



DEPARTAMENTO DE ENSINO  
CURSO TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA – FORMA INTEGRADA

ANDREZZA STELA DA SILVA BARBOSA  
HELEN SAMARA ASTROS RIBEIRO  
JÉSSICA LAYANA GABRIEL DO AMARAL DA SILVA

PROJETO DE PROTÓTIPO DE UMA USINA DE PIRÓLISE NO TRATAMENTO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS A SER IMPLANTADA NA CIDADE DE SANTO AMARO-BA

Santo Amaro –BA  
2022

ANDREZZA STELA DA SILVA BARBOSA  
HELEN SAMARA ASTROS RIBEIRO  
JÉSSICA LAYANA GABRIEL DO AMARAL DA SILVA

PROJETO DE PROTÓTIPO DE UMA USINA DE PIRÓLISE NO TRATAMENTO DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS A SER IMPLANTADA NA CIDADE DE SANTO AMARO-BA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do grau Técnico de Nível Médio em  
Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia  
Campus Santo Amaro.

Orientador(a): Dra. Raquel Guilherme de Carvalho,  
Coorientador: Esp. Washington Luiz Correia Teixeira

Santo Amaro –BA  
2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

---

B238 Barbosa, Andrezza Stela da Silva

Projeto de protótipo de uma usina de pirólise no tratamento de resíduos sólidos a ser implantada na cidade de Santo Amaro-BA. / Andrezza Stela da Silva Barbosa, Helen Samara Astros Ribeiro, Jéssica Layana Gabriel do Amaral da Silva. – Santo Amaro: IFBA, 2022.

50 p.: il. color.

Orientadora: Profa. Dra. Raquel Guilherme de Carvalho

Coorientador: Prof. Esp. Washington Luiz Correia Teixeira

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletromecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Santo Amaro, 2022.

1. Máquinas – Projetos. 2. Pirólise. 3. Engenharia de protótipos. 4. Lixo - Eliminação. 5. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.). 6. Energia – Fontes Alternativas. 7. Aterro sanitário – Santo Amaro (BA). I. Ribeiro, Helen Samara Astros. II. Silva, Jéssica Layana Gabriel do Amaral da. III. Carvalho, Raquel Guilherme de (Orientadora). IV. Teixeira, Washington Luiz Correia (Coorientador). V. Instituto Federal da Bahia. VI. Título.

CDU 62-1/-9:628.4

---

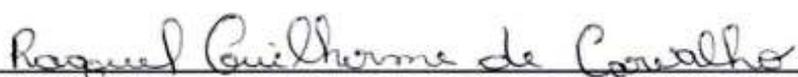
**Elaborado por Reginaldo Pereira Pascoal Junior – CRB-5/1470**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – Instituto Federal da Bahia (SIB-IFBA)**  
**Biblioteca IFBA Campus Santo Amaro**

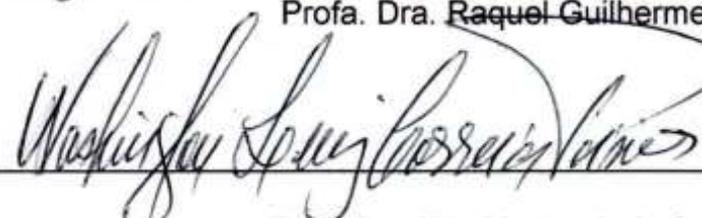
PROJETO DE PROTÓTIPO DE UMA USINA DE PIRÓLISE NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS A SER IMPLANTADA NA CIDADE DE SANTO AMARO-BA

ANDREZZA STELA DA SILVA BARBOSA  
HELEN SAMARA ASTROS RIBEIRO  
JÉSSICA LAYANA GABRIEL DO AMARAL DA SILVA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro, como parte de requisitos necessários à obtenção do grau de Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

Aprovado em 14/12/2022, por:

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Raquel Guilherme de Carvalho

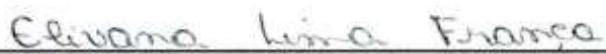
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Washington Luiz Correia Teixeira

Orientadora  
Coorientador

Documento assinado digitalmente  
 LUIS ALVES CORREIA FILHO  
Data: 05/01/2023 09:43:32 -0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

\_\_\_\_\_  
Prof. Me. Luis Alves Correia Filho

IFBA – Campus Santo Amaro

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Ma. Elivana França

IFBA – Campus Santo Amaro

## DEDICATÓRIA

“Este trabalho é dedicado primeiramente a Deus, que sempre esteve presente nos momentos difíceis, à nossa família por todo o apoio, e às pessoas com quem dividimos o espaço acadêmico, as vivências e experiências.”

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Adenil Gabriel, por todo sacrifício em me criar, por sempre estar ao meu lado, fornecendo apoio, compreensão e força, me auxiliando até o presente momento com um sorriso caloroso no rosto.

A meu irmão, Jhon Amaral, por me ensinar a manter o foco e persistir nas coisas que realmente me interessam, e por me ensinar que desistir não é uma opção, mesmo perante as adversidades da vida.

Ao Dr. Silvando Vieira, minha gratidão, por todos os conselhos, pelo conhecimento e incentivo, por ter acreditado na minha capacidade e ter me dado a oportunidade de mostrar o meu potencial para mim mesma e para todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Agradeço à minha orientadora, Dra. Raquel Guilherme, que auxiliou e esteve presente durante a concretização deste trabalho, sempre se mostrando atenciosa e atenta aos mínimos detalhes. A você, toda a minha admiração.

Por fim, quero agradecer a todos os meus amigos com quem dividi as angústias do dia a dia, que indiretamente me deram forças para continuar.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço às minhas mães Juliana e Ivania, por todos os sacrifícios e pela minha criação, por sempre estarem ao meu lado nos momentos mais difíceis da minha vida, por me proporcionar amor e carinho.

À minha avó Ivone por sempre estar do meu lado, me incentivando a ser uma pessoa melhor.

Às minhas tias, Thaís e Viviane por sempre me incentivarem, e a nunca me deixarem desistir do curso.

Ao Dr. Silvando Vieira, por todo apoio, incentivo e orientação nesse momento difícil. À minha orientadora Dra. Raquel Guilherme, que nos orientou e auxiliou neste difícil processo.

À todos os meus amigos, que me ajudaram e me ouviram chorar nesse momento difícil de produção.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por ficarem noites sem dormir junto comigo. Meus familiares, amigos, professores e principalmente as minhas parceiras de tcc por não terem deixado eu desistir da minha vida acadêmica dentro deste instituto e enlouquecer diante todas as provações.

A meu primo Umnaldo José Barbosa Neto por ter me auxiliado em toda trajetória escolar.

A Silvano Vieira e Marcus Vinícius Pascoal pelas aulas que me fizeram apaixonar pela área de eletromecânica nos primeiros anos dentro desta instituição federal.

Agradeço a Orientadora Doutora Raquel Guilherme por todo suporte e auxílio e paciência durante todo processo de construção desse Trabalho de conclusão de curso.

## EPÍGRAFE

“O passado serve para evidenciar as nossas falhas e dar- nos indicações  
para o progresso futuro.”  
**(Henry Ford)**

Resumo do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Santo Amaro como parte dos requisitos para obtenção do grau Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

## PROJETO DE PROTÓTIPO DE UMA USINA DE PIRÓLISE NO TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS A SER IMPLANTADA NA CIDADE DE SANTO AMARO-BA

2022

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

A produção de lixo no mundo deve ter um aumento de 1,3 bilhões de toneladas para 2,2 bilhões de toneladas até o ano de 2025, segundo as estimativas do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Em meio a estas notícias, existem alternativas que podem ser adotadas no descarte de lixo, melhorando assim a qualidade de vida da população e das futuras gerações. Existem basicamente, três processos que vêm sendo aplicados para geração de energia elétrica utilizando lixo descartado. Assim, o presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo, projetar uma usina de pirólise de pequeno porte próximo ao atual aterro sanitário localizado no distrito santamarense Sítio Camaçari. Com base no estudo realizado, a usina de Pirólise é um meio de descarte de lixo que pode ser implantado em qualquer área urbana ou rural para produção de biocarvão. A grande vantagem desse meio é a possibilidade de eliminação de resíduos que contaminam de forma irreversível o solo e água, podendo, portanto, ser aplicado em pequenas cidades do Brasil, para o descarte de lixo, principalmente, nos lixões e aterros que são caracterizados por apresentarem condições totalmente insatisfatórias e insalubres para os catadores de lixo que enfrentam riscos à saúde diariamente.

Palavras chaves: Pirólise, Aterro sanitário, Biocarvão, Descarte de lixo.

Abstract of the Final Course Paper to the Curso Técnico em Eletromecânica presented at Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Santo Amaro as part of the requirements for obtaining the Medium Level Technical degree in Electromechanics.

## PROTOTYPE DESIGN OF A PYROLYSIS PLANT IN THE TREATMENT OF SOLID WASTE TO BE IMPLEMENTED IN THE CITY OF SANTO AMARO-BA

2022

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

The production of waste in the world should increase from 1.3 billion tons to 2.2 billion tons by the year 2025, according to estimates by the United Nations Environment Program (UNEP). In the midst of these news, there are alternatives that can be adopted in the disposal of garbage, thus improving the quality of life of the population and of future generations. There are basically three processes that have been applied to generate electricity using discarded garbage. Thus, this course completion work studies the making of a 3D projection of a small pyrolysis plant close to the current landfill located in the Santamarens district Sítio Camaçari. Based on the study carried out, the Pyrolysis plant is a means of waste disposal that can be implemented in any urban or rural area for the production of biochar. The great advantage of this method is the possibility of eliminating waste that irreversibly contaminate the soil and water, and can therefore be applied in small cities in Brazil, for the disposal of waste, mainly in dumps and landfills that are characterized by present totally unsatisfactory and unhealthy conditions for waste collectors who face health risks on a daily basis.

