuda a percepção do desenvolvimento sustentável, em um cenário que o planeta não terá capacidade de acompanhar as mudanças gradativas, onde ocorrem desastres sociais e ambientais. É perceptível que existe indicadores de desastres devido as ações humanas como o aquecimento global, poluição e escassez da água, extinção da fauna e flora, e dificuldades sociais (FIGUEIREDO, 2017).

A Responsabilidade Corporativa Empresarial é de tamanha importância, e o reconhecimento desta ação é uma ferramenta que deve ser utilizada. Para Mathis e Mathis (2012, P.131-140) é sugerida:

Desse modo, apresentam-se os programas, projetos e o discurso de Responsabilidade Social Empresarial com intuito de suprir a inoperância do papel do estado na condução de políticas sociais de qualidade. E, nesse sentido, constata-se um reordenamento das políticas públicas que compreende: a combinação de políticas econômicas direcionadas para o crescimento econômico sustentado e não inflacionado e políticas sociais eficazes para a produção da equidade e desenvolvimento humano.

Para Bertoncetto (2007) o conceito tem diversas interpretações e deve ser aplicado de acordo o contexto, entende-se que para alguns tem relação com a legalidade e para outros seria ética, mas pode ser um conjunto de fatores que interfere na sociedade e nos ciclos ambientais. Este mesmo autor afirma que:

ele está associado à ideia de responsabilidade legal; para outros pode significar um comportamento socialmente responsável no sentido ético; e, para outros ainda pode incluir os impactos diretos assim como os que afetam terceiros, o que envolve toda a cadeia produtiva e o ciclo de vida dos produtos. Para ele a responsabilidade social desdobra-se em múltiplas exigências: relações de parceria entre clientes e fornecedores, produção com qualidade, satisfação dos usuários, contribuições para o desenvolvimento da comunidade; investimentos em pesquisa tecnológica, conservação do meio ambiente, participação de funcionários nos resultados e nas decisões das empresas, respeito aos direitos dos cidadãos, não discriminação dos gêneros, raças, idades, etnias, religiões, ocupações, preferências sexuais, investimentos em segurança do trabalho e em desenvolvimento profissional (2007, pg. 72).

A responsabilidade corporativa abrange diferentes níveis em uma proporção como rede de produção da empresa, clientes, funcionários, fornecedores, e sociedade em geral. Quando a empresa zela por realizar o descarte correto dos seus resíduos, respeita a comunidade em que está inserida e passa ter um diferencial em vista de outras empresas, adquirindo valor e relevância, pois tem a preocupação com o bem-estar em geral (FILGUEIRA, 2014).

Nos tempos atuais, o consumidor tem praticado a consciência social no ato de consumo em que questionar, sobre o valor agregado do produto ou da empresa dentro da sociedade, e a preferência tem crescido por empresas que aderem a conduta ética e social. As pessoas têm fácil

acesso em informações de como as organizações atuam em projetos sociais, proteção aos animais como o Cruelty-Free, e cuidado ao meio ambiente. A imagem positiva traz a chance de ser escolhida na hora do consumo, associada a empresa de ações responsáveis, com as leis, os consumidores, comunidade, funcionários e clientes (MORAES, 2012).

## 2.7 ECONOMIA CIRCULAR

A economia circular visa a sustentabilidade, pois promove a reutilização, reciclagem e regeneração de produtos ao invés de descartá-los após o uso. Quebra-se o padrão de “fazer, usar, descartar” para uma abordagem de “reuso e reciclagem”, uma ilustração dessa prática seria quando seus outputs tornam-se seus inputs (BONCIU, 2014).

As empresas e os governos têm buscado alternativas para um planeta melhor afim que as próximas gerações possam ter qualidade de vida. No decorrer da década, o conceito de economia circular tem ganhado mais destaque tanto acadêmico quanto profissional, pois essa prática guia para uma sociedade mais sustentável (PIERONI, 2019).

A economia circular pode ser considerada um sistema fechado que propõe que o sistema aberto deve ser convertido em um sistema circular considerando a relação entre uso de recursos e resíduos, de forma que possa ser visto como um pré-requisito para a manutenção da sustentabilidade do planeta (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016). Na figura 5 é possível visualizar o ciclo.

**Figura 5-** Economia Circular



**Fonte:** GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (2019)

Para Kopnina e Blewitt (2015, p. 21), “o modelo de economia circular utiliza o funcionamento dos ecossistemas como um exemplo para os processos industriais, enfatizando a mudança para produtos ecologicamente saudáveis e energias renováveis”.

De acordo com Schrippe (2018) a economia circular deve ser vista como uma maneira de adaptar os processos de produção que induzam as transformações industriais regenerativas para conduzir a produção e consumo sustentáveis, contribuindo para o crescimento sustentável. A degradação do ecossistema pelo sistema linear devido ao fato de consumir acima da capacidade do meio ambiente e a contaminação causada pelo mau uso dos recursos naturais (MACARTHUR, 2013).

