

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO CENTRO  
PAULA SOUZA

Bianca Caetano Teixeira  
Gislaine Buzuti de Moraes Lima  
Gustavo Henrique Favaro Domingues  
Victória Diandra Guerrero

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO LODO RESIDUAL DA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ÁGUA PARA GERAÇÃO DE BIOENERGIA

Fernandópolis  
2022

Bianca Caetano Teixeira  
Gislaine Buzuti de Moraes Lima  
Gustavo Henrique Favaro Domingues  
Victória Diandra Guerrero

## ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO LODO RESIDUAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA GERAÇÃO DE BIOENERGIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Açúcar e Alcool, no Eixo Tecnológico de Produção Industrial, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professora Midian Nikel Alves de Souza.

Fernandópolis  
2022

Bianca Caetano Teixeira  
Gislaine Buzuti de Moraes Lima  
Gustavo Henrique Favaro Domingues  
Victória Diandra Guerrero

## ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO LODO RESIDUAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA GERAÇÃO DE BIOENERGIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico em Açúcar e Alcool, no Eixo Tecnológico de Produção Industrial, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação do Professora Midian Nikel Alves de Souza.

Examinadores:

---

Prof. Alex de Lima

---

Prof. Joel Gouveia Baptista

---

Orientador(a) Prof. Midian Nikel Alves de Souza

Fernandópolis  
2022

## DEDICATÓRIA

Dedicamos este artigo aos nossos familiares, amigos e professores, que não mediram esforços para que chegássemos até aqui. Dedicamos a nossa querida orientadora, Midian Nikel Alves de Souza, que sempre compartilhou sua experiência de forma construtiva. Gratidão.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a DEUS por ter nos dado saúde e força para superar as dificuldades e aos colegas de turma, pela união e companheirismo nesta jornada.

## EPÍGRAFE

“Feliz é aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”. Cora Carolina.

# ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DO LODO RESIDUAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA GERAÇÃO DE BIOENERGIA

Bianca Caetano Teixeira  
Gislaine Buzuti de Moraes Lima  
Gustavo Henrique Favaro Domingues  
Viktória Diandra Guerrero

**RESUMO:** As águas brutas captadas dos rios, normalmente não podem ser utilizadas de forma direta, são necessárias as Estações de Tratamento de Água (ETA) que através de processos físico-químicos tornam a água utilizável. Entretanto, durante esse processo a ETA gera um resíduo conhecido como lodo. No planejamento de uma unidade ETA, o volume de lodo gerado diariamente muitas vezes não é descartado corretamente, podendo ocorrer impactos ambientais. Somando esses fatores, o objetivo do presente trabalho é utilizar esse resíduo na geração de bioenergia. Para tal, foi realizada revisão bibliográfica utilizando artigos científicos, revistas e dissertações, além disso, uma pesquisa de campo, onde coletou-se informações do público em geral para avaliar o grau de conhecimento sobre a temática. Os resultados da pesquisa mostraram que a grande maioria das pessoas acham interessante aproveitar o resíduo gerado pela ETA para a produção de biogás e que a maior dificuldade é o alto custo do processo. Concluímos que o lodo gerado na ETA pode ser usado como uma alternativa sustentável, econômica e ambientalmente viável na produção de bioenergia.

**Palavras-chave:** ETA. Lodo. Biogás. Biodigestores. Bioenergia.

**ABSTRACT:** The raw water taken from rivers, normally cannot be used directly, the Water Treatment Plants (WTP) are necessary to make the water usable through physical-chemical processes. However, during this process the WTP generates a residue known as sludge. In the planning of a WTP unit, the volume of sludge generated daily is often not disposed of correctly, which can cause environmental impacts. Adding these factors, the objective of this study is to use this waste to generate bioenergy. To this end, a literature review was performed using scientific articles, journals and dissertations, in addition to field research, where information was collected from the general public to assess the degree of knowledge on the subject. The results of the research showed that the vast majority of people find it interesting to use the waste generated by the WTP to produce biogas and that the biggest difficulty is the high cost of the process. We conclude that the sludge generated in the WTP can be used as a sustainable, economically, and environmentally viable alternative in the production of bioenergy.

**Palavras-chave:** Eta. Sludge. Biogás. Biodigesters. Bioenergy.

## 1. INTRODUÇÃO

A ETA – Estação de tratamento de Água - é um tipo de estação que capta água dos rios, lagos, poços artesianos e de outras fontes naturais. A instalação das estações de tratamento de água foi implantada devido a necessidade do uso e reutilização de água tratada para diversos processos nas indústrias.

Vale enfatizar que o tratamento pela ETA industrial não certifica o aproveitamento para o consumo humano, apenas para serviço industrial.

Após a decantação, última etapa do processo, cria – se um lodo no fundo do tanque. Se ele não passar por tratamento, pode ocorrer possíveis riscos à saúde pública e a vida marinha, já que este tem como principal poluidor, os metais, como o alumínio e o ferro, também é um material rico em resíduos orgânicos.

Para minimizar esse problema gerado do lodo, uma solução é a utilização do composto orgânico, procedente do tratamento para geração de energia utilizando para tal equipamentos biodigestores anaeróbicos. O biogás produzido nestes equipamentos é então direcionado para motores, que tem capacidade de transformar combustível em energia, segundo a revista BIO3 (2016). O restante da matéria é transformado em biofertilizantes, utilizados em produções agrícolas.

Esta tecnologia sustentável para o tratamento de lodo tem grande relevância pois com o aumento da concentração do metano, após todo o processo, forma o biometano que pode ser usado como combustível, reduzindo o consumo dos combustíveis fósseis. Além disso, evita o descarte incorreto desse resíduo, como muitas indústrias o fazem, utilizando como fertilizante no solo sem levar em consideração a dosagem adequada de alumínio com concentração acumulada menor do que 25%. O principal fator de controle é a quantidade de ferro e alumínio, pois tanto um como o outro se combinam com o fósforo, reduzindo sua absorção pelas plantas (LUCON<sup>1</sup> 2015 apud., SABAGG, 2004).