Keywords: Pyrolysis, Landfill, Environmental, Garbage disposal

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bombeiros intervêm no aterro sanitário de Santo Amaro.....	20
Figura 2 – Acúmulo de lixo em um bairro de Santo Amaro.....	21
Figura 3 – Esquema do reator de pirólise lenta a tambor rotativo.....	28
Figura 4 –Esquema da planta de pirólise rápida da Unicamp.....	29
Figura 5 –Planta 3D da usina de forno de pirólise.....	30
Figura 6 – Fluxograma das etapas do projeto.....	30
Figura 7 – Fluxograma do processo produtivo na usina de pirólise.....	31
Figura 8 – Reator giratório de pirólise.....	32
Figura 9 –Fluxograma conceitual do processo de pirólise.....	34
Figura 10 – Modelagem 3D forno pirolítico de pequeno porte a ser implementado na cidade de Santo Amaro.....	35
Figura 11 – Alimentador de resíduos.....	37
Figura 12 – Transportador de correia.....	37
Figura 13 – Reator de pirólise.....	38
Figura 14 – Peneira vibratória.....	38
Figura 15 – Prensa eletrohidráulica.....	39
Figura 16– Secador Rotativo.....	39
Figura 17– Ventilador Industrial Modelo VC.....	40
Figura 18– Ciclones industriais.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Maquinário e preço estipulado.....	35
Tabela 2 – Salários médios mensal e anual, e quantidade de funcionários fundamentais para o funcionamento da planta de pirólise.....	40

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1– Equipamentos e maquinário necessários para instalação da Unidade.....	32
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3Rs	Reduzir, reutilizar e reciclar;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos;
ARN	Ácido ribonucleico;
ATM	Pressão atmosférica;
COPANT	Comissão Panamericana de Normas Técnicas;
DL50	Dose letal mediana;
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
MPa	Mega Pascal;
NBR	Norma brasileira;
NR	Norma Regulamentadora;
pH	Potencial hidrogeniônico;
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente;
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos;
USEPA	United States Environmental Protection Agency;

## **Sumário**

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 APRESENTAÇÃO	17
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 OBJETIVOS	19
1.3.1 GERAL.	19
1.3.2 ESPECÍFICOS	19
2. REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	22
2.1.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS	23
2.1.3 SITUAÇÃO DO BRASIL EM RELAÇÃO AO DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)	24
2.2 PIRÓLISE	26
2.3 TIPOS DE PIRÓLISE	27
3. MATERIAIS E METODOLOGIA	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
5. CONCLUSÃO	41
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	41
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

## **1: INTRODUÇÃO**

### **1.1 APRESENTAÇÃO**

A geração de resíduos domiciliares e de limpeza urbana tiveram aumento médio de 10% no país, entre o final de 2020 e início de 2021, segundo levantamento da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2021). Existem várias possibilidades de descarte de lixo, as principais estão relacionadas à produção de energia utilizando o lixo descartado.

A primeira delas é a incineração, na qual, consiste na queima de resíduos orgânicos para gerar energia térmica, o vapor gerado movimentando a turbina do equipamento e por fim altera o fluxo do campo magnético, produzindo assim energia. O princípio de funcionamento dos incineradores é semelhante ao das usinas termelétricas. O processo promove a combustão completa dos resíduos, garantindo tratamento sanitário e destruição de componentes orgânicos.

A desvantagem desse processo, consiste na produção de cinzas que são geralmente encaminhadas para aterros contaminando o solo (ENERGES, 2020).

Em geral, aterros não controlados costumam trazer diversos malefícios para fauna e flora do local onde está localizado, poluindo o solo, condenando a fonte de alimentação e qualidade de vida.

No aspecto ambiental, as incineradoras enfrentam certa resistência pelo fato da queima de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que emite substâncias perigosas como dioxinas, furanos e ácidos. Contudo, o controle da poluição pode ser feito tratando os gases emitidos com sistemas de neutralização de ácidos, filtração para materiais particulados e retenção de compostos como, por exemplo, óxidos, organoclorados e metais voláteis (ENERGES, 2020).

A segunda opção corresponde a compostagem, que consiste em um conjunto de técnicas para controlar a decomposição de matéria orgânica, sem que a mesma não contamine o ambiente. O processo trata-se de um método natural em que os microorganismos, como fungos e bactérias, são responsáveis pela degradação de matéria orgânica. Esse processo tem como resultado final um composto orgânico que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, muito utilizado na agricultura familiar, sem ocasionar riscos ao meio ambiente, além de poder ser convertido em gás de cozinha ou aquecimento de água, gerando uma produção de energia renovável em

pequena escala, o que diminui o uso de combustível fóssil.

E por último, o forno de pirólise, no qual os resíduos são expostos em altas temperaturas, ocorrendo na ausência total ou mínima de oxigênio, gerando a decomposição de materiais como plásticos, metal, vidro, pneus e resíduos orgânicos, que podem resultar na retirada de óleo combustível e carvão. A pirólise processa a queima dos resíduos em um espaço isolado sem exposição com o oxigênio e gases da atmosfera, que é diferente da usina de incineração de lixo, que gera fumaça e produz poluentes, e diferente da compostagem, onde só compostos orgânicos são aproveitados. Dioxinas e furanos são os gases tóxicos provenientes da queima de madeira, de papel, do lixo e se formam com a presença do oxigênio na incineração e se dispersam pelo ar. Tirando o oxigênio do processo evita a formação dos gases citados anteriormente. A pirólise transforma o lixo em um gás combustível limpo, similar ao gás natural, que pode substituir outros combustíveis sem qualquer risco ambiental ou à saúde pública (BIRDING, 2021).

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

A aplicação de uma usina de pirólise foi pensada a fim de reduzir os impactos ambientais, os quais são ocasionados pelo acúmulo de lixo a céu aberto presentes em aterros sanitários, que podem resultar na proliferação de doenças para a população, como a dengue, febre amarela, leptospirose, verminoses e entre outras. Há também a possibilidade dos resíduos contaminarem de forma irreversível o solo e água.

Em muitas cidades do Brasil o lixo é descartado, principalmente, nos lixões e, há riscos para a saúde pública, por conta de dejetos, no qual acontece a simples eliminação de resíduos sobre o solo sem nenhuma medida eficaz de proteção ao meio ambiente. Nessas condições, os catadores de lixo enfrentam riscos à saúde diariamente.

Então, visando todos problemas atuais e futuros enfrentados pela população, foi pensado na implementação de uma usina de pirólise para visar na redução do acúmulo de lixo, além de trazer benefícios à população santamarense, que já sofre a gerações com o solo contaminado por chumbo.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 GERAL**

Este trabalho tem como objetivo esboçar um protótipo de uma usina pirolítica de pequeno porte para ser realizado o descarte de lixo na cidade de Santo Amaro-Bahia.

### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

- Traçar um protótipo de uma usina de pirólise para cidade de Santo Amaro- BA;
- Selecionar e abordar características dos componentes da usina de pirólise;
- Levantar dados para definir custos do maquinário e mão de obra operacional.

## **2: REVISÃO DA LITERATURA**

Fez-se uma análise de caso, neste trabalho, referente aos resíduos orgânicos de residências da Noruega, do Reino Unido e de outros países europeus que são transformados em energia elétrica no interior da usina de Klemetsrud, a sudeste de Oslo, na Noruega, onde se tem o enorme reaproveitamento da matéria. Converter lixo em energia pode ajudá-la a reduzir pela metade as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) nos próximos 20 anos (BBC, 2013), com intuito de melhoria e diminuição de impostos ligados à distribuição de eletricidade, após a proibição dos aterros sanitários, em 2009.

O descarte inadequado de lixo é proibido no Brasil desde 1954, pela Lei 2.312 de 3 de setembro (O ESTADO, 2019), entretanto, o lixo da cidade é recolhido e despejado no distrito Sitio Camaçari, mostrado na Figura 1, localizado 19 km do centro de Santo Amaro.

Figura 1. Bombeiros intervêm no aterro sanitário de Santo Amaro.



Fonte: Jacuípe Notícias, 2020.

Na tentativa de diminuir a quantidade e a situação do lixo por falta de atenção e insatisfação com a gestão da cidade, a população do distrito Sitio Camaçari se encontra em diversos empasses e problemas resultantes da queima do lixo que ocorrem no distrito, como mostra a Figura 1, onde um bombeiro está controlando as chamas, é possível ver na imagem a emissão de fumaça escura que sai dos resíduos, o que comprova os malefícios da prática de queima desordenada de lixo.

O local que já está com sua vida útil ultrapassada, sem que nenhuma intervenção tenha sido feita nas gestões passadas, tornou-se um grande desafio, equacionar o problema do lixo e adequar as normas vigentes Federais. O local sofre com a falta de espaço para o manuseio do lixo, além de atrair catadores que ficam expostos a todo tipo de doenças, inclusive crianças, como mostrado na Figura 2 (JACUÍPE NOTÍCIAS, 2020).

Figura 2. Acúmulo de lixo em um bairro de Santo Amaro.



Fonte: Se liga Alagoinhas, 2020.