Por meio da economia circular desponta-se como um dos modelos para a proteção ambiental, prevenção da poluição, promovendo o equilíbrio entre crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental (LI, 2012).

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIAIS**

O presente estudo visa investigar a eficácia e utilidade do sistema de lodo ativado nos aspectos econômicos, sociais e ambientais. E foi conduzido uma pesquisa exploratória que se baseou em revisão bibliográfica, utilizando artigos acadêmicos como fonte de fundamentação teórica. Além disso, complementamos essa abordagem teórica com uma visita técnica e uma entrevista realizada com a supervisora da Usina Verde de Compostagem, situada ao lado da Fatec Campinas. Ao elaborarmos o questionário para a entrevista, concentrou-se na temática do ESG (*Environmental, Social and Governance*) relacionada às atividades atuais da Usina Verde.

#### **3.2 METODOLOGIA**

O estudo progrediu em duas etapas:

Na primeira etapa, uma revisão bibliográfica concentrou-se no sistema de lodo ativado, especialmente em sua aplicação dentro do contexto ESG. Artigos acadêmicos serviram como fonte primária para a compreensão e estruturação do tema.

Já na segunda etapa, uma pesquisa exploratória foi conduzida para aprofundar a compreensão do assunto. E foi realizada uma visita técnica acompanhada de uma entrevista exclusiva com a responsável pela Usina Verde de Compostagem, buscando entender de forma prática como tal iniciativa beneficia os aspectos ambientais, sociais e econômicos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 VISITA TÉCNICA

A Usina Verde de Compostagem, instalada em 2020 dentro da fazenda Santa Elisa do Instituto Agrônomo (IAC) em Campinas, é responsável por produzir adubo orgânico a partir do lodo de esgoto, resíduos de poda de árvores, e restos de frutas. Na figura 6, é possível visualizar a parte produtiva da Usina Verde de Compostagem.

**Figura 6-** Usina Verde de Compostagem



Fonte: COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL (2021).

Para entregar o produto final, o fertilizante orgânico a Usina Verde de Compostagem desenvolve operações que geram uma série de etapas com foco no aproveitamento do lodo de esgoto e podas de árvores que são a matéria-prima para a produção do composto. O primeiro passo envolve a coleta do lodo de esgoto, que é o resíduo sólido gerado no tratamento das águas residuais na estação da SANASA, companhia de tratamento de esgoto em Campinas. Enquanto as podas das árvores são coletadas pela prefeitura de Campinas devido o manejo urbano em ruas e parques, o transporte desse material até a Usina, o lodo passa por um processo de desidratação para redução da sua umidade e as podas são trituradas como na figura 7.

**Figura 7-** Trituração das podas



**Fonte:** Autoria própria.

Ao descarregar as podas trituradas e deixadas para secar em fileiras que são chamadas de leiras e serão identificadas com placas numéricas, como é possível verificar na figura 8.

**Figura 8-** Leiras



**Fonte:** Autoria própria.

Em proporções adequadas é despejado o lodo nas podas de arvores como na figura 9.

**Figura 9-** Lodo despejado nas podas de arvores



Fonte: Autoria própria.

Na figura 10 é possível visualizar a mistura das podas das arvores já secas sendo realizada pela máquina.

**Figura 10-** Mistura do lodo com as podas de arvores



Fonte: Autoria própria.

Após aguarda-se de 30 a 40 dias para que seja gerado o processo de decomposição aeróbica, nesses processos os microorganismos presentes consomem a matéria orgânica transformando-se em composto rico em nutrientes.

Após a fase efetiva de compostagem, o composto passa por um período de maturação que estabiliza os nutrientes e garante segurança como fertilizante. É separada o adubo orgânico do rejeito que são peças da poda de arvores que não se decomporão da forma correta, esse processo chama-se peneiramento como na figura 11.

**Figura 11-** Peneiramento



Fonte: Autoria própria.

Ao final desse processo gera-se o fertilizante orgânico classe B que é embalado para doações como na figura 12.

**Figura 12-** Fertilizante Orgânico



Fonte: Autoria própria.

A utilização desse composto pela Usina Verde de compostagem é de doação para residentes locais e de apoio ao Ceasa.

No dia 26 de março de 2024, foi realizada uma entrevista com Macarena Caroca, graduada em Engenharia Agrônômica, responsável pela coordenação da Usina Verde de Compostagem em Campinas. O questionário da entrevista estará disponível no Apêndice A.

## 4.2 BENEFÍCIOS E IMPACTOS

O processo de tratamento do esgoto envolve várias etapas até que a água esteja completamente clarificada e tratada para reuso. De acordo com a SANASA (2020), o sistema de esgotamento sanitário atende 96,3% da população urbana. No entanto, o lodo gerado nas estações de tratamento era enviado para aterros sanitários, o que gerava custos elevados sem oferecer retorno, além disso essa prática prejudicava o meio ambiente e a comunidade local.

