



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E SANITÁRIA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**NATALIA ELEN LOPES FERREIRA**

**ECOPARQUES: UMA ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO NO  
BRASIL**

**FORTALEZA  
2023**

NATÁLIA ELEN LOPES FERREIRA

ECOPARQUES: UMA ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO NO BRASIL.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

F442e Ferreira, Natália Elen Lopes.  
Ecoparques : uma análise da viabilidade de implantação no Brasil / Natália Elen Lopes Ferreira. – 2023.  
69 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,  
Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti.

1. Ecoparques. 2. Recuperação. 3. Resíduos. I. Título.

CDD 628

---

NATÁLIA ELEN LOPES FERREIRA

ECOPARQUES: UMA ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO NO BRASIL.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Ronaldo Stefanutti (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Doutoranda Ana Carolina Correia de Oliveira Gomes  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Doutoranda Débora Nery de Souza  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

FORTALEZA  
2023

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus.

Aos meus pais, Aline e Erandir.

Agradeço à toda a minha família, principalmente minha mãe por todos os anos de dedicação e trabalho para que eu pudesse ter uma educação de qualidade.

Agradeço aos meus amigos universitários, sobretudo, Adriano, Aline, Lucas, Jonathan e Natascha, que ao longo da formação, compartilhamos momentos de alegria e de tristeza e nos apoiamos nos momentos difíceis.

Agradeço à empresa Braslimp, na qual tive a oportunidade de estagiar e cuja vivência contribuiu para produção deste trabalho.

Agradeço ao professor Ronaldo Stefanutti, por aceitar o convite de ser meu orientador neste trabalho, agradeço a sua disponibilidade e paciência, além de sua contribuição com seu apreciável conhecimento.

Agradeço também as participantes da banca, Ana Carolina e Débora Nery pela disponibilidade e por aceitarem fazer parte da banca examinadora.

Agradeço a todos os que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão desta etapa da minha vida.

## RESUMO

A alta geração de resíduos é um problema ambiental que precisa ser enfrentado, haja vista que a má gestão pode causar sérios danos ao meio ambiente. A procura por alternativas para o tratamento dos resíduos sólidos é fundamental. O objetivo deste trabalho consiste em apresentar uma análise econômica e ambiental da implantação de Ecoparques no Brasil. Para execução do trabalho utilizou-se da revisão bibliográfica e aplicação de questionário em empresa e visita de campo onde elenca-se as principais vantagens e desvantagens e faz-se comentários acerca da viabilidade econômica desses empreendimentos e da possibilidade de adequação de aterros sanitários para o modelo Ecoparque. Como destaque para as vantagens tem-se a redução da massa de resíduos enviadas para o aterro e a valorização econômica dos resíduos sólidos urbanos e a geração de biogás. A principal desvantagem é o alto custo de implantação. Conclui-se, portanto, que os ecoparques são uma forma para avançar na gestão de resíduos no Brasil, promovendo a recuperação e reciclagem de materiais.

**Palavras-chave:** Ecoparques. Recuperação. Resíduos.

## **ABSTRACT**

The high generation of waste is an environmental problem that needs to be faced, given that poor management can cause serious damage to the environment. The search for alternatives for treating solid waste is essential. The objective of this work is to present an economic and environmental analysis of the implementation of Ecoparks in Brazil. To carry out the work, a bibliographical review and application of a questionnaire were used in the company and a field visit where the main advantages and disadvantages were listed and comments were made about the economic viability of these enterprises and the possibility of adapting sanitary landfills to the Ecopark model. The highlights of the advantages are the reduction in the mass of waste sent to landfill and the economic valorization of urban solid waste and the generation of biogas. The main disadvantage is the high implementation cost. It is concluded, therefore, that ecoparks are a way to advance waste management in Brazil, promoting the recovery and recycling of materials.

**Keywords:** Ecoparks. Recovery. Waste.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Índice de cobertura de coleta de RSU no Brasil e regiões (%) em 2022.....	18
Figura 2	– Resultado esperado para o indicador global 1.1 .....	28
Figura 3	– Resultado esperado para o indicador global 1.2 .....	28
Figura 4	– Resultado esperado para o indicador global 2 .....	29
Figura 5	– Resultado esperado para o indicador global 2.1 .....	29
Figura 6	– Resultado esperado para o indicador global 3 .....	29
Figura 7	– Resultado esperado para o indicador global 3.1 .....	30
Figura 8	– Resultado esperado para o indicador global 3.2 .....	30
Figura 9	– Resultado esperado para o indicador global 3.3 .....	30
Figura 10	– Resultado esperado para o indicador global 4 .....	31
Figura 11	– Resultado esperado para o indicador global 5 .....	31
Figura 12	– Resultado esperado para o indicador global 6 .....	31
Figura 13	– Resultado esperado para o indicador global 6.1 .....	32
Figura 14	– Resultado esperado para o indicador global 6.2 .....	32
Figura 15	– Resultado esperado para o indicador global 7 .....	32
Figura 16	– Resultado esperado para o indicador global 7.1 .....	32
Figura 17	– Resultado esperado para o indicador global 8 .....	33
Figura 18	– Resultado esperado para o indicador global 8.1 .....	33
Figura 19	– Resultado esperado para o indicador global 8.2 .....	33
Figura 20	– Resultado esperado para o indicador global 9 .....	33
Figura 21	– Resumo de uma Unidade de Tratamento Mecânico Biológico .....	35
Figura 22	– Arranjo tecnológico do cenário definido para a construção de um Ecoparque na zona sul da cidade de São Paulo .....	36
Figura 23	– Balança de pesagem dos caminhões .....	38