Visitas presenciais feitas ao longo de elaboração do presente trabalho mostram que a gestão atual da cidade não se dispõe de informações precisas sobre como o lixo é descartado, qual a quantidade de lixo recolhido diariamente, mensalmente e anualmente em toda cidade. Houveram duas tentativas de entrar no terreno onde se localiza o “aterro” sem sucesso, pois os encarregados pelo setor de coleta de lixo não permitiram a entrada no local.

Segundo a última pesquisa IBGE (O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) realizada em 2021, a população de Santo Amaro Bahia tem aproximadamente 60.190 habitantes, “cada brasileiro produz, em média, 379,2 kg de lixo por ano, o que corresponde a mais de 1 kg por dia”, diz a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020).

Segundo o Instituto de Água e Saneamento (2020), a massa de resíduos domiciliares e públicos coletados per capita em relação à população urbana santamarense é de 2,16 kg, resultando em 130 toneladas de lixo por dia. Resultando em cerca de 3.900 mil toneladas por mês. E finalmente apurando cerca de 46.803 mil de toneladas durante o ano.

Em razão do estudo, a aplicação do forno diminui o impacto de substâncias nocivas à vida humana, como o metano, principalmente na vida dos moradores que residem nas proximidades do local inadequado de descarte. Com o propósito de

solução de tratamento de RSU com o uso do forno de pirólise lenta e obtenção de biocarvão para geração de energia seguindo as condições de aproveitamento da minigeração estabelecidas na Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da Micro e da Minigeração Distribuídas de Energia Elétrica, inovações que aliam economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade (ANEEL, 2022), este modelo estabelece que a produção de energia está limitada a 1 MW.

## 2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

De acordo com a norma brasileira (NBR) 10004, 2003 (apud MAREGA, 2011, p. 18) elaborada pela Comissão de Estudo Especial Temporária de Resíduos Sólidos (ABNT/CEET-00:001.34) resíduos sólidos podem ser classificados como:

[...] Resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Percebe-se como a complexidade e variedade desses resíduos está refletida na sua própria classificação. A partir disso, é possível afunilar para os RSU gerados em complexos residenciais, industriais, comerciais, entre outros, localizados em áreas de desenvolvimento urbano de um município. Os mesmos costumam ser destinados para aterros sanitários ou, no pior dos casos, lixões a céu aberto, sendo esse processo obrigação dos representantes municipais (ZANTA e FERREIRA, 2003; apud FOURNIER e MONTEIRO, 2021).

O Artigo 3 da Lei nacional número 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos- PNRS, define os resíduos sólidos como materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja

destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

### **2.1.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS**

Os resíduos podem ser classificados de inúmeras maneiras de acordo com as áreas com aglomerações humanas. Portanto, a NBR 10004 (2004) os divide em 2 classes, resíduos classe I (perigosos) e resíduos classe II (não perigosos).

- Resíduos classe I – Perigosos
- Periculosidade

Característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar: risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Qualquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Atualmente há um número limitado de opções disponíveis para o encaminhamento dos resíduos, sendo assim, é de extrema importância manter e aumentar os investimentos em estratégias para otimizar a gestão deles, através de práticas como a política dos 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar).

Entretanto, essas ações ainda apresentam alguns empecilhos tanto ambientais quanto econômicos e sociais. Quando se trata do descarte em aterros, além das emissões de poluentes, existe elevada demanda por espaço para deposição desses resíduos, contaminação do solo e dos corpos hídricos. Já a reciclagem mecânica possibilita a diminuição da retirada de matérias primas virgens da natureza, porém ainda requer um gasto energético para ser realizada, ainda que este seja menor que o necessário para extrair o material originalmente.

A reutilização, portanto, se mostra como a alternativa de maior benefício ambiental e social, pela ausência de gasto energético e por não alterar a qualidade ou a composição do material reutilizado (SAIOTE, 2012, apud FOURNIER e MONTEIRO, 2021).

### **2.1.3 SITUAÇÃO DO BRASIL EM RELAÇÃO AO DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)**

De acordo com Maurício Waldman (2011) somos uma civilização dedicada a gerar lixo. O mundo gera 30 bilhões de toneladas de lixo por ano. Não há mais espaço para depositar resíduos, e a questão de onde colocá-los virou um enorme problema logístico que está longe de ser resolvido da forma mais sustentável possível.

As atividades cotidianas condicionam o morador urbano a observar determinados fragmentos do ambiente e não perceber situações com graves impactos ambientais condenáveis. Casos de agressões ambientais como poluição visual e disposição inadequada de lixo refletem hábitos cotidianos em que o observador é compelido a conceber tais situações como “normais” (MUCELIN, 2008).

Grande parte deste problema está na falta de conscientização sobre os malefícios de se auto expor nesta poluição, em contrapartida, os poderes públicos acabam se isentando da responsabilidade de propor medidas efetivas para resolução do problema, por conta da normalização da situação.

Segundo dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020, a geração saiu de 66,7 milhões de toneladas em 2010 para 79,1 milhões em 2019, uma diferença de 12,4 milhões de toneladas. O mesmo estudo diz ainda que cada brasileiro produz, em média, 379,2 kg de lixo por ano, o que corresponde a mais de 1 kg por dia (PIRES, 2021).

Esses dados descartam o lixo hospitalar, ferroviário e industrial, que também são grandes vilões a favor da produção desenfreada de lixo, em que muitas das vezes, são lançados no oceano sem qualquer fiscalização. No Brasil, segundo dados do Banco Mundial, mais de 2,4 milhões de toneladas de plástico são descartadas de forma irregular, sem tratamento e, em muitos casos, em lixões a céu aberto.

Aproximadamente 7,7 milhões de toneladas de lixo são destinados a aterros sanitários. A poluição por plástico gera mais de US\$ 8 bilhões de prejuízo à economia global. Levantamento do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) indica que os diretamente afetados são os setores pesqueiro, de comércio marítimo e turismo (PIRES, 2021).

O Brasil é o quarto maior produtor de lixo plástico no mundo com 11 milhões de toneladas ao ano, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia. E desse total, apenas noventa e um por cento, ou seja, mais de 10 milhões de toneladas foram coletadas. O levantamento afirma ainda que o Brasil produz, em média, aproximadamente 1 quilo de lixo plástico por habitante a cada semana e que recicla muito pouco. Somente 145 mil toneladas do lixo plástico gerado é reaproveitado, um índice de 1,28%, um dos menores da pesquisa que aponta que a média global de reciclagem é de 9% (RODRIGUES, 2019).

Assim como na maioria dos países, no Brasil, a questão do lixo é extremamente preocupante. Há uma carência muito grande em alguns serviços básicos, como a falta de investimentos na área de saneamento. Exemplo disso é que, em algumas regiões do Brasil, a população ainda não tem acesso nem mesmo à água potável, de acordo com o Trata Brasil, quase 35 milhões de brasileiros não têm acesso a esse serviço básico.

Um ponto importante da política é a diferenciação entre os tipos de resíduos sólidos que sobraram de um determinado produto ou processo. Caso ele ainda suporte alguma possibilidade de uso, ou seja, possa ser consertado ou transformado (reciclagem) para servir para outra finalidade, é chamado de resíduo. Já o rejeito é o resíduo sólido cujas possibilidades de reaproveitamento ou reciclagem estão esgotadas. Nesse último caso, só resta encaminhá-lo para um aterro sanitário licenciado ambientalmente ou para incineração (EFICAZ AMBIENTAL, 2021).

O lixão consiste em um local — geralmente um terreno abandonado — no qual os resíduos sólidos são despejados no solo. De acordo com relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), o Brasil tem cerca de 3 mil lixões funcionando em 1.600 cidades.

## 2.2 PIRÓLISE

Para MORRISON (1993, apud. BRITTO, 2012), a decomposição de um composto por ação exclusiva do calor denomina-se pirólise. Esta palavra, que deriva do grego pyr (fogo) e lysis (desprendimento), tem para os químicos o significado de “decomposição pelo calor”. A pirólise é uma decomposição térmica na ausência ou com o mínimo de oxigênio, com geração simultânea de líquidos e gases. Esses produtos podem ser usados para abastecer energeticamente o próprio processo ou serem comercializados como produtos químicos ou combustíveis, transformando a matéria prima em biocarvão, bio-óleo e gás pirolítico (SILVA et. al. 2021, apud. MARTINS 2021).

O processo diferencia-se dos demais, pois há a ruptura da estrutura molecular original dos compostos, devido a ação do calor decorrente das altas temperaturas que ocorrem no isolamento total ou parcial do oxigênio, estas temperaturas podem variar entre 250°C e 800°C dependendo do tipo de processo de pirólise escolhido.

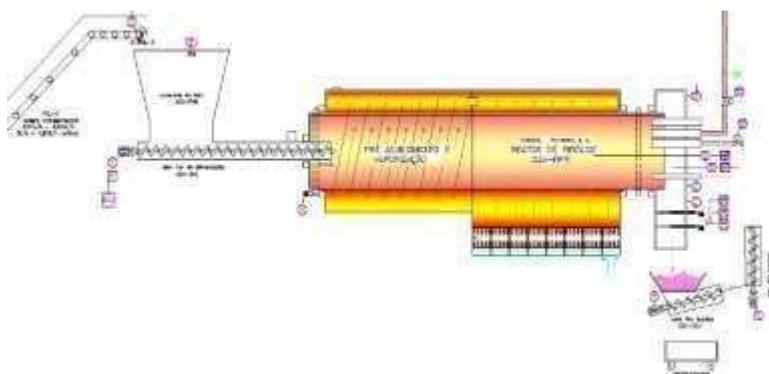
As principais vantagens da pirólise sobre a combustão são: economia na lavagem de gases, uma vez que a pirólise produz menor quantidade de gases, e a ausência de compostos oxigenados, muitas vezes tóxicos. Além de ser um processo auto sustentável, a medida que os gases gerados podem alimentar o funcionamento do processo e pelo alto potencial de comercialização, visado principalmente por termelétricas e empresas preocupadas com as emissões de gases na atmosfera.