Segundo o Alexandre Gonçalves (2023) para o Jornalismo TV Cultura, engenheiro sanitário da Prefeitura de Campinas a Usina de Compostagem permite que não seja mais necessária utilização do aterro sanitário, se tornando uma despesa evitada, e exemplifica que o alimento vem para a cidade torna-se águas residuais que serão tratadas e geram o subproduto chamado de lodo. Durante algum tempo foi descartado sem aproveitamento para o meio ambiente, mas ao torna-se fertilizante retorna ao campo novamente.

Segundo o pesquisador Ronaldo Berton (2023) para o Jornalismo TV Cultura para a segurança do composto em contato com alimentos, é realizada análises laboratoriais para identificação de possíveis metais pesados e é comprovada que não existe vetores tóxicos para o consumo. Atualmente, o fertilizante orgânico é utilizado nos viveiros de árvores nativas e flores de Campinas que abastecem as áreas públicas como praças, parques e canteiros. Segundo Luís Mollo (2023) diretor de departamento de jardins da Prefeitura de Campinas com a utilização do composto é gerado oitenta mil mudas ao mês e cento e cinquenta mil mudas de árvores nativas estocadas para plantio.

**Figura 13-** Viveiro Municipal de Campinas



Fonte: EPTV (2022)

Na Usina Verde de Compostagem em Campinas ainda não é realizada a comercialização desse fertilizante devido a licitação que está em andamento. Segundo a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (2021) a Usina tem capacidade para realizar compostagem de até 300 toneladas de resíduos por dia, e esse projeto gera economia de R\$ 1 milhão por mês aos cofres públicos e minimiza a emissão de gases poluentes como o gás metano.

A economia circular aplicada ao lodo na compostagem promove uma solução para a gestão sustentável de resíduos, na compostagem o lodo é misturado com resíduos vegetais que

também não teriam finalidade como restos de poda e de alimentos que passam por condições controladas de umidade e oxigenação. A utilização do fertilizante orgânico reduz a dependência de fertilizantes sintéticos em que os processos de produção são intensivos em energia e recursos naturais, a aplicação no solo aumenta o teor da matéria orgânica que melhora a retenção de água e a aeração.

A iniciativa da utilização do lodo torna a agricultura mais produtiva e sustentável, essa prática não apenas promove a sustentabilidade agrícola, mas, reduz o volume de resíduos descartados em aterros. Na entrevista que se encontra no apêndice A, a servidora pública Macarena Caroca (2024) responsável pela coordenação da Usina Verde faz referência a economia circular que promove a reintegração do resíduo a sociedade estando em um ciclo fechado e que poderá ser reutilizado.

A compostagem do lodo e produção de fertilizantes permite a redução de custos e geração de lucro quando comercializada evitando a necessidade de comprar fertilizantes sintéticos. Para empresas que adotam a compostagem de lodo como destinação do seu resíduo praticam a responsabilidade social, e se alinham as regulamentações ambientais e tornam-se espelho para as demais instituições.

Vale ressaltar que os métodos de compostagem implicam em riscos legais e técnicos que podem trazer resultados produtivos e econômicos distintos devido variáveis que são geradas de acordo com o ambiente, localidade ou procedimento. É necessária uma análise detalhada dos parâmetros para que as escolhas minimizem os riscos e proporcionem vantagens ambientais e econômicas.

#### **4.2.1 Alinhamento com os Princípios ESG**

O tratamento de efluentes permite o reuso da água, e o sistema de lodo ativado é uma continuidade desse processo que quando descartado corretamente do início até o fim é revertido em pontos positivos como a sustentabilidade ambiental, beneficia a comunidade e produtores, e garante prática de governança responsável.

O lodo quando destinado para qualquer que seja a atividade produtiva reduz a quantidade de resíduos levados para o aterro sanitário, diminuindo a poluição do solo e reduz a emissão de gás de efeito estufa. O lodo possui nutrientes valiosos que podem ser aproveitados para a estrutura e fertilidade do solo, promovendo a reciclagem de nutrientes.

Na entrevista que se encontra no apêndice A, a servidora pública Macarena Caroca (2024) cita que 20% do composto gerado na Usina Verde de Compostagem é direcionado para

doações, em que se remetem as escolas com horta educativa, para entidades sem fins lucrativos, iniciativas ambientais, e hortas comunitárias. A gestão do lodo através da compostagem reduz os odores e riscos de contaminação associados ao descarte inadequado assim, melhorando a qualidade de vida nas comunidades próximas. A implementação de instituições sustentáveis além de gerar empregos para residentes locais, incentiva práticas sustentáveis para a população

## 5 CONCLUSÃO

No presente trabalho, foram abordadas as principais temáticas para efetivar o conceito ESG como ferramenta que visa incentivar a conscientização sobre o impacto do descarte do lodo ao meio ambiente. As boas práticas atingem também o governamental e social que são importantes para o desenvolvimento da sustentabilidade, pois os critérios do ESG são fundamentais para amenizar os impactos negativos da produção inicial do subproduto até o descarte final, ao se tratar de medidas socioambientais referente ao um bem social, pois todos estão inseridos e desfrutam do meio ambiente.