Figura 24	– Área de recepção em fosso (esquerda) e em pátio (direita) .....	38
Figura 25	– Recepção dos materiais da coleta no Ecoparque Pernambuco .....	39
Figura 26	– Alimentador primário enterrado (esquerda) e suspenso (direita) .....	39
Figura 27	– Alimentador primário do Ecoparque de Pernambuco .....	40
Figura 28	– Cabine de triagem de materiais de grandes volumes .....	40
Figura 29	– Cabine de triagem do ecoparque de Pernambuco .....	41
Figura 30	– Pré-triturador (esquerda) e rasga sacos (direita) .....	41
Figura 31	– Vistas de um trommel .....	42
Figura 32	– Peneira do ecoparque de Pernambuco .....	42
Figura 33	– Vistas de uma peneira de disco .....	43
Figura 34	– Vista de um separador magnético .....	44
Figura 35	– Separador indutivo .....	44
Figura 36	– Peneira vibratória .....	45
Figura 37	– Vista geral do equipamento (à esquerda) e princípio de funcionamento (à direita) .....	45
Figura 38	– Fração dos finos do ecoparque Pernambuco .....	46
Figura 39	– Separador óptico do Ecoparque Pernambuco .....	47
Figura 40	– Tipos de resíduos separados no Ecoparque de Pernambuco .....	47
Figura 41	– Cabine de recepção do plástico tipo PET verde no Ecoparque Pernambuco ...	48
Figura 42	– Cabine de recepção do plástico tipo PET cristal no ecoparque Pernambuco ...	48
Figura 43	– Cabine de recepção do plástico tipo PP no Ecoparque Pernambuco .....	49
Figura 44	– Resíduos sendo prensados no Ecoparque Pernambuco .....	49
Figura 45	– Resíduos plásticos prensados no Ecoparque Pernambuco .....	50
Figura 46	– Papelões prensados no Ecoparque Pernambuco .....	50
Figura 47	– Resíduos metálicos saindo da cabine (à esquerda) e ensacados (à direita) .....	51
Figura 48	– CDR sendo depositados no Ecoparque Pernambuco .....	51

Figura 49	– Aterro sanitário do Ecoparque Pernambuco .....	52
Figura 50	– Comparação dos processos biológicos de estabilização anaeróbia pelas vias úmida, seca e extra-seca (-- desfavorável; - levemente desfavorável; 0 indiferente; + levemente favorável; ++ altamente favorável) .....	53
Figura 51	– Configuração básica de um sistema de metanização extra-seco, em túneis .....	54
Figura 52	– Fluxograma resumido de uma unidade de metanização extra-seca .....	54
Figura 53	– Visão geral da instalação .....	55

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Geração total de RSU (t/dia) nas regiões e Brasil, 2010 a 2018 .....	17
Gráfico 2 – Estimativa da Composição Gravimétrica média dos RSU coletados no Brasil .....	18
Gráfico 3 – Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil e regiões (%) em 2021 .....	19
Gráfico 4 – Resumo do tipo de tratamento nos 28 países da Comunidade Europeia .....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Taxa de recuperação de recicláveis (%) em relação ao total coletado nas capitais em 2018 .....	21
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da implantação dos ecoparques .....	58
Tabela 3 – Respostas do questionário aplicado .....	59
Tabela 4 – Resumo da análise econômica para o cenário definido para construção de um Ecoparque na zona sul da cidade de São Paulo .....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAPEX	Capital Expenditure
CEMBUREAU	Associação Européia de Cimento
CDR	Combustível Derivado de Resíduo
CDRU	Combustível Derivado de Resíduo Urbano
CNM	Confederação Nacional dos Municípios
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CSTR	Reator Anaeróbico de Mistura Completa
EBITDA	Earnings before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
FGP	Fundo Garantidor de Parcerias Público-Privadas
GEE	Gases do Efeito Estufa
GEF	Fundo Global para o Meio Ambiente
LPT	Linha de Pré-Tratamento
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MOR	Matéria Orgânica Recuperada
MW	Mega Watt
OPEX	Operational Expenditure
PET	Polietileno Tereftalato
Planares	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
PPP	Parcerias Público-Privadas
RIDE	Região Integrada de Desenvolvimento
RM	Região Metropolitana
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SIMA	Secretaria de Estado De Infraestrutura e Meio Ambiente
Sisnama	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNIS-RS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Resíduos Sólidos
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