É preciso ressaltar a diferença entre a incineração e o aquecimento em ambiente sem oxigênio, que é o caso da pirólise. A queima direta dos resíduos em câmara de combustão produz poluentes, inclusive cancerígenos como dioxinas e furanos. Produz cinzas volantes, que são perigosas e têm alto custo de disposição. E os gases de combustão são altamente agressivos. No caso da pirólise, o processo transforma o lixo em um gás combustível limpo, similar ao gás natural, que pode substituir outros combustíveis sem qualquer risco ambiental ou à saúde pública. A tecnologia pode produzir também bio-óleo a partir de biomassa, que pode ser usado inclusive na agricultura para o combate à desertificação e à perda de carga orgânica (REICHERTEICHER. (2015. apud. MORAES, et.al. 2015)

### 2.3 TIPOS DE PIRÓLISE

Pirólise lenta: A pirólise lenta ocorre em temperaturas de aproximadamente 400°C, e o seu produto final é o carvão vegetal, também chamado de biocarvão ou biochar. Esse tipo de processamento pode levar horas ou dias, sendo realizado por um processo térmico, com a inserção de calor, ou catalítico, pela ação de um catalisador. A qualidade do carvão vegetal produzido está de acordo com a qualidade da matéria-prima utilizada. Portanto, quanto melhor a matéria-prima, melhor será o carvão vegetal. Na Figura 3 está representado um reator de pirólise lenta a tambor rotativo.

Figura 3. Esquema do reator de pirólise lenta a tambor rotativo.

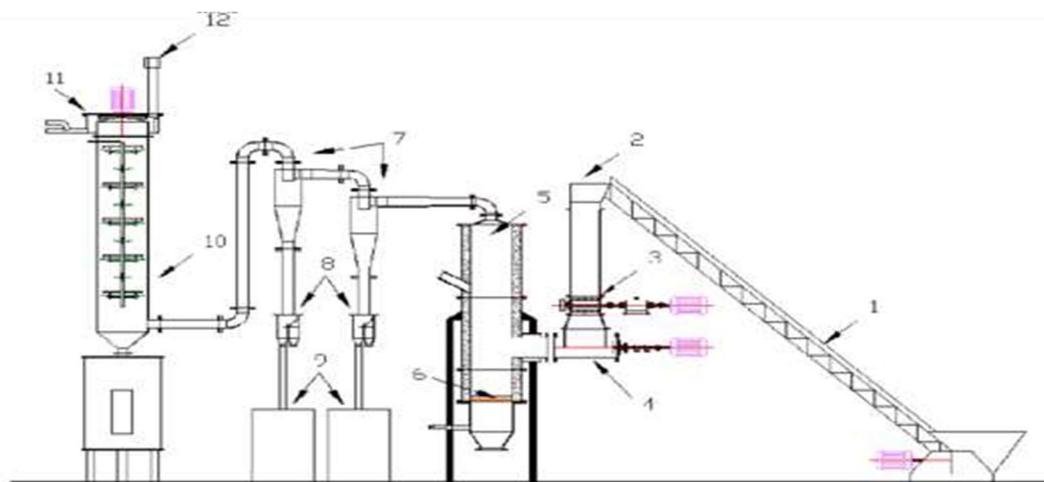


Fonte: Researchgate, 2022.

A pirólise rápida é um método destinado à produção de gases e líquidos. Essa técnica é utilizada para a produção de combustíveis e produtos químicos. A pirólise rápida acontece em uma temperatura de aproximadamente 500°C, em um tempo estimado de 1 segundo. Inicialmente os resíduos são submetidos a alta temperatura. Com isso, ocorre a vaporização, produzindo o gás. Para que seja produzido o líquido, após a vaporização ocorre o resfriamento rápido do material. Dessa forma, ele é encaminhado para o condensador, é condensado e transformado em líquido.

As vantagens dessa tecnologia são a produção direta de combustíveis, a densidade do produto final e o menor gasto de energia. Além disso, no caso da produção de líquidos, o transporte é mais fácil do que de sólidos e gases (CABALLERO, 2022). A Figura 4 apresenta um esquema da planta de pirólise rápida da Unicamp, evidenciando o fácil transporte de sólidos e gases.

Figura 4. Esquema da planta de pirólise rápida da Unicamp.



Fonte: Proceedings, 2022.

A pirólise catalítica consiste no uso de uma substância com potencial de realizar a pirólise, um catalisador. Os catalisadores têm a capacidade de fragmentar o material em partes menores. Dessa forma, o tempo e a temperatura necessária para que a pirólise aconteça se torna menor. Outra vantagem dessa técnica é a capacidade de selecionar o catalisador desejado. Dessa forma, é possível escolher um catalisador que produza o produto final desejado, como uma quantidade maior de gases ou de combustível. Além disso, alguns catalisadores, como o Al-MCM-41, tem a vantagem de produzir menos resíduos durante a pirólise, resultando em menores danos ambientais.

A pirólise catalítica pode ser usada para a transformação de plástico em petróleo. Entretanto, esse processo tem um custo maior, pois depende do investimento em um catalisador (CABALLERO, 2022).

A Figura 5 ilustra uma planta de pirólise desenvolvida pela Delta Bravo, empresa que fabrica e monta equipamentos para tratamento RSU, com os componentes e equipamentos que permitem o funcionamento do forno.

Figura 5. Planta 3D da usina de forno de pirólise.



Fonte: Delta Bravo Reciclagem, 2022.

### 3. MATERIAIS E METODOLOGIA

O presente trabalho baseou-se em pesquisas em sites e artigos e focou na seleção do forno, e em outros equipamentos indispensáveis na usina de pirólise, assim como na produção do esquema da usina, utilizando programa computacional, e no orçamento básico do custo da usina de pirólise. Para melhor entendimento, o fluxograma da Figura 6 tem as etapas da metodologia aplicada neste projeto.

Figura 6. Fluxograma das etapas do projeto.



Fonte: Autoria, 2022.

Vale frisar que é indispensável o uso das normas regulamentadoras brasileiras (NBR) para que ocorra o bom funcionamento e entendimento de todos requerimentos necessários para a montagem e uso do forno de pirólise. Assim, a norma que estabelece essas informações é a Norma Regulamentadora – NR 14. Essa norma vai determinar detalhes de construção, instalação e montagem dos fornos pirólíticos

O fluxograma presente na Figura 7 ilustra o processo produtivo, e lista a sequência de processo, onde o carvão é evidenciado por sua capacidade de uso inteiro para alimentar a planta e mantê-la em funcionamento, bem como sua comercialização visada principalmente por termelétricas para produção de energia.

Figura 7. Fluxograma do processo produtivo na usina de pirólise.



Fonte: Aatoria, 2022.

Os reatores rotativos podem ser uma alternativa para processos de pirólise onde o interesse é um elevado rendimento de bio-óleo, já que a sua rotação minimiza o tempo de residência dos vapores condensáveis no reator, mas também é utilizado para produção elevada de biocarvão, quando o tempo de rotatividade se eleva um pouco mais.

Por tal motivo, foi escolhido para aplicação na cidade de Santo Amaro. A rotação do reator promove a movimentação dos sólidos, melhorando a transferência de calor e a homogeneidade da mistura reacional. Somado com a pirólise lenta, esse

modelo de reator se torna ideal, uma vez que o tempo para reação cria espaço suficiente para a cidade produzir mais lixo, não ocorrendo o risco de interromper a produção por falta de resíduos.

Figura 8. Reator giratório de pirólise



Fonte: Beston Group, 2022.

Neste projeto outros equipamentos necessários para o funcionamento da usina de pirólise foram pesquisados, e feito uma listagem com informações básicas e o custo dos equipamentos. O orçamento da parte operacional da usina de pirólise também foi realizado, sendo apontados os profissionais que deverão atuar nos cargos operacionais da usina e o custo de contratação.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Projeção 3D de uma planta comercial de pirólise de resíduos sólidos industriais é determinada em função dos seguintes fatores: o tipo de resíduo industrial, o tipo de combustível produzido, a escolha e capacidade dos equipamentos que compõem a linha de produção, o valor comercial dos resíduos processados e dos combustíveis produzidos. O quadro abaixo apresenta os equipamentos e maquinário necessários para instalação da unidade da usina de pirólise.