O tratamento dos efluentes é uma atividade sustentável pois, incentiva o reuso das águas residuais e minimiza o consumo excessivo dos mananciais, durante os processos produtivos e domésticos. Para que seja uma ação completa, é necessário que o subproduto do tratamento, também seja descartado de forma correta, o lodo tem impacto significativo quando destinado ao cultivo como fertilizante, e pode suprir as necessidades estruturais do solo obtendo um retorno positivo para a comunidade local e ao planeta.

A economia circular é um modelo inovador que busca a sustentabilidade, promove a reutilização de resíduos que seriam descartados, reduzindo os custos, a poluição do solo e rios, e o consumo excessivo dos recursos naturais.

A responsabilidade empresarial reafirma a importância da preocupação com o ambiente interno e externo, como as boas práticas são importantes para a empresa no momento de venda do seu produto ou serviço, os consumidores têm buscado cada vez mais organizações que se preocupam com a metodologia aplicada em seus processos, com seus funcionários e ao meio ambiente.

Ao concluir esse trabalho, nota-se a importância da inserção dos conceitos do ESG como ferramenta no sistema de lodo ativado, pois engloba as empresas, entidades governamentais e a sociedade principalmente, durante sua destinação e como pode ser agregada de forma positiva no meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLI, C. V., FERNANDES, F., SPERLING, M. **Sludge Treatment and Disposal**. IWA Publishing, Alliance House. London. 1994, pg 1 -60.
- ANDREOLI, C. V.; DE LARA, A. I., FERREIRA, A. C.; BONNET, B. R. P., PEGORINI, B. R. P., **A Gestão dos Biossólidos Gerados em Estações de Tratamento de Esgoto Doméstico In. Engenharia e Construção**. Curitiba, 1998, p. 24.
- ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. V.; ANDREOLI, C.V. **Lodos de esgoto: tratamento e disposição final**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 444 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: **Resíduos sólidos – Classificação**. 2004. Rio de Janeiro. 2004. 3 p.
- ASSOCIAÇÃO E SINDICATO DAS CONCESSIONÁRIAS PRIVADAS DE ÁGUA E ESGOTO. **Setor de saneamento pode ajudar o Brasil a criar R\$ 1,5 milhão de empregos até 2033**. 2020. Disponível em:< <https://abconsindcon.com.br/setor-de-saneamento-pode-ajudar-o-brasil-a-criar-r-15-milhao-de-empregos-ate-2033/>>. Acesso em: 04/11/2023.
- AZEVEDO NETO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de hidráulica**. 8ª edição. São Paulo: Blucher, 1998.
- BALMÉR, P. **Phosphorus recovery-na overview of potentials and possibilities**, Wat. Sci, Tech.p. 185-190, 2004.
- BERTONCELLO, Silvio Luiz Tadeu. **A importância da Responsabilidade Social Corporativa como fator de diferenciação**. Publicado pela revista Faap.2007.p. 72.
- BRAGA, Benedito et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRASIL, Decreto Nº 6.514, de 22 De Julho De 2008. **Das Infrações e Sanções Administrativas ao Meio Ambiente**. Publicado no D.O.U de 23 de julho de 2008.
- BRASIL, Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto De 2010. **Disposições Gerais**. Publicado no D.O.U de 03 de agosto de 2010.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº375, de 29 de agosto de 2006. **Critérios de e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados**. Publicado no D.O.U. de 30 de agosto de 2006.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº498, de 19 de agosto de 2020. **Critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos**. Publicado no D.O.U. de 21 de agosto de 2020.
- BERTON, RONALDO. **Usina Verde de Campinas TRANSFORMA lodo da estação de tratamento em ADUBO ecológico**.2023.Ed TV Cultura. Disponível em:< <https://www.youtube.com/watch?v=Fq9bU8t1i3c>>. Acesso em: 10/05/2024.
- BONCIU, F. **The European Economy: From a Linear to a Circular Economy**. *Romanian Journal of European Affairs*.2014. 14(4), 78-91.
- CATVE. **Moradores de Marechal Cândido Rondon denunciam poluição do Rio Guará**.Disponível em:< <https://catve.com/noticia/6/308325/moradores-de-marechal-candido-rondon-denunciam-a-poluicao-do-rio-guara>>. Acesso em: 13/11/2023.

CDI. **O que está além de ESG?**.2021. Disponível em: <https://cdicom.com.br/mercado/o-que-esta-alem-de-esg/>. Acesso em: 27/10/2023.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas – Critérios para projeto e operação**. São Paulo, 1999. 33p.