TMB	Tratamento Mecânico Biológico
TRI	Taxa Interna de Retorno
UPI	Produção de Inóculo
URE	Unidade de Recuperação Energética
UTMB	Unidade de Tratamento Mecânico Biológico
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	16
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
<b>3.1</b>	<b>Contextualizando a gestão de resíduos sólidos no Brasil</b> .....	17
<b>3.1.1</b>	<i>Geração</i> .....	17
<b>3.1.2</b>	<i>Composição</i> .....	17
<b>3.1.3</b>	<i>Coleta</i> .....	18
<b>3.1.4</b>	<i>Coleta seletiva</i> .....	19
<b>3.1.5</b>	<i>Destinação final de RSU</i> .....	20
<b>3.1.5.1</b>	<i>Reciclagem dos secos</i> .....	20
<b>3.1.5.2</b>	<i>Reciclagem dos resíduos orgânicos</i> .....	21
<b>3.1.5.3</b>	<i>Recuperação energética de RSU</i> .....	21
<b>3.1.6</b>	<i>Disposição final de RSU</i> .....	23
<b>3.1.7</b>	<i>Consórcios públicos e arranjos regionais</i> .....	23
<b>3.2</b>	<b>Legislação Ambiental</b> .....	25
<b>3.2.1</b>	<i>Constituição Federal de 1988</i> .....	25
<b>3.2.2</b>	<i>Política Nacional de Saneamento Básico – Lei nº 11.445/ 2007</i> .....	25
<b>3.2.3</b>	<i>Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Nº 12.305/2010</i> .....	26
<b>3.2.4</b>	<i>Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares)</i> .....	27
<b>3.3</b>	<b>Ecoparques</b> .....	34
<b>3.3.1</b>	<i>Aspectos técnicos e operacionais</i> .....	36
<b>3.3.1.1</b>	<i>Escala</i> .....	36
<b>3.3.1.2</b>	<i>Local de instalação</i> .....	37
<b>3.3.1.3</b>	<i>Processo de tratamento mecânico</i> .....	37
<b>3.3.1.3.1</b>	Recepção .....	37
<b>3.3.1.3.2</b>	Primeira etapa de segregação .....	39
<b>3.3.1.3.3</b>	Linha dos finos .....	43
<b>3.3.1.3.4</b>	Linha intermediária .....	46
<b>3.3.1.4</b>	<i>Sistemas de estabilização biológica</i> .....	52

<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>57</b>
<b>5.1</b>	<b>Considerações gerais</b> .....	<b>57</b>
<b>5.2</b>	<b>Vantagens e desvantagens</b> .....	<b>58</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise e considerações do questionário</b> .....	<b>59</b>
<b>5.4</b>	<b>Análise econômica</b> .....	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS</b> .....	<b>68</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional junto ao grande consumo de produtos e alimentos colaboram para alta geração de resíduos sólidos no Brasil e no mundo. A problemática envolvida no mau gerenciamento de resíduos afeta à saúde humana e do meio ambiente, pois os resíduos sólidos quando dispostos em locais inadequados, como aterros controlados e lixões podem contaminar o solo, rios e mares, além de causar doenças e afetar a qualidade de vida. Os aterros sanitários, embora seja uma forma de disposição final considerada adequada desperdiça o potencial de reciclagem e reutilização dos resíduos, além de estar cada vez mais difícil encontrar áreas para construção de novos aterros sanitários. Diante disso, há uma busca constante por soluções técnicas para a recuperação e/ou tratamento dos resíduos sólidos.

Um modelo de tratamento de resíduos aplicado na recepção da coleta regular urbana domiciliar ou pela coleta seletiva vem ganhando espaço junto a gestão de resíduos sólidos brasileira. Este modelo recebeu uma adaptação ou ajuste das centrais de tratamento de resíduos da coleta seletiva da Alemanha. Vem recebendo o nome de ECOPARQUES. Entre os primeiros a serem instalados no Brasil há o ECOPARQUE de Piracicaba-SP e o ECOPARQUE Pernambuco, instalado em Igarassu-PE.

Neste modelo de gestão os resíduos coletados são separados mecanicamente em metais, matéria orgânica, recicláveis com alto valor comercial (diversos tipos de plásticos e papéis), materiais com alto poder calorífico separados dos rejeitos (CDRu – Combustível Derivado de Resíduos Urbanos), e os rejeitos.

Este modelo de gestão, ECOPARQUE, começa a ser valorizado pela dificuldade na implantação de uma coleta seletiva. Todavia em caso de aproveitamento energético da fração orgânica separado mecanicamente, o digestato produzido deve ser encaminhado para disposição final em aterro sanitário devido a contaminação com materiais estranhos ou encaminhados para aterro sanitário diretamente onde vai gerar biogás e poderá ser aproveitado como ocorre na planta do complexo do Ecoparque Pernambuco, em Igarassu-PE.

Uma instalação como ecoparque demanda alto investimento e a garantia de fornecimento dos resíduos por parte dos municípios.

O Ecoparque surge no topo na hierarquia de gestão de resíduos, haja vista que conta com a recuperação de resíduos e diminui a quantidade de rejeitos dispostos em aterros sanitários, sendo destinados apenas os rejeitos ao aterro sanitário. Assim, neste modelo de gestão o empreendimento busca prolongar ao máximo a vida útil de um aterro sanitário, reduzindo o envio de materiais para disposição final, reintroduzindo os materiais compatíveis

às cadeias de reciclagem, direcionando os materiais de alto poder calorífico e baixo valor comercial para o aproveitamento energético na forma de CDR (Combustível Derivado de Resíduo), bem como promovendo o aproveitamento do potencial energético da fração orgânica facilmente putrescível na forma de biogás. O modelo procura monetizar o processo de tratamento de resíduos, reduzindo seu custo final e gerando receitas dos produtos.