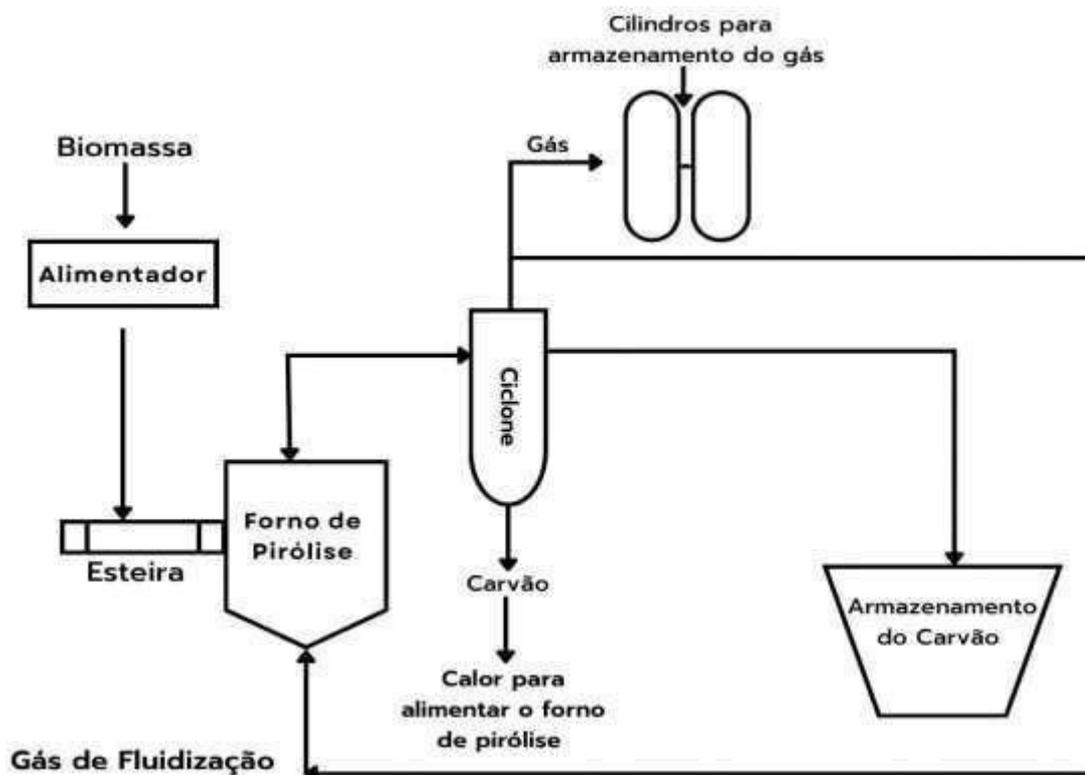
Quadro 1. Equipamentos e maquinário necessários para instalação da unidade.

<b>Equipamento/ Máquina</b>	<b>Função</b>
Alimentador de resíduos	Depositar os resíduos na esteira primária
Esteira Primárias	Acesso ao túnel de secagem
Esteira secundária	Triagem de recicláveis
Triturador de Orgânicos	Diminuir a granulometria e inserção do funil
Funil com parafusos sem fim	Inserção dentro do reator
Esteira Final	Saída dos materiais do reator
Peneira	Separar o pó de carvão
Forno na parte inferior do reator	Aquecer o reator
Sistema de Filtragem de gases	Filtrar os gases
Ventilador industrial	Resfriar o reator e a tubulação
Exaustor	Saída de Vapor de gases
Ciclone	Separar as partículas sólidas que estão em meio aos gases, por meio da força centrífuga
Sistema termelétrico	Obtenção de energia elétrica
Secador Rotativo	Seca e retira a água dos resíduos

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2019.

Para a aplicação da metodologia de verificação de viabilidade ambiental é necessário criar um esquema de funcionamento, a Figura 9 demonstra o processo, onde a biomassa já seca - anteriormente encaminhada para secagem, para retirar o máximo de água - é levada pela esteira e é encaminhada para o reator de pirólise, onde vai ocorrer a reação, depois da reação os produtos passam pelo ciclone para separação do carvão.

Figura 9. Fluxograma conceitual do processo de pirólise.



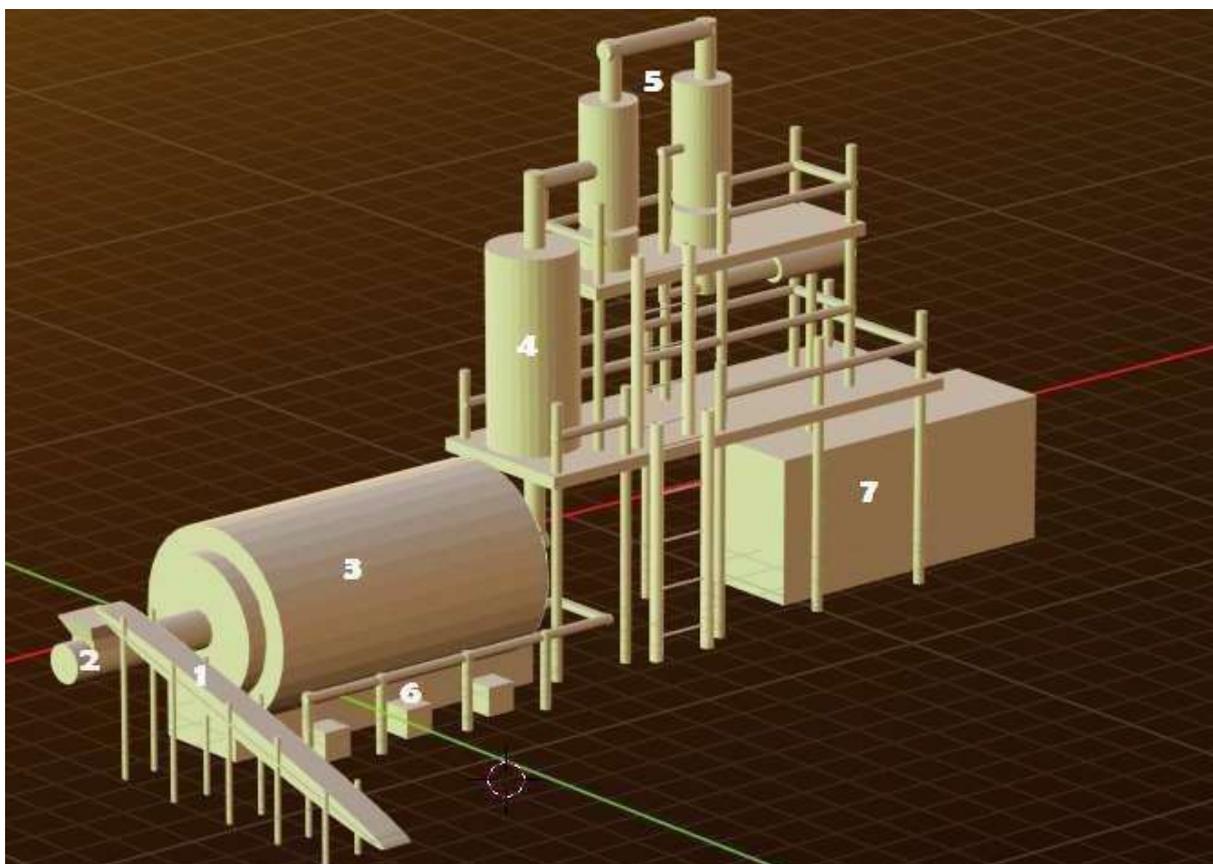
Fonte: Adaptado de Bridgwater, apud, et al. Oliveira; Belarmino; Coriolano, 2022.

O resíduo sólido formado como resultado de pirólise é um composto carbonáceo, que também contém cinzas e material de biomassa inalterado, comumente denominado de biocarvão (BC), (HANKE, et al. apud ZENODO. 2022).

O biocarvão é o produto sólido obtido através da pirólise de materiais orgânicos com a finalidade de aplicação ao solo, pois é capaz de sequestrar carbono da atmosfera. As propriedades mais importantes são elevadas a área superficial e porosidade, o que implica em alta capacidade para absorver uma variedade de compostos, incluindo nutrientes, água, contaminantes orgânicos, e alguns gases, razão pela qual o biocarvão apresenta uma vasta gama de aplicabilidade (HANKE, et al. apud ZENODO. 2022)

O modelo 3D foi confeccionado no aplicativo Blender para melhor visualização e entendimento da montagem do forno proposto no presente trabalho, que está descrito na Figura 10.

Figura 10. Modelagem 3D forno pirolítico de pequeno porte a ser implementado na cidade de Santo Amaro.



Fonte: Autoria, 2022.

Legenda:

1. Esteira primária;
2. Alimentador de resíduos;
3. Forno de pirólise;
4. Ciclone;
5. Cilindros para armazenamento de gás;
6. Ventiladores;
7. Armazenamento de carvão.

A modelagem 3D apresenta uma usina de pirólise de pequeno porte (7,0X3,0 metros). Esta instalação proporciona economia se comparada ao modelo tradicional presente em grandes usinas. O mesmo apresenta uma esteira primária responsável por encaminhar o lixo, triturador de resíduos, funil com parafuso sem fim, peneira, reator, sistema de filtragem de gases, ar, exaustor e sistema termelétrico.

Para garantir a viabilidade de implantação da usina de pirólise, é de extrema necessidade realizar a listagem de cada parte necessária para a sua composição e para a garantia do seu bom funcionamento. A seguir, será mostrado uma tabela com valores das respectivas partes do forno.

Os valores especificados foram obtidos através dos catálogos da Beston, Demakine, Lippel, Envertherm, Tianli Energy, Nowak, a escolha dos equipamentos se deu a partir das demandas e resultados esperados conforme a construção deste trabalho, no qual é voltado na instalação de um forno pirolítico de pequeno porte, o qual produzirá biocarvão.

Tabela 1. Maquinário e preço estipulado.

Máquinas e equipamentos	Valor aproximado
Alimentador de resíduos	R\$ 20.000,00 à R \$60.000,00
Esteira Primárias	R\$ 20.000,00 à R \$50.000,00
Esteira secundária	R\$ 20.000,00 à R \$50.000,00
Triturador de Orgânicos	R\$ 15.120,00
Funil com parafusos sem fim	R\$ 10.000,00
Esteira Final	R\$ 20.000,00 à R \$50.000,00
Peneira	R\$ 9.900,00
Forno na parte inferior do reator	R\$ 1.500.000,00
Sistema de Filtragem de gases	R\$ 15,030,00
Ventilador industrial	R\$ 2,000,00 à 9,000,00
Exaustor	R\$ 2,000,00 à 4,500,00
Ciclone	R\$ 20,000,00 à 45,000,00
Secador Rotativo	R\$ 10.000,00 à R\$ 25.000,00
Total	R\$ 1.843.550,00

Fonte: Autoria, 2022.