CONAMA, Resolução. 430, de 13 de maio de 2012. **Conselho. Nacional do Meio Ambiente- CONAMA**. 2011. v. 430.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Proposta de Resolução**. 2010. Disponível em: [https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com\\_sisconama&task=documento.download&id=18082](https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=documento.download&id=18082). Acesso em: 31/10/2023.

CONAMA. Resolução Nº 498, de 19 de Agosto de 2020. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Disponível: <[https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=797](https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=797)>. Acesso em: 25/05/2024.

CNHR, CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. **Resolução N 54, 28 de Novembro de 2005**. Disponível em: <<https://www.ceivap.org.br/ligislacao/ResolucoesCNRH/ResolucaoCNRH%2054.pdf>>. Acesso em: 04/11/2023.

COORDENAÇÃO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. **Secretário de Agricultura e prefeito de Campinas visitam a Usina Verde de Compostagem**.2021. Disponível em: <<https://www.cati.sp.gov.br/portal/imprensa/noticia/secretario-de-agricultura-e-prefeito-de-campinas-visitam-a-usina-verde-de-compostagem-nesta-quinta—22>>. Acesso em: 10/05/2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy**.2013.Vol.2: Opportunities for the consumer goods sector.

EPTV. **Lodo despejado no Rio Piracicaba pode ter metais pesados, poluentes e causar mortandade de peixes**.2024. Disponível em: < <https://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2024/01/10/lodo-despejado-irregularmente-no-rio-piracicaba-pode-ter-metais-pesados-poluentes-e-causar-mortandade-de-peixes-diz-pesquisadora-da-unesp.ghtml>>. Acesso em: 28/05/2024.

EPTV. **Usina Verde de Campinas busca comercializar parte do adubo orgânico que fertiliza áreas verdes da metrópole**. Disponível em: < <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2022/08/06/usina-verde-de-campinas-busca-comercializar-parte-do-adubo-organico-que-fertiliza-areas-verdes-da-metropole.ghtml>>. Acesso em: 20/05/2024.

FARIA, C. **Digestão anaeróbia**.2006. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/ecologia/digestao-anaerobica/>>. Acesso em: 20/05/2024.

FIGUEIREDO, Marília Cosmo de. **Responsabilidade Social Empresarial**. AVM, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <[http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/K234778.pdf](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/K234778.pdf)>. Acesso em: 04/11/2023.

FILGUEIRA, Airam. **A Importancia da Responsabilidade Social nas Organizacoes**. Administradores, 19 de novembro de 2014. Disponível

em:<<https://administradores.com.br/artigos/a-importancia-da-responsabilidade-social-nas-organizacoes/>>. Acesso em: 03/11/2023.

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Compostagem familiar**. Brasília: Funasa, 2009.

FUNASA. **Programa Sustentar: Saneamento e Sustentabilidade em Áreas Rurais**. Ministério da Saúde, [S. l.], p. 1-24, 2018. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/web/guest/sei>. Acesso em: 01/11/2023.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Compostagem familiar**. Brasília. 2009.p16.

GASI, T.M.T.; ROSSIN, A.C. **Remoção de Microorganismo Indicadores e Patogênicos em Reator UASB Operando com Esgotos Domésticos**. 17o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES. Rio de Janeiro, 1993.

GERHARDT. T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre. Editora da UFRGS. 2009.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL.**Economia Circular**.2019.Disponível em:<https://www.gbcbrazil.org.br/economia-circular/>.Acesso em: 02/06/2024

GOMES, L. P. et al. **Critérios de seleção de áreas para reciclagem agrícola de lodos de estações de tratamento de esgoto**. V. Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: RIMA, ABES, p.189-214,2001.

GONÇALVES, R. F.; LUDUVICE, M.; SPERLING, M. V. **Remoção da umidade em lodos de esgoto**. Lodos de esgoto: tratamento e disposição final. UFMG. Belo Horizonte. Companhia de Saneamento do Paraná. 4a Edição. p.159-259, 2010.

GONÇALVES, ALEXANDRE.**Usina Verde de Campinas TRANSFORMA lodo da estação de tratamento em ADUBO ecológico**.2023.Ed TV Cultura. Disponível em:<<https://www.youtube.com/watch?v=Fq9bU8t1i3c>>. Acesso em: 10/05/2024.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C. ; ULGIATI, S. (2016). **A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems**. Journal of Cleaner Production.

HESPANHOL, Ivanilso. **Reuso de água: uma alternativa viável**. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente , Rio de Janeiro, v. 11, n.18, p. 24-25. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA. **Agenda Positiva de Governança: medidas para uma governança que inspira, inclui e transforma**. / Instituto Brasileiro de Governança Corporativa. São Paulo, SP : IBGC, 2020, p.12.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA. **Guia de Sustentabilidade para as Empresas / Instituto Brasileiro de Governança Corporativa**. São Paulo, SP: IBGC, 2007, p. 15 (Série Cadernos de Governança Corporativa, 4).