Do ponto de vista socioambiental, todos os recicláveis que forem segregados anteriormente a entrada no ECOPARQUE farão parte do negócio das cooperativas, associações e catadores. Todavia, todo material que adentrar ao ECOPARQUE farão parte das receitas e despesas do processo de tratamento do projeto em si. O Ecoparque não está associado a coleta de resíduos e sim ao tratamento, a economia circular, a reciclagem, recuperação energética, a compostagem e destinação final dos rejeitos ( de forma efetivamente ambientalmente adequada).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Uma análise econômica e ambiental da implantação de Ecoparques no Brasil.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Definir o termo ecoparque.
- Destacar as principais vantagens e desvantagens dos ecoparques.
- Avaliar qual a melhor configuração de implantação: se através do consorcio ou através do capital do próprio município.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

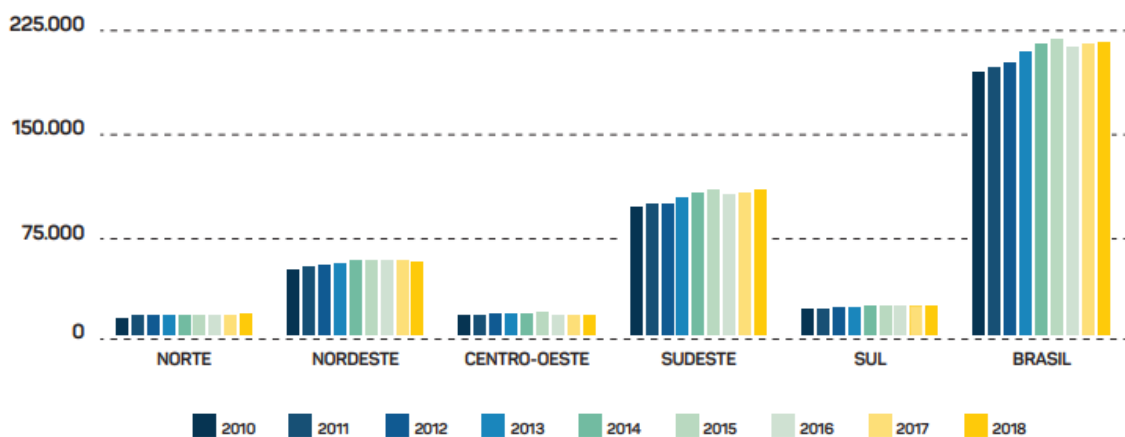
#### 3.1 Contextualizando a gestão de resíduos sólidos no Brasil

##### 3.1.1 Geração

Segundo a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), no ano de 2022, o Brasil alcançou aproximadamente um total de 81,8 milhões de toneladas de geração de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), correspondendo a 224 mil toneladas por dia, com uma geração per capita média foi de 1,043 kg de resíduos por dia.

O crescimento acelerado e desordenado das cidades brasileiras, associado ao crescimento populacional e ao consumo, em larga escala, de produtos industrializados e descartáveis, tem causado um aumento expressivo na quantidade de RSU (BRASIL, 2019), conforme consta no gráfico 1.

Gráfico 1 - Geração total de RSU (t/dia) nas regiões e Brasil, 2010 a 2018.



Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), 2022.

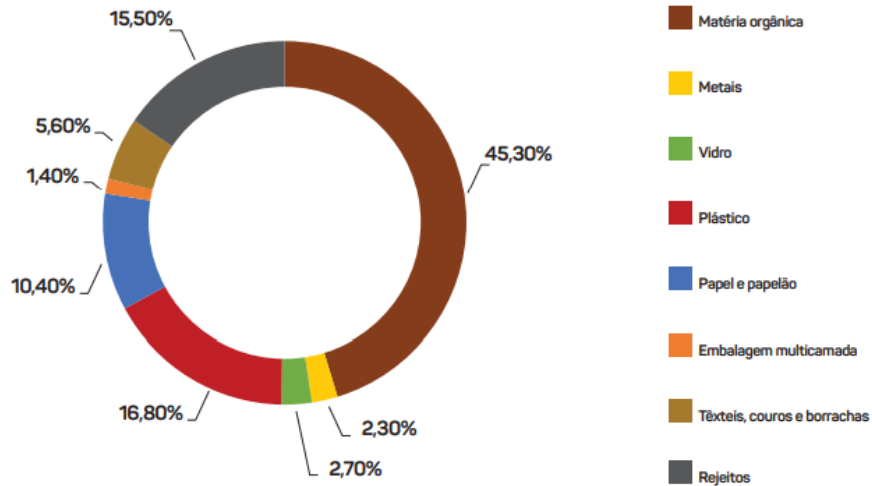
##### 3.1.2 Composição

A composição gravimétrica dos resíduos refere-se ao percentual de massa de cada tipo de resíduos em relação à massa total. Conhecer a composição dos resíduos é importante para a tomadas de decisões em relação a gestão pública dos resíduos, conforme FRICKE et al., 2015.

Para que haja melhor gestão e gerenciamento de resíduos é preciso conhecer qual a quantidade e que tipo de material é descartado, pois a partir desses dados é possível definir melhor a política municipal dos resíduos e, eventualmente, estimar a energia que poderá ser gerada a partir da recuperação energética dos resíduos, quanto de material poderá ser reciclado e qual será a redução de massa nos aterros.

Segue abaixo gráfico com a composição gravimétrica dos RSU no Brasil, conforme gráfico 2.

Gráfico 2 - Estimativa da Composição Gravimétrica média dos RSU coletados no Brasil.