---

<sup>1</sup> SABAGG, M. G., MORITA, D. M. Incorporação de lodo de estações de tratamento de água em blocos cerâmicos. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

O objetivo do presente trabalho é propor uma utilização sustentável do lodo gerado na ETA, buscando melhorar sua operação e eficiência de tratamento, assim como evitando consequentes danos ao meio ambiente, através da biodigestão desse resíduo e produção de biogás.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA

A estação de tratamento, recebe a água que é captada de rios ou represas. Nela realiza-se a purificação da água tornando-a potável ou não potável (AQUARUM, S/D).

Segundo Kloc e Laird (2017), é um conjunto de aparelhagem responsável pelo tratamento da água, através da remoção de materiais indesejáveis como bactérias e minerais. Neste processo também é corrigida a sua cor, turbidez e odor, conforme mostra a figura abaixo:

Figura 1: Estação de tratamento de água

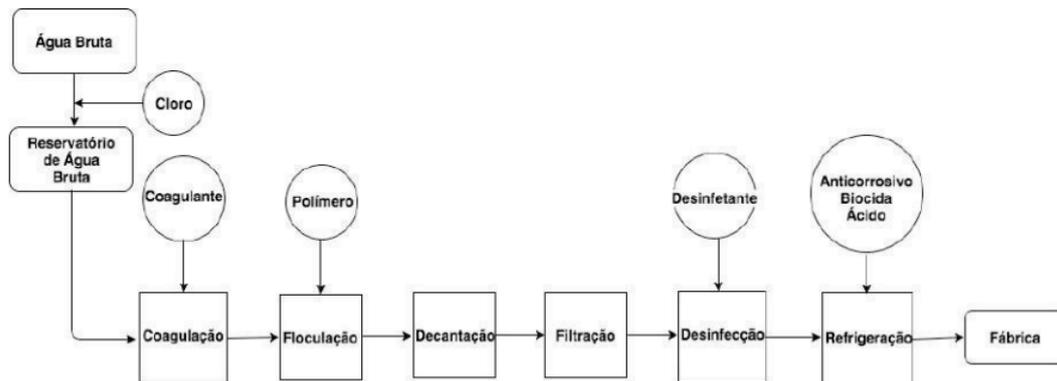


Fonte: (Blog superbac, 2018)

### 2.1.1. Etapas do tratamento de água

A Figura 2 apresenta as etapas de um processo de tratamento de água no setor industrial.

Figura 2: Fluxograma do processo de água industrial.



Fonte: (Siebra, 2018)

### 2.1.2. Captação

De acordo com Pereira (2011), o processo de tratamento da água começa pela captação, através de bombas que sugam a água que seguem para as grades, impedindo passagem de materiais desfavoráveis como, galhos e folhas, conforme mostra a figura abaixo:

Figura 3. Tanque de captação



Fonte: (Prefeitura de Araras, 2015)

### 2.1.3. Coagulação

Segundo Pereira (2011), é o processo que através da reação do coagulante, obtém-se a aglomeração de partículas, estimulando o equilíbrio instável dos átomos. O pH, cor, sólidos totais dissolvidos entre outros são alguns dos principais fatores responsáveis pela coagulação. Os sais de alumínio ou ferro são os mais usados no processo, como o sulfato de alumínio. Podem também ser usados alguns produtos como os aniônicos ou não iônicos.

De acordo com Fogaça (2022), esses coagulantes são insolúveis em água, e ao gerar íons positivos atraem as impurezas negativas que contém nela, assim as desestabilizando e formando aglomerações em flóculos. Podemos dizer que a coagulação é um processo químico com finalidade de desestabilizar partículas. Abaixo, temos a figura 3, que ilustra o tanque de coagulação.

Figura 4: Tanque de coagulação/floculação.



Fonte: (Brasil escola, 2022)

#### 2.1.4. Floculação

A floculação e a coagulação são etapas do tratamento de água em que se tem como objetivo adicionar coagulantes químicos para a formação de flóculos onde se acumulam as sujidades ali presentes. A floculação e a coagulação são processos em que fragmentos muito pequenos se aglomeram formando flóculos, para que possam decantar. Essa é uma das primeiras etapas do tratamento de água. Esta etapa é chamada de clarificação, pois a água das represas e rios tem um aspecto barrento antes de seu tratamento (MUNDO EDUCAÇÃO, S/D).

Ainda, de acordo com a fonte citada acima, esse aspecto barrento é proveniente da presença de fragmentos coloidais, isto é, partículas sólidas de diâmetro entre 1 nm e 1000 nm. Fragmentos maiores do que esses, como as de areia e de outras sujeiras, depositam-se no fundo do tanque e podem ser separadas facilmente da água pelo processo decantação. Mas isso não ocorre com os fragmentos de dimensões coloidais, ou seja, elas não se sedimentam por ação da gravidade com o passar do tempo, ficando dispersas por toda a extensão da água, o que causa uma grande dificuldade no processo de remoção.

Para remover esses fragmentos que não afundam, a água captada é levada para uma unidade denominada floculador, onde são acrescentadas substâncias químicas chamadas de coagulantes. No Brasil, o coagulante mais empregado é o sulfato de alumínio que é obtido por meio da reação química entre o óxido de alumínio e o ácido sulfúrico (MUNDO EDUCAÇÃO, S/D).

Segundo Fogaça (2022), o hidróxido de alumínio está carregado positivamente e, por esse motivo consegue neutralizar as impurezas coloidais carregadas negativamente que estão presentes na água. O resultado é que as partículas de sujeira sofrem uma aglutinação e “grudam” no hidróxido de alumínio, formando flóculos sólidos de estatura maior. Esse é o processo conhecido como floculação. Para espalhar bem o coagulante e assim ter um tratamento mais competente, a água é agitada fortemente por cerca de 30 segundos e depois é agitada lentamente.