JUNIOR, Paulo Leão de Moura. **ESG - Enviroment, Social and Governance. Legis Compliance**. 2021. Disponível em: <https://www.legiscompliance.com.br/artigos-e-noticias/3167-esgenviroment-social-and-governance>. Acesso em: 27/10/2023.

KRAEMER, M.E.P. **Resíduos industriais e a questão ambiental associada à contabilidade aplicada ao ambiente natural**. Revista Técnica do Conselho Regional de Contabilidade do Rio Grande do Sul. 2006. Porto Alegre, v. 7, n. 30, p. 06-17.

KOPNINA, H.; BLEWITT, J. (2015). **Sustainable business: key issues.** Routledge, Oxon. Ed Circular economy as an essentially contested concept. Journal of Cleaner Production 175 (2018) 544e552.

LEMANSKI, J.; SILVA, J. E. da. **Avaliação agrônômica e econômica da aplicação de biossólido na produção de soja.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, p.1477-1484, 2006b.

LI, S. **The research on quantitative evaluation of circular economy based on waste input-output analysis.** 2012. International Conference on Environmental Science and Engineering. Procedia Environmental Sciences.

LIMA, M.R.P. **Uso de estufa agrícola para secagem e higienização de lodos de esgoto.** 2010. 284. Tese de Doutorado – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo . São Paulo, 2010.

MATHIS, A. de A.; MATHIS, A. **Responsabilidade Social Corporativa e direitos humanos: discursos e realidades.** Revista Katálysis. 2012. p.131-140.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. **Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas.** In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A (Ed.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.109-142.

METCALF, L.; EDDY, P.H. **Tratamiento y Depuración de las aguas residuales.** 2 ed., Barcelona: Editorial Labor S.A., 1981. 837 p.

METCALF; EDDY, Inc. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.** 4a ed. Boston: Mc Graw Hill, 2003.

MIERZWA, J. C. HESPANHOL, I. **Água na indústria uso racional e reúso.** São Paulo. 2005 143.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA).. **Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura.** Brasília: MAPA, 2020.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Água no mundo.** 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/cooperacao-internacional/agua-no-mundo>. Acesso em: 31/10/2023.

MORAES, D. O. C, D. ; OLIVEIRA, N. Q. d. S.; PINTO, R. F.; NOGUEIRA, T. V. **Responsabilidade Social Corporativa: Compreensão e Práticas de Consumo Sustentável de Futuros Administradores.** Engema, 2012. Disponível em: <<http://www.engema.org.br/21/o-evento/edicoes-antiores/>>. Acesso em: 03/11/2023.

MOLLO LUÍS. **Usina Verde de Campinas TRANSFORMA lodo da estação de tratamento em ADUBO ecológico.** 2023. Ed TV Cultura. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Fq9bU8t1i3c>>. Acesso em: 10/05/2024.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil.** 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/1>. Acesso em: 30/10/2023.

NEVES, Estela, TOSTES, André. **Meio Ambiente, a lei em suas mãos.** Petrópolis. Editora Vozes. 1992.

NOVA AMBIENTAL. **Lodo Industrial: Destinação Final Para Resíduos das Estações de Tratamento Efluentes.** Disponível em: <https://www.novaambiental.com.br/lodo-industrial-destinacao-final-para-residuos-das-estacoes-de-tratamento-efluentes/>. Acesso em: 01/11/2023.

PACTO GLOBAL. **A iniciativa, [S.I.], [s.d.]**. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/ainiciativa>. Acesso em: 27/10/2023.

PACTO GLOBAL. **Entenda o significado da sigla ESG (Ambiental, Social e Governança) e saiba como inserir esses princípios no dia a dia de sua empresa.** 2022. Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/pg/esg>. Acesso em: 03/11/2021.

PARDINI, Eduardo Person. **Por que precisamos nos preocupar com o ESG – Environment, Social & Governance? Legis Compliance.** 2021. Disponível em: <https://www.legiscompliance.com.br/colunistas/eduardo-person-pardini/2996-por-que-precisamos-nospreocupar-com-o-esg-environment-social-governance>. Acesso em: 27/10/2023.

PEDROZA, M. M., VIEIRA, G. E. G., SOUSA, J. F., PICKLER, A. C., LEAL, A.C.,MILHOMEN, C. C.**Produção e Tratamento de lodo de esgoto.** 2016.

PELEGRINO, E.C.F.; FLIZIKOWSKI, L.C.; SOUZA, J.B. de. **Compostagem de lodo de estação de tratamento de esgoto.** In: VI Semana de Estudos de Engenharia Ambiental. Unicentro. 2008.

POGGIANE, F. **Substratos para produção de mudas florestais.**1996.Congresso Latino Americano de Ciência do Solo. Ed São Paulo. SLCS:SBCS:ESALQ/USP:CEA- ESALQ/USP: SBM.