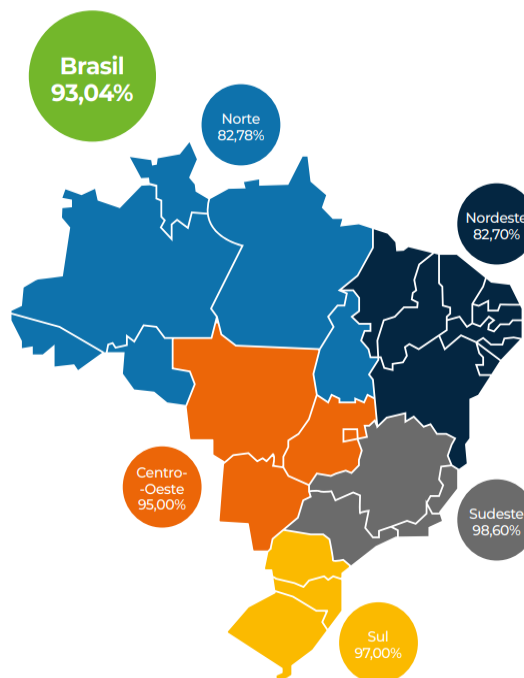


Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), 2022.

### 3.1.3 Coleta

Em 2022 o país registrou um total de 76,1 milhões de toneladas coletadas, levando a uma cobertura de coleta de 93% (ABRELPE,2022). Segue abaixo, imagem com índice de cobertura de coleta de RSU no Brasil por região, conforme imagem 1.

Figura 1 - Índice de cobertura de coleta de RSU no Brasil e regiões (%) em 2022.



Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, Abrelpe, 2022.

### 3.1.4 Coleta Seletiva

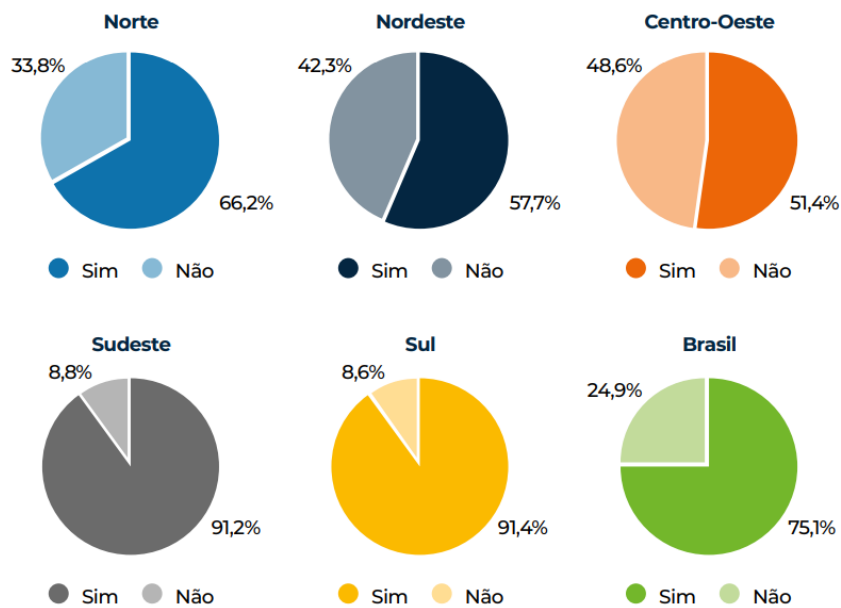
A separação dos resíduos na origem e a coleta seletiva são considerados mecanismos fundamentais para a implementação dos processos tecnológicos de tratamento e de reciclagem, resultando em menos impactos ambientais em todo seu ciclo de vida, inclusive na economia de energia (MERSONI; REICHERT, 2017).

De acordo com o art. 3º, inciso V da PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos) coleta seletiva é definida como a coleta dos resíduos sólidos previamente separados, de acordo com a sua constituição ou composição (PNRS, art. 3º, inciso V).

Tomando como base o ano de 2021, o Brasil registrou um número de 75,1% dos seus municípios com alguma iniciativa, o que corresponde a 4.183 municípios. Vale elencar, que muitas dessas iniciativas são pontuais e não atendem à totalidade da população. A implantação da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos é de responsabilidade dos municípios, titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (PNRS, art. 36, inciso II).

Segue abaixo, gráfico com a distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil, conforme gráfico 3.

Gráfico 3 - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil e regiões (%) em 2021.



Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, Abrelpe, 2022.

### ***3.1.5 Destinação final de RSU***

A PNRS, em seu art. 3º, inciso VII, definiu que destinação final ambientalmente adequada compreende a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, dentre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar impactos ambientais adversos.

#### ***3.1.5.1 Reciclagem dos secos***

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.305/2010, em seu art. 3º, inciso XIV traz a seguinte definição de reciclagem.

Processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa.

Apesar das ações para promover um maior aproveitamento de resíduos recicláveis, a taxa de recuperação desses resíduos no Brasil é considerada baixa, a edição de 2022 do Planares (Plano Nacional de Resíduos Sólidos) elenca alguns dos motivos para este cenário.

Baixa adesão da população aos sistemas de coleta seletiva (seja por carência na infraestrutura dos serviços, seja por desconhecimento); mercados locais de comercialização e reciclagem de materiais inexistentes ou mal estruturados; cadeia logística oscilante e descontinuada, que não assegura constância, estabilidade e segurança no provimento dos materiais; elevada tributação incidente sobre as diferentes etapas, principalmente sobre a matéria-prima secundária; concorrência desleal com alternativas de destinação final inadequadas (lixões e aterros controlados).

Segue abaixo tabela com a taxa de recuperação de recicláveis secos em relação ao total coletado nas capitais das unidades federativas, conforme tabela 1.

Tabela 1 - Taxa de recuperação de recicláveis (%) em relação ao total coletado nas capitais em 2018.