A mesma autora supracitada afirma que depois desse processo, a água é levada para a próxima etapa do tratamento, que ocorre nos tanques de decantação. Lá os flóculos (formados de lama, argila e micro-organismos) sedimentam-se e são separados.

### **2.1.5. Decantação**

Decantação é basicamente o ato de separar, por meio da gravidade, os sólidos sedimentáveis que estão contidos em uma solução líquida. Os sólidos sedimentam no fundo do decantador de onde acabam sendo removidos como lodo, enquanto o efluente, livre dos sólidos, decanta pelo vertedouro (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2020).

Segundo FUSATI (S/D) o princípio da decantação é o seguinte: quando uma mistura heterogênea entra em estado de repouso, o elemento mais carregado se assenta no fundo do tanque devido à ação da gravidade.

Segundo o mesmo autor, com a segregação dos componentes da mistura, então é aceitável realizar a separação deles por meio das técnicas de sifonação (com mangueira, seringa ou pipeta) ou de drenagem, neste caso com a utilização de um funil separador ou de decantação. A decantação, portanto, é um

método que só é viável mediante duas condições fundamentais: a diferença de densidade entre os elementos da mistura e a insolubilidade entre eles. Conforme descrito, segue figura abaixo:

Figura 5. Tanque de decantação



Fonte: (Autossustentavel, 2017)

### 2.1.6. Filtragem

Os sistemas de filtração para tratamento de água têm como principal função tratar a água bruta a partir de um elemento filtrante, que retém e elimina impurezas mais densas ou maiores para melhorar o odor e a cor do fluido. Eles são estruturados por alguns equipamentos e componentes que realizam cada etapa do processo (YETE, S/D.)

De acordo com a Naturaltec S/D existem três tipos de filtração:

**Filtração Profunda:** as partículas são retidas no interior da matriz filtrante por forças de adesão e retenção mecânica. Tem grande capacidade de retenção de partículas.

**Filtração Superficial:** as partículas são retidas devido aos poros menores. Tem baixa capacidade de retenção de sólidos. O filtro de café é um exemplo.

**Filtração por Membrana:** a filtração por membranas é uma forma especial de filtração de superfície. Tem uma capacidade baixa de retenção de sólidos, mas bastante precisa. Os poros da membrana são produzidos com pequena variação. Estes sistemas são preferidos para filtrações seguras e para uso farmacêutico.

### **2.1.7. Lodo na ETA**

O lodo de ETA é formado a partir da desestabilização das partículas em suspensão presentes na água bruta, que pode ser obtida com a utilização de um produto denominado coagulante, constituído por compostos inorgânicos contendo metais como alumínio ou por compostos orgânicos como o Tanino que é extraído da casca de *Acacia mearsii* (BRATBY<sup>2</sup>, 2006 apud MORAES, 2018).

## **2.2. DESTINAÇÕES AMBIENTALMENTE ADEQUADAS DO RESÍDUO GERADO NO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL**

Algumas pesquisas apontam estratégias alternativas para a destinação e reaproveitamento do lodo e tem tido grande elevação no aumento de novas formas de reciclagem, de baixo impacto ambiental e desenvolvimento sustentável (COSTA, 2020).

Segundo Barbosa (2018), as possibilidades, talvez a mais econômica, seja a utilização agrícola. No entanto, o lodo de esgoto apresenta em sua composição alguns poluentes, como metais pesados, compostos orgânicos persistentes e organismos patogênicos ao homem.

### **2.2.1. Alternativas para a destinação do lodo gerado pela ETA**

---

<sup>2</sup> BRATBY, J. Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment. 2.ed. London: IWA Publishing, 2006.

O lodo proveniente de ETA vem sendo disposto sem nenhum tipo de tratamento em corpos d'água e em solos, causando problemas ambientais. Prática esta que vem sendo questionada por ambientalistas e por órgãos ambientais, pelos possíveis riscos à saúde pública e dos recursos naturais e pelo não aceitação a legislação brasileira. No Brasil, a maioria das ETA's não foram planejadas de forma a promover a disposição e/ou tratamento dos resíduos de forma adequada e há uma grande dificuldade para realizar a limpeza dos decantadores, a qual muitas vezes, é realizada manualmente por funcionários (KLOC; LAIRD<sup>3</sup>, 2017 apud LIMA et al., 2021).

Os impactos ecológicos não eram conhecidos nas sociedades primitivas, pois a produção de resíduos era pequena e a assimilação ambiental era grande. Com o crescimento tecnológico começaram a surgir as preocupações em relação à sustentabilidade. Para o acréscimo sustentável, existe a necessidade de produzir a maior quantidade de bens com a menor quantidade de recursos naturais e a menor poluição, ou seja, a dilatação econômica será desligada da geração de impactos ambientais (BRASILEIRO; MATOS<sup>4</sup>, 2015 apud LIMA et al., 2021).

Para Schwanke, Silva e Moro (2020), a destinação do lodo de esgoto uma das alternativas é a decomposição biológica anaeróbica da matéria orgânica; onde é produzido: metano, amônia, dióxido de carbono, monóxido de carbono, sulfetos e dentre outras substâncias. O Biogás é uma mistura dessas substâncias formadas na digestão anaeróbica, tendo como o principal gás o metano, por ter uma temperatura elevada.

### **2.3.O QUE É UM BIODIGESTOR?**

---

<sup>3</sup> KLOC, A.; LAIRD, Y. Avaliação do impacto de lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) na qualidade das águas do arroio Pilão de Pedra. 2017. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

<sup>4</sup> BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J.M.E. Revisão Bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. Cerâmica. vol.61 no.358. São Paulo. p.178-189. 2015.

Biodigestores compõe-se em equipamentos herméticos e impermeáveis dentro dos quais se deposita material orgânico para fermentar anaerobicamente, ou seja, sem a presença de ar atmosférico, por um determinado tempo de retenção, no qual ocorre um desenvolvimento bioquímico denominado biodigestão anaeróbica, que tem como resultado a formação de produtos gasosos, principalmente metano e dióxido de carbono, além disso biofertilizante (MAGALHÃES<sup>5</sup>, 1986 apud ARAÚJO, 2017).