PIERONI, M.**Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches.** J. 2019.Clean.Prod. 215, 198-216. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.01.036

PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M.E. **Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura.** Jaguariúna: EMBRAPA, 2008. 9 p. (Circular Técnica, 19).

POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Lei Nº 6.938.**1981. Disponível em:<[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 12/11/2023.

PORTAL SANEAMENTO BÁSICO. **Saneamento Básico: 6,2 milhões de empregos devem ser gerados no setor até 2033.** Disponível em: <https://saneamentobasico.com.br/outros/saneamento-basico-empregos-setor/>. Acesso em: 01/11/2023.

PROSAB. **Aproveitamento do Lodo Gerado em Estações de Tratamento de Água e Esgotos Sanitários, Inclusive com a Utilização de Técnicas Consorciadas com Resíduos Sólidos Urbanos.** 2001. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de\\_programas/prosab/CLeverson.pdf](http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de_programas/prosab/CLeverson.pdf). Acesso em: 02/11/2023.

SANASA. **Esgotamento Sanitário em Campinas.**2020.Disponível em:<[https://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=I&par\\_nrod=2309&flag=TS](https://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=I&par_nrod=2309&flag=TS)>. Acesso em: 10/05/2024

SANEAR BRASIL. **O Setor Industrial É Responsável Por 90% Do Uso Da Água No Brasil.** 2020. Disponível em: <https://www.sanearbrasil.com.br/setor-industrial-responsavel->



## **APÊNDICE A**

A servidora pública Macarena Caroca responsável pela Usina Verde de Compostagem cedeu uma entrevista presencial para sanar as dúvidas e explicar um pouco mais sobre a instituição.

### **1.Quais critérios foram cruciais para implantar uma Usina Verde de Compostagem?**

Implantar a usina verde de compostagem originou-se de uma iniciativa conjunta da Secretaria de Serviços Públicos, liderada pelo Secretário Ernesto, engenheiro agrônomo. O projeto foi concebido como resposta à necessidade de implementar um manejo adequado dos resíduos municipais. Anteriormente, uma parte significativa dos resíduos, incluindo o lodo e os resíduos da poda verde da cidade, era destinada aos aterros sanitários locais, como o Aterro Delta e a URM. No entanto, devido à fase de inativação desses aterros, a Prefeitura de Campinas decidiu adotar medidas para reduzir custos.

### **2.Quais são os principais objetivos e benefícios ambientais da Usina de Compostagem?**

Os principais objetivos e benefícios ambientais da usina de compostagem incluem a promoção da economia circular, onde os resíduos gerados são reintegrados à sociedade por meio de um ciclo fechado de produção e reutilização.

### **3.Como é o processo de compostagem realizado na Usina?**

O processo de compostagem adotado na usina é caracterizado pelo revolvimento mecânico, utilizando compostadores para promover a atividade microbológica por meio da aeração das pilhas de compostagem. O monitoramento contínuo da temperatura e umidade durante o processo garante a sanitização adequada do composto, atendendo aos requisitos regulamentares e assegurando a qualidade do produto final.

### **4.Qual é a capacidade de produção da Usina?**

Atualmente, a capacidade de produção da usina é de 198 toneladas diárias, conforme estipulado pela licença de operação.

### **5.Como o composto produzido pela Usina Verde é comercializado e utilizado para quais fins?**

Quanto à destinação do composto produzido, a Prefeitura de Campinas não comercializa o produto, pois está sob sua gestão direta. Todo o composto é direcionado para doação, sendo

distribuído para escolas com projetos de hortas educativas, ONGs, associações de hortas comunitárias e outras entidades que solicitam o material para uso em iniciativas ambientais. Em média, aproximadamente 20% do composto produzido mensalmente é distribuído, enquanto o restante é armazenado para futuras doações ou utilização.

**6.Há uma projeção de lucratividade na comercialização do composto resultante da usina de compostagem? Além disso, quais são os setores de mercado que poderiam potencialmente utilizar esse composto?**

A projeção de lucratividade na comercialização do composto produzido pela usina de compostagem ainda não foi estabelecida devido à novidade do projeto. Embora existam outras usinas de compostagem privadas em operação, o acesso a informações sobre suas práticas comerciais é limitado, pois elas podem considerar a usina municipal como um potencial concorrente no mercado. Inicialmente, os esforços estão voltados para a promoção da comercialização do composto como uma alternativa de destinação viável para os resíduos gerados pelo projeto. No entanto, ainda não foi realizado um estudo específico sobre viabilidade econômica nesse sentido.

**7.Como a destinação do lodo para compostagem contribuiu para a redução de custos ou economia para o processo em questão?**

A destinação do lodo para compostagem contribuiu para a redução de custos e economia para o processo em questão, evitando assim sua disposição no aterro sanitário. Esta prática possibilita uma abordagem mais sustentável e ambientalmente responsável para o tratamento dos resíduos orgânicos, reduzindo os custos associados ao transporte e disposição final dos mesmos.