### **Alimentador de resíduos**

Alimentador de resíduos mostrado na Figura 11 é uma máquina que irá controlar a regulação da alimentação dos resíduos e depositar os mesmos na esteira primária. Suas principais vantagens consistem na redução brusca da mão de obra, garante a melhora considerável da queima e terá uma queima uniforme.

Figura 11. Alimentador de resíduos.



Modelo: QL 02  
Potência do Motor de Alimentação: 1cv, 4 polos CV;  
Potência do Motor Exaustor: 1 cv, 2 polos CV;  
Armazenagem: 0,6 m<sup>2</sup>.

Fonte: Lippel, 2022.

### **Esteira:**

As esteiras usadas como exemplo na Figura 12 são elementos fundamentais para garantir a agilidade na movimentação de produtos e insumos usados no processo de pirólise, elas contam com sistemas móveis que vão garantir a mudança de direção do RSU ou produto para o seu reposicionamento.

Figura 12. Transportador de correia.



Fonte: Beston Group, 2022.

### Reator de Pirólise:

O reator mostrado na Figura 13 é um componente central de todo o forno de pirólise. O seu funcionamento vai depender da reação que vai girar sob a operação do dispositivo de acionamento, daí, as matérias primas vão absorver todo calor na sua caldeira de reação. Depois de chegar a sua temperatura ideal, o craqueamento começa a produção. Tipo: Horizontal Rotativo.

Figura 13. Reator de pirólise.



Fonte: Beston Group, 2022.

### Peneira

A peneira industrial vibratória mostrada na figura 14 tem como trabalho separar os diferentes materiais, a partir de uma seleção que será realizada com base no índice vibracional, definido pelo tamanho e tipo que cada item deverá ser selecionado.

Figura 14. Peneira vibratória.



Fonte: MVL - Máquinas Vibratórias, 2022.

### Prensa Hidráulica

Prensa hidráulica na Figura 15 é uma máquina que se baseia no princípio hidrostático de Pascal, possui dois cilindros comunicantes com êmbolos de massas desprezíveis que confinam um fluido incompressível em equilíbrio. Ela será necessária para furar, dobrar, cortar e moldar materiais para comprimi-los em pequenos pedaços.

Figura 15. Prensa eletrohidráulica.



Fonte: Nowak, 2022.

### Secador

O equipamento mostrado na Figura 16 é usado para secagem e processamento de grandes quantidades de materiais, possui flexibilidade de operação, forte adaptabilidade e grande capacidade.

Figura 16. Secador Rotativo.



Fonte: Tianli Energy– Traduzido–, 2020.

## Ventilador

O dispositivo mecânico mostrado na figura 17 é utilizado para resfriar o reator e as tubulações, garantindo o seu pleno e constante funcionamento, para que não seja necessário realizar pausas intermitentes e diminuição de riscos de super aquecimento e explosão.

Figura 17. Ventilador Industrial Modelo VC.



Motor: ¼ HP  
Área coberta: 200 m<sup>2</sup>  
Vazão: 6.700 m<sup>3</sup>/h  
Alcance: 24m

Fonte: Envertherm, 2021.

## Ciclone

Filtros ciclônicos mostrados na Figura 18 geralmente são equipamentos utilizados nas indústrias para separar partículas sólidas em suspensão.

Basicamente funcionam a partir de uma força centrífuga gerada pelo próprio ciclone que faz com que as partículas colidam contra suas paredes provocando assim uma redução e a queda das mesmas pelo cone, fazendo assim o gás sair pela parte superior do equipamento.

Figura 18. Ciclones Industriais.



Fonte: Soluções Industriais, 2022.

Tabela 2. Salários médios mensal e anual, e quantidade de funcionários fundamentais para o funcionamento da planta de pirólise.

<b>Profissional</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Média Salarial Mensal</b>	<b>Salário Anual</b>
<b>Supervisor de manutenção</b>	1	R\$ 5.407,00	R\$ 64.884,00
<b>Engenheiro Químico</b>	1	R\$ 6.529,00	R\$ 78.348,00
<b>Caldeireiro</b>	1	R\$ 2.524,00	R\$ 30.288,00
<b>Técnico de Eletromecânica</b>	4	R\$ 11.206,00	R\$ 134.832,00
<b>Operador de processo químico</b>	9	R\$ 22.851,00	R\$ 685.530,00
<b>Total:</b>			R\$ 993.882,00

Fonte: Autoria, 2022.

O solo santamarense é predominantemente vertissolo, conhecido entre a população como solo massapé, com grande concentração de argila, o que torna o solo da cidade é resistente a peso, requer fundações profundas para fixação de quaisquer construções para garantir segurança na execução da obra, no caso em questão, a usina.

O gasto médio é de aproximadamente 2 milhões de reais levando em conta os principais equipamentos e maquinários, dispensando os valores com a instalação, terreno, e outros componentes do forno que foram listados no quadro 2, já que o custo depende do orçamento aprovado entre fabricante e cliente, o valor final da construção da planta de pirólise está diretamente ligado com a demanda, tipo de material e produto final, por este motivo, modelos prontos não estão disponíveis para consulta.

As especificações mostradas acima mostram a implementação de uma planta de pirólise na cidade de Santo Amaro, a mesma não disponibiliza a quantidade específica de lixo que é descartado e nem quais os tipos de compostos, foi pensado em realizar o estudo e coleta do lixo para assegurar e resolver esta questão de maneira concreta e completa. Porém não foi possível trazer mais informações e especificações sobre o município de Santo Amaro, por conta da falta de informação oferecida pelos órgãos públicos do município.

## **5. CONCLUSÕES**

A partir de todas as informações que foram expostas no presente trabalho, é possível concluir que o melhor método pirolítico de tratamento de RSU na usina é a pirólise lenta com tambor rotativo. Esse método vai apresentar várias vantagens sobre os outros métodos de reaproveitamento e destinação dos mesmos, tanto no âmbito ambiental quanto no âmbito econômico. O município de Santo Amaro da Purificação, com uma população de aproximadamente 60 mil habitantes, foi escolhido para servir como base para viabilidade ambiental de instalação de um forno de pirólise no aterro sanitário, localizado no distrito santamarense nomeado Sítio Camaçari.

Como já foi dito anteriormente no presente trabalho, a implementação da usina de pirólise para o tratamento de resíduos sólidos urbanos vai trazer muitos benefícios para a população santamarense. Já que reduziria consideravelmente o volume de resíduos destinados para o aterro, que possivelmente já está perto do seu limite máximo de capacidade. Além de benefícios ambientais, é possível citar os benefícios sociais como a diminuição do volume de RSU descartado na cidade e a diminuição de doenças causadas pelo acúmulo de lixo.

## **6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Uso da planta de pirólise para o reaproveitamento das cascas de mariscos no distrito de Acupe- Santo Amaro.

O distrito de Acupe é conhecido por ser uma das maiores comunidades pesqueiras do Estado da Bahia e, se não, a maior comunidade pesqueira do Recôncavo Baiano. A pesca e mariscagem são a principal fonte de renda da população que reside nesta região. O mau cheiro e presença de animais silvestres como insetos peçonhentos e urubus assola o distrito, causando incômodo aos moradores. Por executar a separação, secagem e queima de resíduos sem a presença do oxigênio, a pirólise se torna um excelente recurso para a melhoria das vidas desses moradores.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 10004. **Resíduos Sólidos - Classificação**. 30 nov. 2004.

Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2022.

ABNT NBR 10005. **Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. 30 nov. 2004. Disponível em:

<https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/ABNT-NBR-10005-Lixiviacao-de-Residuos.pdf>. Acesso em: 4 ago. 2022

ABNT NBR 10006. **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. 30 nov. 2004. Disponível em:

<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-10.006-Solubiliza%C3%A7%C3%A3o-de-Res%C3%ADduos.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2022

ABNT NBR 10007. **Amostragem de resíduos sólidos**. 30 nov. 2004.

Disponível em: [https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/nbr-10007-amostragem-de\\_resc3adduos-sc3b3lidos.pdf](https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/nbr-10007-amostragem-de_resc3adduos-sc3b3lidos.pdf). Acesso em: 04 ago. 2022

ABRELPE. Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>. Acesso em: 15 abr. 2022.

ANALYTICA, **Geração de Energia pela queima do lixo vem avançando em todo o mundo**.

Analytica São Paulo: Analytica, 20 out. 2019. Semanal. Disponível em:

<https://revistaanalytica.com.br/geracao-de-energia-pela-queima-do-lixo-vem-avancando-em-todo-o-mundo/>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, GOV BR. **GERAÇÃO DISTRIBUÍDA** publicado em: 10/02/22; disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 10 nov. 2022

BBC NEWS| BRASIL. **Oslo converte lixo importado em energia**. Disponível em:

[https://www.bbc.com/portuguese/videos\\_e\\_fotos/2013/09/130924\\_noruega\\_lixo\\_e\\_energia\\_lgb](https://www.bbc.com/portuguese/videos_e_fotos/2013/09/130924_noruega_lixo_e_energia_lgb). Acesso em: 20 abr. 2022.