Municípios (capitais)	Taxa de recuperação de recicláveis secos (%)
São Luís	5,44
João Pessoa	5,31
Florianópolis	4,55
Goiânia	4,02
Porto Alegre	2,16
Curitiba	2,01
Cuiabá	1,43
Brasília	1,35
Porto Velho	1,35
Manaus	1,07
Vitória	0,91
São Paulo	0,88
Salvador	0,86
Natal	0,72
Palmas	0,58
Belo Horizonte	0,55
Belém	0,53
Fortaleza	0,47
Campo Grande	0,47
Aracaju	0,44
Maceió	0,37
Rio de Janeiro	0,35
Macapá	0,27
Recife	0,20
Teresina	0,20
Rio Branco	0,19
Boa Vista	ND

Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), 2022.

### 3.1.5.2 Reciclagem dos resíduos orgânicos

Segundo o SNIS-RS (Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – Resíduos Sólidos) 2019, no ano de 2018, o Brasil gerou cerca de 37 milhões de toneladas de resíduos orgânicos, desse total, 127.498 toneladas foram encaminhadas para composteiras, o restante foi disposto em aterro sanitário ou em local inadequado, como aterros controlados e lixões.

Os aterros sanitários são a terceira maior fonte antropogênica mundial de metano (HUMER e LECHNER, 1999; ROSE, MAHLER e IZZO, 2012).

### 2.1.5.3 Recuperação energética de RSU

A recuperação energética, que é apresentada na PNRS (art. 9º, § 1º) como uma alternativa para a destinação final de resíduos, é a conversão de resíduos sólidos em energia térmica, combustível ou energia elétrica, através de processos, a citar digestão anaeróbia,



incineração, coprocessamento e recuperação de gás de aterro sanitário. É, portanto, uma possibilidade de aproveitamento dos resíduos que atualmente são considerados rejeitos e não possuem viabilidade técnica ou econômica para reciclagem.

Uma das principais formas de recuperação energética é coprocessamento, que para Freitas e Nobrega (2014) é a recuperação simultânea de energia e a reciclagem de recursos minerais quando usados para substituir os combustíveis fósseis primários em fornos de cimento.

De acordo com a Associação Europeia de Cimento (CEMBUREAU), o coprocessamento oferece uma solução em termos de redução da dependência de combustíveis fósseis, bem como uma contribuição para a redução das emissões de gases efeito estufa na atmosfera.

O CDR – Combustível Derivado de Resíduos, que é definido pela Comissão Europeia (2006) na especificação CEN/TS 15357, como um combustível sólido preparado tendo por base resíduos não-perigosos produzidos com o intuito de recuperação de energia em instalações de incineração ou co incineração e que obedeça às classificações e especificações apresentadas na CEN/TS 15359.

De acordo com SIMA (Secretaria de Estado De Infraestrutura e Meio Ambiente), 2020:

O Combustível Derivado de Resíduo – CDR, é um combustível alternativo preparado a partir de resíduos sólidos, comercializável em substituição a combustíveis convencionais, para ser utilizado em fornos e caldeiras industriais ou em unidade de tratamento térmico de resíduos, de maneira a não causar perdas de eficiência de processos produtivos nem prejuízo à qualidade de produtos, sem causar impactos ambientais adicionais em comparação aos impactos gerados pelo uso exclusivo de combustíveis convencionais.

É uma das tecnologias de recuperação energética com o maior nível de aproveitamento dos resíduos, tendo em vista que os mesmos são reincorporados no processo de fabricação de cimento, sendo assim não há envio de rejeito para o aterro sanitário. (BRASIL, 2022).

As iniciativas de aproveitamento energético de resíduos ainda são muito tímidas no Brasil, sendo fundamental fortalecê-las como ferramenta complementar de destinação adequada de resíduos. (BRASIL, 2022).

### ***3.1.6 Disposição final de RSU***

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.305/2010, traz a seguinte definição de disposição ambientalmente adequada: “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos”, traz ainda, a seguinte definição de rejeitos: “resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Embora a PNRS defina rejeito como aquele resíduo que foi esgotado as possibilidades de utilização e portanto, deve ser disposto em aterros sanitários, o que se observa no Brasil é que a maior parte dos RSU coletados, que possuem potencial de tratamento e recuperação, são dispostos em aterros sanitários, segundo a ABRELPE, no ano de 2022, 61% dos RSU coletados no Brasil, correspondente a 46,4 milhões de toneladas foram destinadas para os aterros sanitários, enquanto o restante, 39% dos RSU coletados foram dispostos em locais inadequados, como lixões e aterros controlados.

Dessa forma, há uma busca por iniciativas relacionadas à economia circular, que proporcionem uma quebra do modelo econômico linear, onde se extrai, transforma e descarta, para um modelo onde se prioriza reduzir, reutilizar e reintroduzir os produtos ao longo da cadeia de produção de forma eficiente, diminuindo a utilização dos recursos naturais, a geração de resíduos, as emissões de GEE (Gases do Efeito Estufa), o desperdício e a poluição.

### ***3.1.7 Consórcios públicos e arranjos regionais***

De acordo com a Lei 11.107/05, o consórcio público é uma pessoa jurídica formada exclusivamente por entes da Federação para estabelecer relações de cooperação federativa, inclusive a realização de objetivos de interesse comum.