De acordo com Alves (2017), O biodigestor é composto basicamente, por duas partes: gasômetro e câmara de digestão. O local onde a matéria orgânica é degradada é chamada de câmara de digestão, produzindo biogás e biofertilizante (pode ser construída de concreto, alvenaria, ou fibra de vidro). Localizado na parte superior do reator podendo ser constituído de alvenaria, fibra de vidro, lona plástica ou chapa de ferro, o gasômetro é o local onde o biogás produzido é armazenado, conforme mostra a figura a seguir.

Figura 6: Biodigestor



Fonte: (Vgr residuos, 2021)

### 2.3.1. Para que serve e como funciona um biodigestor?

---

<sup>5</sup> MAGALHÃES, Agenor P. T. Biogás: um projeto de saneamento urbano. São Paulo: Nobel, 1986, 120p.

De acordo com Silva (2015), Biodigestor é um equipamento de fabricação simples, reservado do contato com o ar atmosférico, em seu interior acontece à fermentação da biomassa (matéria orgânica). A matéria orgânica contida nele é metabolizada por bactérias anaeróbias (que se desenvolvem em ambiente sem oxigênio), por isso o ambiente tem que ser o mais vedado possível. A decomposição da matéria orgânica dá origem ao biogás e ao biofertilizantes.

## **2.4 BIOGÁS**

A descoberta do biogás data do ano de 1661, mas somente no Século XIX, Ulysse Gayon desenvolveu os mecanismos do processo de decomposição anaeróbia. O primeiro a sugerir o uso do combustível no aquecimento e na iluminação pública foi Luis Pasteur, sendo que a ideia foi implementada em 1857, na Índia. A China e a Índia foram os primeiros países a produzir o biogás a partir de dejetos e resíduos orgânicos e a utilizá-lo como alternativa na geração de energia (QUEVEDO, 2016).

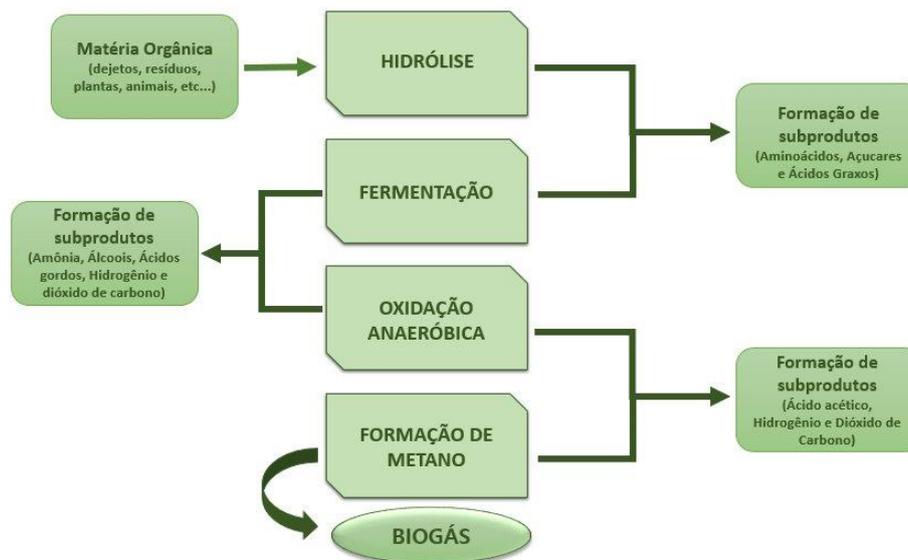
Segundo Freitas (S/D) o biogás é um tipo de gás inflamável produzido a partir da mistura de dióxido de carbono e metano, por meio da ação de bactérias fermentadoras em matérias orgânicas. A fermentação ocorre em determinados níveis de temperatura, umidade e acidez.

De acordo com Catalisa (2022) o biogás é uma fonte de energia renovável, podendo ser utilizado em substituição de gases poluentes, como gás natural. Ele é formado por uma mistura de gases que são produzidos em biodigestores onde bactérias digerem de forma anaeróbica a matéria orgânica. Sua composição é principalmente metano ( $\text{CH}_4$ ), seguido de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), e contaminantes como ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ).

### **2.4.1 Etapas do processo de produção do biogás**

Segundo Quevedo (2016) A produção de Biogás ocorre através da digestão anaeróbica de matéria orgânica, e esta digestão ocorre em quatro etapas básicas: hidrólise, fermentação, oxidação anaeróbica e formação do Metano e subprodutos (Biogás).

Figura 6: Fluxograma do processo de produção do biogás



Fonte: (Infoescola.com, 2016)

## 2.4.2. Hidrólise

Compostos orgânicos complexos mais simples, como aminoácidos, ácidos graxos e açúcares, são obtidos na primeira etapa da digestão por microrganismos sem oxigenação, quebrando moléculas de carboidratos, proteínas e lipídeos, sendo essas moléculas mais complexas. Na ocorrência das reações, as bactérias hidrolíticas liberam para o meio extracelular enzimas como por exemplo a lipase, ocorrendo reações lentas, transformando os polímeros em monômeros nos reatores, sendo influenciadas por temperatura, pH etc. (LETTINGA<sup>6</sup> et al., 1996 apud CARVALHO, 2021).

<sup>6</sup> LETTINGA, G., HULSHOFF, POL L.W., ZEEMAN, G. (1996) Biological Wastewater Treatment. Part I: Anaerobic Wastewater Treatment. Lecture Notes. Wageningen Agricultural University, 1996.