BESTON. **Componentes da planta de pirólise**; publicado em:

12/10/2021. Disponível em: <https://www.bestongroup.com/pt/components-of-pyrolysis-plant/>

Acesso em: 02/11/2022

BENAVENTO. **O Estado, Sujeira: descarte incorreto de resíduos ainda é**

**constante**; Publicado em: 10/12/2019; Disponível em: <https://oestadoma.com/noticias/2019/12/04/sujeira-descarte-incorreto-de-residuos-ainda-e-constante/#:~:text=O%20descarte%20inadequado%20de%20lixo,constante%20na%20Lei%20n%C2%BA%2012.305>. Acesso em: 10 out. 2022

BIRDING. **Usina de pirólise a venda, Manaus, AM** Disponível em: <<https://www.birding.com.br/usina-de-pirolise>> Acesso em: 20 out. 2022.

BONAZZA. **Síntese preliminar de um processo de pirólise de bagaço de laranja**; Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/12335/1/GABonazza.pdf.pdf> Acesso em: 10 out. 2022

BRK Ambiental. **Descarte incorreto de lixo: entenda por que é preciso mudar esse cenário no país**. Disponível em: <https://blog.brkambiental.com.br/descarte-de-lixo-2/> Acesso em: 20 out. 2020

BRITTO. **Avaliação da acidez de bio-óleos obtidos pela pirólise de óleos vegetais pós consumo**. Publicado em: 29 fev. 2012. Disponível em: <https://www.btd.uerj.br:8443/bitstream/1/15751/1/dissertacao%20fabiano%20de%20obonis%20de%20britto.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2022

BUENO. **Estudo das perdas energéticas na superfície da radiação nos fornos de pirólise**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/77046611-Estudo-das-perdas-energeticas-na-superficie-da-radiacao-nos-fornos-de-pirolise.html>. Acesso em: 27 abr. 2022.

CABALLERO. **Pirólise: tudo o que você precisa saber**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/pirolise/>. Acesso 14 jul. 2022.

CALDAS. **Análise da utilização de usinas de pirólise para geração de energia elétrica com resíduos sólidos urbanos**. Orientadora: Dra. Sônia Valle Walter Borges de Oliveira. 2019. TCC (Especialização) - Curso de Economia , economia, administração e contabilidade, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-05092019-152241/publico/FernandoACaldas\\_Corrigida.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/96/96132/tde-05092019-152241/publico/FernandoACaldas_Corrigida.pdf) Acesso em: 20 abr. 2022.

DELTA Bravo. **O reator transforma pneus, plásticos e lixos das cidades em material útil para as empresas**; Disponível em: [http://deltabravoreciclagem.com/%40\\_site\\_antigo/](http://deltabravoreciclagem.com/%40_site_antigo/). Acesso em: 20 out. 2022

DW. **Noruega e Suécia disputam lixo para gerar energia**. Made for minds.

Disponível em:

<https://www.dw.com/pt-br/noruega-e-su%C3%A9cia-disputam-lixo-para-gerar-energia/a-18873573>. Acesso em: 20 abr. 2022.

EFICAZ Ambiental, **DESCARTE INCORRETO DE LIXO: Entenda por que é preciso mudar esse cenário no país**. Publicado em: 22 set. 2021; Disponível em: <https://eficazambiental.com.br/postagem-de-teste-3/>. Acesso em: 10 out. 2022

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Compostagem de resíduos orgânicos para uso na agricultura**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/129/compostagem-de-residuos-organicos-para-uso-na-agricultura> Acesso em: 4 ago. 2022.

EMBRAPA; Revista Brasileira de Meio Ambiente. **Produção e caracterização de biocarvão a partir de diferentes fontes de biomassa vegetal: aproveitamento de resíduos arbóreos e agrícolas sem destinação apropriada**. Pelotas, RS, v.10, n.2, p.58-77, 2022.

Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1140641/producao-e-caracterizacao-de-biocarvao-a-partir-de-diferentes-fontes-de-biomassa-vegetal-aproveitamento-de-residuos-arboreos-e-agricolas-sem-destinacao-apropriada> Acesso em: 01 nov. 2022

ENERGES, **COMO FUNCIONA O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ATRAVÉS DO LIXO**. Energes, São Paulo, 10 nov. 2020. Semanal. Disponível em: <https://energes.com.br/como-funciona-o-processo-de-producao-de-energia-atraves-do-lixo/>. Acesso em: 20 abr. 2022.

ENVERTHERM, **Ventilador industrial modelo VC**; Disponível em: <https://www.envetherm.com/ventilador-modelo-vc> acesso em: 16 out. 2022

FOURNIER, Bárbara Rocha; MONTEIRO, Nathalia Pires. **INTEGRAÇÃO DOS PROCESSOS DE DIGESTÃO ANAERÓBICA E PIRÓLISE PARA TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. Orientador: Prof. Dr. André von Held Soares, Profa. e Dra. Alessandra da Rocha Duailibe Monteiro. 2021. TCC (Especialização) - Curso de ENGENHARIA QUÍMICA, ENGENHARIA QUÍMICA, UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, Niterói, 2021. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/23437/TCC%20Barbara%20e%20Nathalia%20Pires.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 14 abr. 2022.

HANKE, D, et al., apud, **Produção e caracterização de biocarvão a partir de diferentes fontes de biomassa vegetal: aproveitamento de resíduos arbóreos e agrícolas sem destinação apropriada**, publicado em: 15/11/2022; disponível em: <https://zenodo.org/record/7320771#.Y4etJnbMLIW> . Acesso em: 20 nov. 2022

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO, Santo Amaro-BA; publicado em: 2020.  
Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/ba/santo-amaro#:~:text=Se%20considerada%20a%20popula%C3%A7%C3%A3o%20total,k%20de%20res%C3%ADduos%20por%20habitante>. Acesso em: 04 out.2022

GRANZIERA. **Energia e meio ambiente, contribuições necessárias para o diálogo**. 2015 Disponível em <https://www.unisantos.br/wp-content/uploads/2016/03/ENERGIA-E-MEIO-AMBIENTE.pdf#page=95>. Acesso em: 16 out. 2022.

IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/santo-amaro/panorama>. Acesso em: 20 abr. 2022.

JACUÍPE NOTÍCIAS, **Prefeitura de Santo Amaro intervém no aterro sanitário**, Disponível em: <http://www.jacuipe noticias.com/politica/marco-2017/aterro-amaro.html>  
Acesso em: 12 out. 2022

MARTINS. **Análise da viabilidade técnico-econômica para implantação de uma unidade de processamento de polímeros, provenientes dos resíduos sólidos urbanos, através da pirólise**. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021.  
Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/215710>>

Oliveira. **Bio-óleo: uma alternativa energética sustentável**; Disponível em: <https://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=2544>  
Acesso em: 01 nov. 2022

MFRURAL, **Máquinas metálicas (peneira) para seleção e empacotamento**  
Disponível em:<<https://www.mfrural.com.br/detalhe/214290/maquinas-metalicas-peneiras-para-selecao-e-empacotamento>> Acesso em : 20 out 2022.

MORAES, et.al. **Processo pirólise para decomposição do lixo urbano**.  
Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/476/553>  
Acesso em: 01 out. 2022

MORHENA. **Usina de plasma: veja como a tecnologia transforma lixo em energia!**. Blog Administrativo. Disponível em: <https://blog.morhena.com.br/usina-de-plasma-veja-como-a-tecnologia-transforma-lixo-em-energia/>. Acesso em: 20 abr. 2022.

MUNIZ, Ana Rosa Costa. **Otimização da operação de um reator de pirólise de resíduos sólidos industriais**. 2004. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina.  
Disponível em: [https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/87220/2\\_0\\_1568.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/87220/2_0_1568.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 02 mai. 2022.

MUCELIN. **Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano.** Publicado em: junho de 2008; Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/q3QftHsxztCjbWxKmGBcmSy/?format=html&lang=pt> Acesso em: 10 set. 2022

MVL - Máquinas Vibratórias, **Peneiras Vibratórias horizontais.** Disponível em: <http://www.mvlmaquinas.com.br/produtos/peneiras/peneiras-vibratorias-horizontais.html> Acesso em: 24 nov. 2022.

NOGUEIRA. **Viabilidade Técnica e econômica de usinas “waste-to- energy”;** publicado em: 09/12/2015. Disponível em: [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/14355/1/2015\\_YanneCardosoTroccolideNogueira.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/14355/1/2015_YanneCardosoTroccolideNogueira.pdf). Acesso em: 11.out.2022

NOWAC. **Prensa fardos eletrohidráulica 35 Ton -PHV-500** Disponível em: <<https://b2b.nowak.com.br/prensas/prensa-enfardadeira/prensa-fardos-eletrohidraulica-35ton-ref-311>> Acesso em: 21 out. 2022.

OLIVARES. **Estudo da Pirólise Rápida de Capim Elefante em Leito Fluidizado Borbulhante mediante a Caracterização dos Finos de Carvão.** Tese de doutorado. FEAGRI, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2002. Disponível em: [https://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos\\_energia/a\\_tecnologia\\_de\\_pirólise\\_no\\_contexto\\_da\\_producao\\_moderna\\_de\\_biocombustivies\\_uma\\_visao\\_persp\\_e\\_ctiva.html](https://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos_energia/a_tecnologia_de_pirólise_no_contexto_da_producao_moderna_de_biocombustivies_uma_visao_persp_e_ctiva.html). Acesso em: 21 jul. 2022.