**8.Quais são as parcerias e colaborações importantes que a usina tem com outras organizações ou entidades?**

A usina de compostagem estabeleceu parcerias e colaborações significativas com diversas organizações e entidades. O projeto surgiu de um convênio entre a Secretaria de Serviços Públicos (CEASA), a Companhia de Saneamento Básico de Campinas (SANASA), a Prefeitura Municipal, o Instituto Agrônomo (IAC), além de uma empresa terceirizada contratada para operar e manter a usina. A SANASA contribuiu cedendo equipamentos para o projeto, enquanto o IAC cedeu a área onde a usina está localizada, visando também futuras pesquisas e atividades educativas. O Ceasa participa do projeto direcionando os resíduos orgânicos gerados em suas atividades para a usina, como parte de seus esforços para promover práticas de destinação mais

sustentáveis. Além disso, a usina realiza doações de composto para diversas organizações e iniciativas comunitárias locais. Em uma escala ampla para atender às necessidades de múltiplas pessoas em comunidades compartilhadas, compreendo. Portanto, seria direcionado principalmente a associações de hortas comunitárias e iniciativas semelhantes, centradas em bairros específicos. Todo o processo de doação é devidamente regulamentado e requer contato prévio, podendo ser facilitado por meio de um ofício dirigido ao secretário responsável. Este ofício deve detalhar o propósito da doação, sua finalidade, o endereço de destino e, uma vez aprovado, a retirada do composto é autorizada, geralmente organizada por meio de agendamento prévio para a coleta.

### **9. Qual é a principal regulamentação ambiental que a usina precisa seguir e como ela influencia as operações**

Quanto à regulamentação ambiental, é fundamental para as operações da usina. Qualquer não conformidade pode resultar em penalidades significativas, como multas aplicadas pelos órgãos reguladores ambientais, como a Cetesb. De fato, em casos de infração, a operação da usina pode ser temporariamente suspensa até que todas as questões regulatórias sejam devidamente resolvidas. Portanto, o cumprimento das normas e regulamentos ambientais é crucial para a continuidade das operações da usina, bem como para mitigar quaisquer impactos adversos ao meio ambiente. Na realidade, o lodo que é recebido na usina de compostagem já passou por um processo de tratamento, incluindo centrifugação, antes de chegar às instalações. Embora os detalhes específicos sobre o tratamento prévio do lodo não sejam completamente conhecidos pela equipe da usina, ao receber o material, é realizado um processo de mistura com as proporções adequadas de compostos estruturantes. No entanto, em determinado período, ocorreu uma desproporção entre a quantidade de lodo e a quantidade de material estruturante disponível, o que resultou em desafios operacionais.

### **10. Quais são os critérios utilizados para avaliar o sucesso ambiental e operacional da Usina de Compostagem?**

Os critérios para avaliar o sucesso ambiental e operacional da usina de compostagem envolvem principalmente a análise da viabilidade econômica do projeto. Isso inclui a avaliação dos custos econômicos associados ao tratamento convencional de resíduos em comparação com os benefícios financeiros e ambientais gerados pela compostagem.

### **11. Como a Usina lida com eventuais reclamações da comunidade local?**

A gestão de eventuais reclamações da comunidade local é realizada de forma proativa, com monitoramento regular das redes sociais e outras plataformas onde podem surgir reclamações. No entanto, devido à natureza do processo de compostagem e seus potenciais impactos ambientais, a resolução de reclamações pode ser desafiadora.

**12.A Usina de Compostagem está envolvida em algum projeto social como parte de suas iniciativas?**

A usina de compostagem não está atualmente envolvida em projetos sociais, pois sua principal função é lidar com o tratamento de resíduos. No entanto, a instituição está aberta a fornecer material compostado para iniciativas comunitárias locais.

**13.Existe projeto para a expansão da Usina de Compostagem?**

Há planos para a expansão da usina de compostagem, e a instituição reconhece os aspectos positivos e o interesse crescente em compostagem por parte de outras prefeituras e empresas.

**14.Como a instituição vê o futuro da compostagem em termos de inovações tecnológicas?**

Quanto ao futuro da compostagem em termos de inovações tecnológicas, a instituição vê oportunidades promissoras para melhorias nos processos de compostagem e na implementação de tecnologias mais eficientes.

**15.Qual conselho a instituição daria para outras cidades que estejam considerando implementar uma usina de compostagem semelhante?**

Um conselho que a instituição ofereceria para outras cidades que estejam considerando a implementação de uma usina de compostagem semelhante é que a iniciativa deve ser orientada pelo interesse em alcançar objetivos ambientais e de sustentabilidade. A colaboração com diversas partes interessadas e a análise cuidadosa dos aspectos econômicos e operacionais são fundamentais para o sucesso do projeto.