### 2.4.3. Acidogênese

Na acidogênese, as substâncias geradas da hidrólise são convertidas em ácido propanóico (orgânico), ácido butanóico (responsáveis por aromas) e álcoois, assim como hidrogênio e gás carbônico e são absorvidos pelas células das bactérias fermentativas. O desenvolvimento de produtos nesta etapa também depende da quantidade de hidrogênio dissolvido na mistura. No momento em que a concentração de hidrogênio é muito alta, esta atinge negativamente na eficiência da acidogênese, o que causa acúmulo de ácidos orgânicos. Dessa forma o pH da mistura é reduzido e o processo é afetado (ARAÚJO, 2017).

### 2.4.4. Acetogênese

Segundo Matias (2022) as bactérias acetogênicas são responsáveis pela oxidação de ácidos orgânicos. Nesta etapa, é indispensável ter muita cautela, pois a concentração de hidrogênio precisa ser controlada para preservar o equilíbrio do processo.

### 2.4.5. Metanogênese

De acordo com Cassini; Coelho e Garcilasso (2013) a metanogênese é o processo final de deterioração anaeróbica de compostos orgânicos em metano e dióxido de carbono, sendo elaborados através de uma associação de microrganismos metanogênicos. Em função da sua relação com as bactérias metanogênicas, elas são divididas em dois grupos principais, um que forma metano a partir de ácido acético ou metanol, e o segundo que produz metano a partir de hidrogênio e dióxido de carbono, como podemos ver a seguir:

- **Metanogênicas acetoclásticas:** exclusivamente poucas espécies são aptas de formar metano a partir do acetato, estas são em geral os

microrganismos predominantes na digestão anaeróbica. De 60 a 70% são responsáveis por toda a produção de metano e pertencem a dois gêneros essenciais: *Methanosaeta* (Methanotrix).

- **Metanogênicas hidrogenotróficas:** ao oposto das acetoclásticas, aproximadamente todas as espécies conhecidas de microrganismos metanogênicos são capacitadas de produzir metano a partir do hidrogênio e dióxido de carbono. As espécies mais frequentemente isoladas em reatores anaeróbicos são *Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Methanosaeta* e *Methanobrevibacter*.

#### 2.4.6. Vantagens do Biogás

Herbele (2013) relata as seguintes vantagens do biogás:

- É destacada como uma fonte limpa de energia, em comparação com a queima de combustíveis fósseis.
- É um relevante substituto para os combustíveis derivados de petróleo (gasolina e diesel).
- Pode ser usado para produção de energia elétrica, através de geradores.

Inserido em propriedades rurais, pode ser uma fonte de renda para agricultores que podem vender o biogás.

- A fabricação de lixo orgânico pode ser revertida na geração de energia limpa. Portanto, dá uma destinação útil aos aterros sanitários.
- Proporciona a geração de fertilizantes.
- É uma opção ao uso do GLP (gás de cozinha).

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado através de pesquisas bibliográficas e pesquisa quantitativa. O questionário para a pesquisa foi elaborado e encaminhado

ao público, com o intuito de coletar dados referente ao conhecimento das diferentes faixas etárias em relação ao assunto abordado, que fora enviada por e-mail para o público em geral. A fundamentação teórica foi um estudo detalhado e com pesquisas focadas na importância do tema para a atualidade.

Um dos principais motivos para a escolha do tema foi devido a importância de estudar o assunto que envolve a estação de tratamento de água, trazendo uma solução para a reutilização do lodo e o uso de biodigestores para a produção de bioenergia, minimizando assim os impactos ambientais.

## **4. DESENVOLVIMENTO**

### **4.1. PESQUISA DE CAMPO**

A fim de reunir dados sobre o conhecimento da sociedade a respeito do assunto abordado no trabalho e demonstrar sua relevância, foi realizada uma pesquisa via Forms online, através das redes sociais e e-mail. Nela, coletou-se informações sobre o conhecimento do público em geral, elas também foram questionadas se possuíam conhecimento da ETA- Estação de Tratamento de Água, as etapas e o destino do lodo.

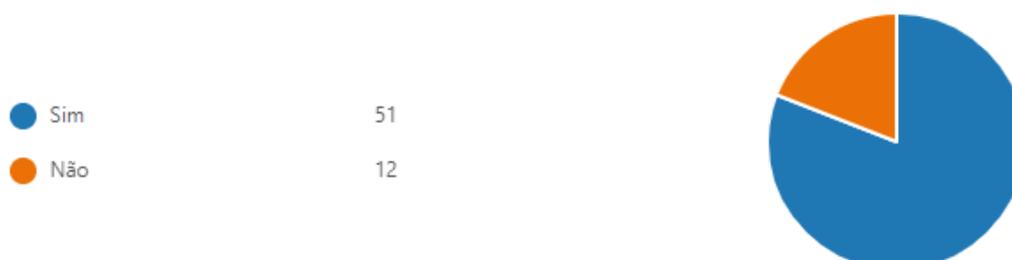
Ademais, como discorrido durante o documento, umas das causas da ETA é o lodo gerado e seu destino que pode ser usado na geração de bioenergia, por isso investigado a quantidade de pessoas que tem conhecimento sobre o problema. Por fim abordou-se quantos tinham conhecimento sobre a estação de tratamento de água, o lodo e o biodigestor para geração de bioenergia.

#### **4.1.1. Resultados**

Alcançou-se com a pesquisa 63 respostas, das quais a maioria do público (51 pessoas) têm conhecimento sobre o assunto. Uma pequena parte, 12 pessoas desconhecem o assunto.

O gráfico 1 apresenta as respostas referentes ao conhecimento dos entrevistados em relação as etapas de um tratamento da água.