OPTOLOV. **Forno de pirólise faça você mesmo (tecnologias, materiais, diagramas e desenhos). Como fazer um forno de pirólise com suas próprias mãos** Forno faça você mesmo com pós-combustor. Disponível em:

<https://optolov.ru/pt/door/piroliznaya-pech-svoimi-rukami-tehnologii-materialy-shemy-i-chertezhi.html>. Acesso em: 02 mai.2022.

PEDROSA, Michelly, et al.,2015 **TRATAMENTO TÉRMICO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

-ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento29/TrabalhosCompletoPDF/III-222.pdf> Acesso em: 28 out. 2022.

PÉREZ, Juan, et.al. 2006 **Pirólise rápida de biomassa em reator de leito fluidizado Unicamp-Brasil. Problemas, causas e soluções;** Disponível em: [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000200026&script=sci\\_arttext](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000200026&script=sci_arttext). Acesso em: 01 nov. 2022

PIRES. **Aumento da produção de lixo no Brasil requer ação coordenada**

**entre governos e cooperativas de catadores** . **AGÊNCIA SENADO**, São Paulo, 7 jun. 2021. Semanal. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2021/06/aumento-da-producao-de-lixo-no-brasil-requer-acao-coordenada-entre-governos-e-cooperativas-de-catadores#:~:text=Segundo%20dados%20do%20Panorama%20dos,de%201%20kg%20por%20dia> . Acesso em: 12 abr. 2022.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Pirólise**. Portal São Francisco. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/pirolise>. Acesso em 11 ago. 2022.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Disposições gerais LEI N° 12.305**, publicado em: 02 ago. 2010; disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm#:~:text=%C2%A7%203o%20Respeitada%20a,civil%2C%20de%20servi%C3%A7os%20de%20transporte%2C](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm#:~:text=%C2%A7%203o%20Respeitada%20a,civil%2C%20de%20servi%C3%A7os%20de%20transporte%2C). Acesso em: 15 ago 2022

PROMETAL EPIS. **O que diz a NR 14 sobre o trabalho com Fornos**. NRS-Normas Regulamentadoras, 15 mai. 2019. Disponível em: <https://www.prometalepis.com.br/blog/nr-14-e-o-trabalho-com-fornos/>. Acesso em: 28 jul. 2022.

RESEARCHGATE. **Esquema da planta de pirólise rápida da Unicamp**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Esquema-da-planta-de-pirolise-rapida-da-Unicamp\\_fig1\\_269918231](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Esquema-da-planta-de-pirolise-rapida-da-Unicamp_fig1_269918231). Acesso em: 4 ago. 202

Richter. **Educação ambiental e gases do efeito estufa (gee): uma abordagem do papel do metano para educação básica**. Revbea, são paulo, v.16, n°5:431-445, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/12400/8845> Acesso em: 16 out. 2022.

RODRIGUES. **Estudo das propriedades físico-químicas de diferentes tipos de cafés através de técnicas termoanalíticas e espectroscópicas**. Disponível em: <http://www.repositorio.ufjf.br:8080/jspui/bitstream/ufjf/10543/3/celiolucasvalenterodrigues.pdf>. Acesso em: 16 out. 2022

RODRIGUES. **Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos e Produção de Energia: Análise de Legislação para Viabilidade Econômica de Soluções Conjuntas**. Publicado em: 2014. disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/43220492.pdf>. Acesso em: 15.out.2022

SÃO PAULO (Estado). (2019). **Usinas de biogás de aterro sanitário**. Disponível em: <http://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalcev2/intranet/Renovaveis/index>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SE LIGA, Alagoinhas; **Moradores de Santo Amaro denunciam acúmulo de lixo em ruas**, publicado em: 23/08/2020, disponível em:

<https://www.seligaalagoinhas.com.br/noticia/14846/moradores-de-santo-amaro-denunciam-acumulo-de-lixo-em-ruas> . Acesso em: 30 out. 2022

SILVESTRE, W. P et.al. **Avaliação do rendimento em bio-óleo da pirólise de bagaço de semente de nabo forrageiro em um reator tambor rotativo**. Publicado em: 25 set. 2016. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Wendel-Silvestre/publication/320471352\\_Avaliacao\\_do\\_rendimento\\_em\\_bio-oleo\\_da\\_pirólise\\_de\\_bagaço\\_de\\_semente\\_de\\_nabo\\_forrageiro\\_em\\_um\\_reator\\_tambor\\_rotativo/links/59e75ba24585152d5f04e4a1/Avaliacao-do-rendimento-em-bio-oleo-da-pirólise-de-bagaço-de-semente-de-nabo-forrageiro-em-um-reator-tambor-rotativo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Wendel-Silvestre/publication/320471352_Avaliacao_do_rendimento_em_bio-oleo_da_pirólise_de_bagaço_de_semente_de_nabo_forrageiro_em_um_reator_tambor_rotativo/links/59e75ba24585152d5f04e4a1/Avaliacao-do-rendimento-em-bio-oleo-da-pirólise-de-bagaço-de-semente-de-nabo-forrageiro-em-um-reator-tambor-rotativo.pdf). Acesso em: 10 out. 2022

SOLUÇÕES INDUSTRIAIS, **Ciclones industriais**, Disponível em:

<https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/prestadores-de-servicos/aps-ambiental/produtos/saneamento-basico-e-ambiental/ciclones-industriais-1> . Acesso em: 15.set.2022

SOUSA, Francknardy. **Laboratório de química: qual o destino dos resíduos?**, publicado em: 2019; Disponível em:

<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/7786/FRANCKNARDY%20TEOTONIO%20DE%20SOUSA%20-%20TCC%20LICENCIATURA%20EM%20QUÍMICA%202019.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 23 out.2022

SOUZA, Herbert, **Viabilidade econômica da implantação de uma planta de incineração de resíduos sólidos urbanos para pequenos municípios**; publicado em: 20.set.2020. Disponível em:

[https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/2318/5/Dissert.vers.final\\_Herberth%2026%2005%202021.pdf](https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/2318/5/Dissert.vers.final_Herberth%2026%2005%202021.pdf). Acesso em: 10.out.2022

TIANLI ENERGY. **Secadores rotativos**; Disponível em:

[https://pt.tianlienergy.com/product/PRODUCTS\\_63697/Rotary\\_Dryer.html?gclid=CjwKCAiAyfybBhBKEiwAgtB7fv4eznz4igCNhwSHxDHsplrjG7hYJG\\_56G0NmWJ9erbHjS8v0StDxoC6yYQAvD\\_BwE](https://pt.tianlienergy.com/product/PRODUCTS_63697/Rotary_Dryer.html?gclid=CjwKCAiAyfybBhBKEiwAgtB7fv4eznz4igCNhwSHxDHsplrjG7hYJG_56G0NmWJ9erbHjS8v0StDxoC6yYQAvD_BwE). Acesso em: 20 out. 2022

TIBOLA, Lucas. **Pirólise das cascas de grãos de girassol – um estudo sobre a cinética de reação e sobre os produtos**

**Gerados**, Universidade Federal do Triangulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019

Disponível em:

<http://bdtu.uftm.edu.br/bitstream/tede/630/5/Dissert%20Fernando%20L%20Tibola.pdf>. Acesso em: 21 out. 2022.

UFMS. **Como funciona a prensa hidráulica**, Universidade Federal de Santa Maria, Curso de graduação em Física, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/cursos/graduacao/santa-maria/fisica/2020/02/21/como-funciona-a-prensa-hidraulica/>> Acesso em: 22 out 2022.

VASCONCELOS. **Modelo de aumento de escala de reator de pirólise rápida para produção de bio-óleo a partir de Resíduo de sisal**. 2017. 9º CONGRESSO Brasileiro de PD em Petróleo e Gás - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal da Bahia. Disponível em [http://www.portalabpg.org.br/site\\_portugues/anais/anais9/repositorio/trabalho/525810240820178705.pdf](http://www.portalabpg.org.br/site_portugues/anais/anais9/repositorio/trabalho/525810240820178705.pdf). Acesso em: 30 mai. 2022.

W. P. SILVEST. **Avaliação do rendimento em bio-óleo da pirólise de bagaço de semente de nabo forrageiro em um reator tambor rotativo**. 2016. ENBEQ, CONGRESSO Brasileiro de Engenharia Química. Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Wendel-Silvestre/publication/320471352\\_Avaliacao\\_do\\_rendimento\\_em\\_bio-oleo\\_da\\_pirólise\\_de\\_bagaço\\_de\\_semente\\_de\\_nabo\\_forrageiro\\_em\\_um\\_reator\\_tambor\\_rotativo/links/59e75ba24585152d5f04e4a1/Avaliacao-do-rendimento-em-bio-oleo-da-pirólise-de-bagaço-de-semente-de-nabo-forrageiro-em-um-reator-tambor-rotativo](https://www.researchgate.net/profile/Wendel-Silvestre/publication/320471352_Avaliacao_do_rendimento_em_bio-oleo_da_pirólise_de_bagaço_de_semente_de_nabo_forrageiro_em_um_reator_tambor_rotativo/links/59e75ba24585152d5f04e4a1/Avaliacao-do-rendimento-em-bio-oleo-da-pirólise-de-bagaço-de-semente-de-nabo-forrageiro-em-um-reator-tambor-rotativo). Acesso em: 21 nov. 2022.

WALDMAN. **Lixo: cenários e desafios (Cortez Editora)**; Publicado em: 20 jul. 2010 disponível em: [https://www.mw.pro.br/mw/geo\\_pos\\_doc\\_planeta.pdf](https://www.mw.pro.br/mw/geo_pos_doc_planeta.pdf) Acesso em: 10 ago. 2022