A PNRS concede um destaque para questão dos consórcios público quando os descreve como uma forma de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos, têm prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA),

Para a PNRS, a gestão de resíduos sólidos realizada de forma consorciada entre municípios é apresentada como uma possível solução destinada a aperfeiçoar o planejamento e sua respectiva operacionalização, garantindo maior eficiência, eficácia e efetividade frente aos grandes desafios que causam o entrave do setor.

Assim, tem-se o entendimento que a formação de consórcios públicos pode ser um meio para se alcançar os objetivos da PNRS, sobretudo nos casos em que não há viabilidade técnica ou econômica para as soluções individuais, ou quando as soluções conjuntas demonstrem melhor custo-benefício.

De acordo com o observatório dos consórcios da Confederação Nacional dos Municípios (CNM, 2020) são registrados 138 consórcios públicos com área de atuação “Resíduos Sólidos”, tendo abrangência de 1.730 municípios.

As concessões e Parcerias Público-Privadas (PPP) também são um tipo de arranjo institucional que permite a viabilização da gestão dos resíduos sólidos. A Constituição Federal diz, em seu art. 175, que a prestação de serviços públicos pode ser realizada diretamente pelo Poder Público ou pode ser delegada a particulares, sempre por meio de licitação, sob os regimes de concessão ou permissão.

A Lei Nº 11.079/2004, define parceria público-privada como o contrato administrativo de concessão, na modalidade patrocinada ou administrativa.

Por sua vez, Justen Filho (2005) traz a seguinte definição de parceria público-privada:

Parceria público-privada é um contrato organizacional, de longo prazo de duração, por meio do qual se atribui a um sujeito privado o dever de executar obra pública e (ou) prestar serviço público, com ou sem direito à remuneração, por meio da exploração da infraestrutura, mas mediante uma garantia especial e reforçada prestada pelo Poder Público, utilizável para a obtenção de recursos no mercado financeiro.

Dentre as definições disponíveis na literatura, há três características que são comuns as PPP's: participação da iniciativa privada, amortização do investimento realizado e longo prazo de duração (no mínimo 5 anos, no máximo 30 anos).

Em uma análise sobre o tema feita por Costa e Silva (apud SOUZA, 2008, p.182) ele afirma que:

A PPP é uma forma de delegação de uma entidade pública a uma entidade privada, em que esta se responsabilizará pelo financiamento, execução e manutenção de uma obra pública ou serviço público por um período suficientemente longo para amortizar os investimentos.

A Lei Nº 11.079/2004 veio como uma forma de articular tanto os interesses da iniciativa privada quanto administração pública preenchendo as deficiências existentes de ambos os lados. Por parte da administração pública há o carecimento de desenvolver e executar projetos, porém existe a indisponibilidade de recursos, enquanto do lado da iniciativa

privada há a procura por lucro, porém analisando os riscos do investimento. Na PPP há uma maneira do ente privado se salvaguardar contra a inadimplência do setor público através do Fundo Garantidor de Parcerias Público-Privadas – FGP, que de acordo com o art. 16 da lei em questão tem o objetivo de “prestar garantia de pagamento de obrigações pecuniárias pelos Parceiros Públicos Federais em virtude das parcerias de que trata esta lei”.

### **3.2 Legislação Ambiental**

Uma política ambiental, seja por meio de regulamentação que estabeleça padrões de emissão, de lançamento, de ocupação e uso do solo e de recursos em geral, seja por meio de mecanismos econômicos como a taxação das cargas poluidoras, deve ter como resultado mínimo uma redução da deterioração da qualidade ambiental, quando comparada com a que ocorreria caso essa política não fosse implantada (BRAGA et al., 2005).

#### **3.2.1 Constituição Federal de 1988**

A Lei Maior, a Constituição Federal de 1988, ao introduzir a temática ambiental, conferiu um carácter constitucional à proteção do meio ambiente, a referida lei trata especificamente do meio ambiente em seu capítulo de número VI, em seu artigo 225. Para Silva (2023)

A Constituição Federal de 1988 representa um marco na legislação ambiental brasileira, pois além de ter sido a responsável pela elevação do meio ambiente à categoria dos bens tutelados pelo ordenamento jurídico, sistematizou a matéria ambiental, bem como estabeleceu o direito ao meio ambiente sadio como um direito fundamental do indivíduo. Sem olvidar que de forma inovadora, instituiu a proteção do meio ambiente como princípio da ordem econômica, no art. 170.

De acordo com Silva (2004), a Constituição foi, portanto, a primeira a tratar deliberadamente da questão ambiental, trazendo mecanismos para sua proteção e controle, sendo tratada por alguns como “Constituição Verde”.

#### **3.2.2 Política Nacional de Saneamento Básico – Lei nº 11.445/ 2007**

A Lei nº 11.445/2007 estabelece diretrizes nacionais para a Política Nacional de Saneamento Básico (PNBS) e dá outras providências. Foi regulamentada pelo Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010.

A PNBS em seu art. 3º define saneamento básico como conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: a) abastecimento de água potável; b)

esgotamento sanitário; c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestrutura e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas; d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

### **3.2.3 Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei Nº 12.305/2010**

A Lei Nº 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Com aprovação desta lei o Brasil passou a ter um marco regulatório consolidado voltado para os resíduos sólidos.

A lei 12.305/10 revela a preocupação do legislador em sensibilizar a sociedade, o poder público e o setor produtivo para a necessidade de se produzir, coletar, transportar e descartar os resíduos sólidos gerados de forma adequada, auxiliando na busca pelo desenvolvimento sustentável consubstanciado pela harmonia entre o setor social, ambiental e econômico.