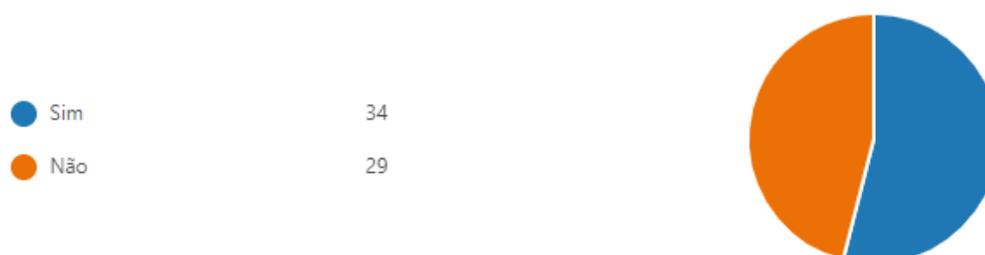
Gráfico 1. Conhecimento sobre etapas de tratamento



Fonte: (Próprios autores, 2022)

No quesito conhecimento, pode-se constatar com a maioria das respostas do público, que pouco mais da metade dos entrevistados sabia o que era ETA (Estação de Tratamento de Água), e os demais nunca tinham ouvido falar do assunto (Gráfico 2)

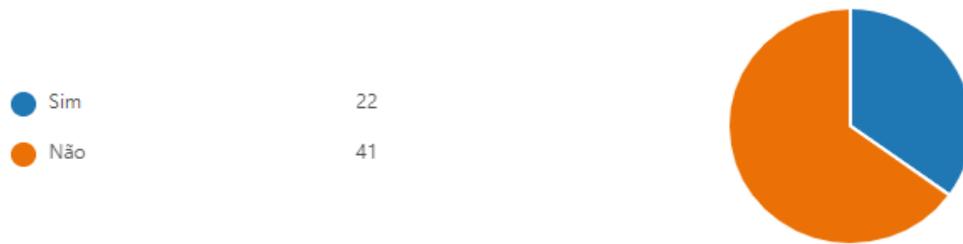
Gráfico 2. Etapas de tratamento na ETA



Fonte: (Próprios autores, 2022)

Além disso, grande parte das pessoas desconhecem sobre o destino do resíduo do lodo (41 pessoas), enquanto 22 relataram conhecer esse fim, como é possível notar no gráfico 3. Isso talvez se deva ao fato desse processo não ser muito divulgado nos meios de comunicação, sendo mais comum estudantes ou pessoas que trabalham em áreas correlatas conhecerem.

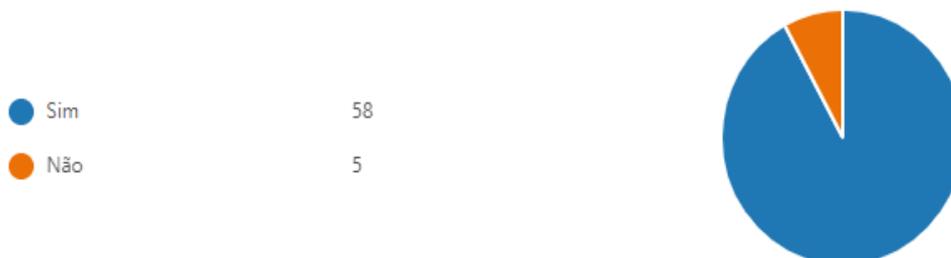
Gráfico 3. Resíduo do lodo e o destino dele



Fonte: (Próprios autores, 2022)

Analisando a grande parte das pessoas que responderam sim (58), elas acham interessante aproveitar o resíduo que forma na ETA, mas outras não concordam (5), como é possível notar no gráfico 4. Esse resultado nos mostra que as pessoas estão preocupadas com a sustentabilidade ambiental nos processos industriais e aqueles que responderam de forma negativa, podem assim ter feito por falta de conhecimento do processo de biodigestão, já que não é um tema amplamente divulgado.

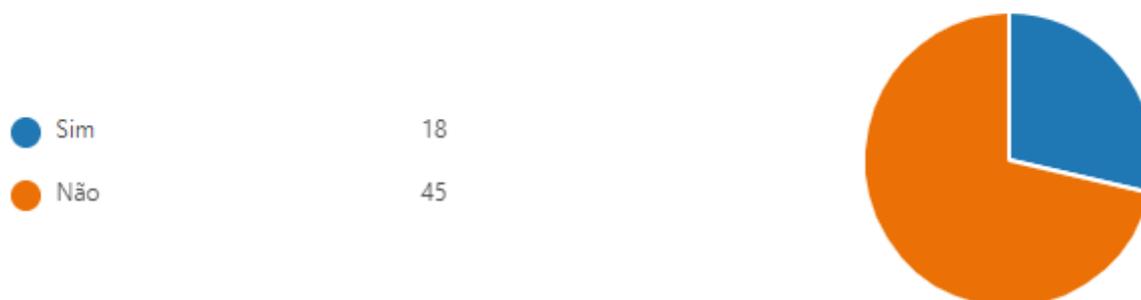
Gráfico 4: Interesse a respeito do reaproveitamento dos resíduos gerados na ETA nos biodigestores e produção de biogás



Fonte: (Próprios autores, 2022)

Quando questionados sobre a formação de bioenergia através do biodigestor (Gráfico 5), foi possível observar que 45 pessoas desconhecem sobre o assunto e apenas 18 pessoas possuem esse conhecimento. A justificativa desses resultados pode ser a mesma já citada anteriormente, a falta de divulgação massiva dessas tecnologias mais modernas e sustentáveis nos meios de comunicação, ficando esse conhecimento mais restrito a pessoas da área de atuação.

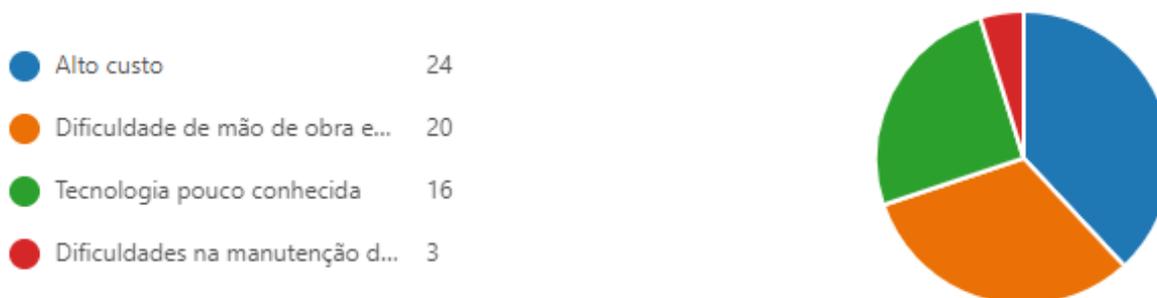
Gráfico 5. Conhecimento sobre a formação de bioenergia através do biodigestor



Fonte: (Próprios autores, 2022)

Em relação as dificuldades na utilização do biodigestor (Gráfico 6), pode-se constatar que 24 pessoas alegaram o alto custo de implantação; 20 pessoas relataram a dificuldade de mão de obra; 16 a questão tecnológica pouco conhecida e 3 pessoas a dificuldade de manutenção do equipamento (biodigestor).

Gráfico 6. Dificuldade na implantação do biodigestor



Fonte: (Próprios autores, 2022)

A escolha da tecnologia a ser adotada, deve ser analisada individualmente, pois depende das circunstâncias, locais, técnico e econômicos do local onde será implantado, considerando a capacidade de investimento e material orgânico. Dessa maneira, foi possível inserir esse conhecimento na sociedade através de um estudo detalhado sobre o uso dele.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, a geração de bioenergia através do lodo gerado pela Estação de tratamento de água percorrida ao longo do trabalho, mostrou grandes vantagens por se tratar de uma fonte de energia limpa, em comparação com outras fontes de geração como a queima de combustíveis fósseis, podendo ser inserida em pequenas e grandes empresas.

O adubo gerado a partir da digestão anaeróbica e o aproveitamento de biogás já têm um papel muito importante para combater os efeitos das mudanças climáticas, diminuir desigualdades social e levar para uma produção e um desenvolvimento sustentável no âmbito de economia circular em todas as escalas, desde o pequeno produtor familiar até as grandes indústrias. Ademais, de acordo com a pesquisa realizada com a população, apesar de uma grande parte não saberem sobre o uso do lodo para produção de bioenergia, isso demonstra a importância do presente trabalho, que possui como principal objetivo conscientizar a população acerca dessa problemática, a fim de que haja o descarte correto desse material.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R., M., C., G., **TRATAMENTO E VALORIZAÇÃO DE DEJETOS DA SUINOCULTURA ATRAVÉS DE PROCESSOS ANAERÓBIOS – OPERAÇÃO E AVALIAÇÃO DE DIVERSOS REATORES EM ESCALA REAL**. 2007. 42 f. Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/90693/257761.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: nov. 2022

**AQUARUM SANEAMENTO AMBIENTAL**. (S/D). Disponível em: <<https://www.aquarum.eng.br/estacao-tratamento-eta>>. Acesso em: set.2022.

ARAÚJO, C., P., A. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico**. 2017. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharel em Engenharia Química – Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2017. Disponível em:

<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20292/3/Produ%C3%A7%C3%A3oBiog%C3%A1sRes%C3%ADduos.pdf>>. Acesso em: ago. 2022.

BARBOSA, J., G., **Gestão Ambiental em Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário: alternativas para o lodo de esgoto**. ISSN 2179-5568 – Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - Ano 9, Edição nº 15 Vol. 01 jul. 2018. Disponível em: <<https://ipog.edu.br/wp-content/uploads/2020/11/jessica-goncalves-barbosa-pagyn12-175131614.pdf>>. Acesso em out. 2022.

**BIODIGESTOR para que serve, tipos, vantagens, desvantagens**. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/blog/biodigestor/#:~:text=O%20biodigestor%20%C3%A9%20um%20equipamento,produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20fertilizantes%20e%20biog%C3%A1s>>. Acesso em: set. 2022

CARVALHO, P., J. **Perspectiva da produção do biogás a partir da codigestão de lodo de esgoto e resíduos alimentares: revisão sistemática**. 2021. 17 f. Trabalho de conclusão de Curso Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2021. Centro de Ciência e Tecnologia Faculdade de Engenharia. Disponível em: <<https://www.bdtd.uerj.br:8443/handle/1/17427> > Acesso em: out. 2022.

CASSINI, S., T. COELHO, T.S.; GARCILASSO, P.V, **Biogás – biocombustíveis ANP**. 2013. 6,7 f. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Servio-Cassini/publication/281411162\\_CASSINI\\_S\\_T\\_COELHO\\_S\\_T\\_PECORA\\_V\\_Biogas-Biocombustiveis\\_ANP\\_In\\_Carlos\\_Augusto\\_G\\_Perlingeiro\\_Org\\_Biocombustiveis\\_no\\_Brasil\\_-\\_Fundamentos\\_Aplicacoes\\_e\\_Perspectivas\\_C\\_Rio\\_de\\_Janeiro\\_Synergia\\_Editora\\_2014/links/570cf85708aec783ddcda418/CASSINI-S-T-COELHO-S-T-PECORA-V-Biogas-Biocombustiveis-ANP-In-Carlos-Augusto-G-Perlingeiro-Org-Biocombustiveis-no-Brasil-Fundamentos-Aplicacoes-e-Perspectivas-C-Rio-de-Janeiro-Synergia-Edito.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Servio-Cassini/publication/281411162_CASSINI_S_T_COELHO_S_T_PECORA_V_Biogas-Biocombustiveis_ANP_In_Carlos_Augusto_G_Perlingeiro_Org_Biocombustiveis_no_Brasil_-_Fundamentos_Aplicacoes_e_Perspectivas_C_Rio_de_Janeiro_Synergia_Editora_2014/links/570cf85708aec783ddcda418/CASSINI-S-T-COELHO-S-T-PECORA-V-Biogas-Biocombustiveis-ANP-In-Carlos-Augusto-G-Perlingeiro-Org-Biocombustiveis-no-Brasil-Fundamentos-Aplicacoes-e-Perspectivas-C-Rio-de-Janeiro-Synergia-Edito.pdf) >. Acesso em ago. 2022.

CATALISA SOLUÇÕES EM ENERGIA QUÍMICA. **Dessulfurização: uma etapa necessária na produção de biogás**. abr. 2022. Disponível em: <[https://www.catalisajr.com.br/dessulfurizacao-uma-etapa-necessaria-na-producao-de-biogas/?utm\\_source=google&utm\\_medium=blog&utm\\_campaign=br-midia\\_pagatexto\\_blog-google-visitas\\_blog-dessulfurizacao\\_uma\\_etapa\\_necessaria\\_dessulfurizacao\\_uma\\_etapa\\_necessaria&gclid=EAlaIQobChMI2dDWyIDr-QIVouVcCh1nywDSEAMYASAAEgK7mvD\\_BwE](https://www.catalisajr.com.br/dessulfurizacao-uma-etapa-necessaria-na-producao-de-biogas/?utm_source=google&utm_medium=blog&utm_campaign=br-midia_pagatexto_blog-google-visitas_blog-dessulfurizacao_uma_etapa_necessaria_dessulfurizacao_uma_etapa_necessaria&gclid=EAlaIQobChMI2dDWyIDr-QIVouVcCh1nywDSEAMYASAAEgK7mvD_BwE) >. Acesso em ago. 2022.

COSTA, R., M., E., OLIVEIRA., F., S., G. **Caracterização e destinação ambiental do lodo gerado pelas Estações de Tratamento de Água – ETAS**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 10, Vol. 24, pp. 25-38. out. 2020. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/destinacao-ambiental>>.

FOGAÇA, J., R., V. **Coagulação e Floculação**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/coagulacao-floculacao.htm>>. Acesso em set. de 2022.

FOGAÇA, J., R., V. **Floculação**. Mundo Educação. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/floculacao.htm>>. Acesso em set. de 2022.

FREITAS, E., de. **"Biogás"**; Brasil escola. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/biogas.htm>>. Acesso em: jul. 2022.

FUSATI **Filtros e Tratamento de Água** | jan. 19, 2021 | Blog, Filtros, Equipamentos para o Tratamento de Água, Tratamento de Efluentes, Esgoto; Disponível em: <<https://www.fusati.com.br/o-que-e-a-decantacao/>>. Acesso em set. de 2022.

GOMES, L. **Possibilidades para utilização de biogás** – um estudo teórico. 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharelado em Engenharia de Produção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16098/1/PG\\_DAENP\\_2017\\_1\\_01.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16098/1/PG_DAENP_2017_1_01.pdf)> Acesso em: jul. 2022.

HEBERLE, A., N., A. **Biogás gerado a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes suplementado com óleo vegetal residual**. 2013. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso II – Centro Universitário Univates. Lajeado, 2013. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/368/1/AlanHeberle.pdf>>. Acesso em: set. 2022.

KLOC, P. A.; LAIRD, V.Y. **AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) NA QUALIDADE DO ARROIO PILÃO DE PEDRA**. 1990. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso Bacharel em Engenharia Química- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16537/1/PG\\_COENQ\\_2017\\_2\\_01.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16537/1/PG_COENQ_2017_2_01.pdf)>.

LIMA., G., M., L., et al., 2021. **Destinações ambientalmente adequadas do resíduo gerado no processo de tratamento de água convencional**. Disponível em: <<file:///C:/Users/Aluno/Downloads/admin,+ART+215+BJD.pdf>>. Acesso: set. de 2022. (LUCON; BERTON; COSCIONE, S/D) **Uso agrícola do lodo gerado em estação de tratamento de água**. Campinas. Disponível em: <<https://www.eventossilos.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1383.pdf>>

MATIAS, C., K. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos visando aplicação em aquecimento e cocção de alimentos em substituição ao gás natural**. 2022. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia de Petróleo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, 2022. Disponível em: <[https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/46186/1/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Biog%C3%A1s\\_Matias\\_2022.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/46186/1/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Biog%C3%A1s_Matias_2022.pdf)>. Acesso em: ago. 2022

MORAES, B., S. **Utilização de lodos de Estações de Tratamento de Água como fonte alternativa de energia**. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/183056>>. Acesso em set. de 2022

NaturalTec. **Filtração**. Disponível em: <<https://www.naturaltec.com.br/filtracao-teoria/>>. Acesso em set. de 2022

PEREIRA, M., L., S. **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DO LODO DAS LAGOAS DA ETA GRAMAME**. 2011.84 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Tecnologia-CT, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, João Pessoa, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/5450/1/arquivototal.pdf>.

PORTALTRATAMENTO DE AGUA. **Etapas-Tratamento De Água**. Disponível em:<<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/etapas-tratamento-agua/>>. Acesso em set. de 2022.

QUEVEDO, T., R. **Biogás**. 2016. Faculdade Anhanguera 2016. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/combustiveis/biogas/>>. Acesso em set. 2022.  
SCHWANKE., M., C., SILVA., C., A., I., MORO., M., W., **LODO DOMÉSTICO, UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA**. Cibio, Inf. Paraná, p.2., dez. 2020. Disponível em: <<https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-d117a1166c53d267a905aa5b33beca3a04ca6a2f-arquivo.pdf> >. Acesso em: nov. 2022

SIEBRA, T.K. **ANÁLISE DE CONFIABILIDADE E OTIMIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA SISTEMAS DE REFRIGERAMENTO DE UMA INDÚSTRIA DE FIAÇÃO**. 2018. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso Graduação em Engenharia Química – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: <[https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35212/3/2018\\_tcc\\_ktsiebra.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35212/3/2018_tcc_ktsiebra.pdf)>.

SUPORTE, T. **Energia elétrica gerada por uma estação de tratamento de esgoto**. 2016. Disponível em: < <https://bio3consultoria.com.br/energia-por-esgoto/>>. Acesso em jun.2022

YETE-tratamento de água. **Sistemas de filtração para tratamento de água**; YETE. Disponível em: <<https://www.yete.com.br/sistemas-de-filtracao-para-tratamento-de-agua>> . Acesso em set. de 2022.