A PNRS traz em seu capítulo II, art. 3 as diferenças entre as definições de rejeito e resíduo, essa diferenciação tem uma importante contribuição pois agrega valor aos resíduos, assim os resíduos passam a ser “um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania”

De acordo com o art. 9 da PNRS, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Outro ponto importante da PNRS é a previsão do encerramento e recuperação dos lixões através dos planos estaduais e municipais. O art. 54 da referida lei determina os prazos para efetivação das disposições:

Art. 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada até 31 de dezembro de 2020, exceto para os Municípios que até essa data tenham elaborado plano intermunicipal de resíduos sólidos ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e que disponham de mecanismos de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira, nos termos do art. 29 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para os quais ficam definidos os seguintes prazos:

I - até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais.

II - até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha

urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;

II - até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;

IV - até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010.

O capítulo III da lei em questão dispõe sobre as responsabilidades dos geradores e do poder público, assim, define:

Art. 25. O poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento.

Art. 26. O titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos é responsável pela organização e prestação direta ou indireta desses serviços, observados o respectivo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, a Lei nº 11.445, de 2007, e as disposições desta Lei e seu regulamento.

Art. 27. As pessoas físicas ou jurídicas referidas no art. 20 são responsáveis pela implementação e operacionalização integral do plano de gerenciamento de resíduos sólidos aprovado pelo órgão competente na forma do art. 24.

Contudo, é para os municípios que a lei traz o maior número de deveres, pois são detentores de competência constitucional para realização de serviços locais, dentre eles o de limpeza urbana (PEREIRA, 2011).

#### **3.2.4 Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares)**

Aprovado pelo Decreto Federal Nº 11.043, de 13 de abril de 2022, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES) estabelece metas, diretrizes, projetos, programas e ações voltadas à consecução dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

De acordo com Planares (2022):

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) constitui-se no instrumento orientador das estratégias para a gestão e o gerenciamento de resíduos no país, e deve contemplar, em seu conteúdo mínimo, a proposição de cenários, incluindo tendências nacionais, internacionais e macroeconômicas.

O Planares é, portanto, uma estratégia de longo prazo para atender aos requisitos da PNRS. O plano apresenta um diagnóstico atual dos resíduos sólidos a nível nacional, uma

proposição de cenários e o estabelecimento de algumas metas voltadas ao atingimento dos objetivos da Lei 12.305/2010. Foram propostas 9 metas relacionadas aos RSU, sendo elas:

**META 1** Aumentar a sustentabilidade econômico-financeira do manejo de resíduos pelos municípios.

Indicador global 1.1 Percentual dos municípios que cobram pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos urbanos por instrumento de remuneração específica.

Figura 2 – Resultado esperado para o indicador global 1.1.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	10,7%	100%	100%	100%	100%	100%
Nordeste	4,1%	100%	100%	100%	100%	100%
Centro-Oeste	16,5%	100%	100%	100%	100%	100%
Sudeste	36,5%	100%	100%	100%	100%	100%
Sul	69%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>Brasil</b>	<b>29,2%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Planares (2022)

De acordo com Planares (2022), a cobrança pelos serviços de manejo de resíduos é fundamental para alcançar a sustentabilidade-econômico financeira.

Indicador global 1.2 Percentual dos municípios com equilíbrio financeiro no custeio dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Figura 3 – Resultado esperado para o indicador global 1.2.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	1,3%	2,4%	4,6%	8,6%	16%	30%
Nordeste	0,1%	0,3%	1%	3,1%	9,6%	30%
Centro-Oeste	1,5%	3,1%	6,4%	13,4%	27,7%	57,5%
Sudeste	4,3%	8%	15,1%	28,3%	53%	99,4%
Sul	10,4%	18,2%	31,8%	55,6%	97,3%	100%
<b>Brasil</b>	<b>3,8%</b>	<b>6,9%</b>	<b>12,5%</b>	<b>23,2%</b>	<b>43,4%</b>	<b>68%</b>

Fonte: Planares (2022)

Até 2040, 68% dos municípios em território nacional terão assegurado equilíbrio econômico-financeiro de, pelo menos, 75% entre a receita arrecadada e as despesas com os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (Planares, 2022).

**META 2** Aumentar a capacidade de gestão dos municípios.

Indicador global 2 - Percentual dos municípios com planos intermunicipais, microrregionais ou municipais de gestão de resíduos.

Figura 4 – Resultado esperado para o indicador global 2.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	30,9%	41,3%	55,1%	73,6%	98,3%	100%
Nordeste	17,2%	25,2%	36,9%	54%	79%	100%
Centro-Oeste	26,7%	36%	49%	67,2%	91,5%	100%
Sudeste	49,9%	62,9%	79,2%	100%	100%	100%
Sul	66%	81,1%	99,8%	100%	100%	100%
<b>Brasil</b>	<b>40%</b>	<b>51,8%</b>	<b>67,1%</b>	<b>82,4%</b>	<b>95,3%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Planares (2022)

Indicador secundário 2.1: Percentual dos municípios integrantes de consórcios públicos para a gestão de RSU.

Figura 5 – Resultado esperado para o indicador global 2.1.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	16,0%	24,2%	33,7%	47,1%	65,7%	91,8%
Nordeste	37,0%	44,8%	54,3%	65,7%	79,5%	96,3%
Centro-Oeste	49,3%	56,2%	64,2%	73,2%	83,5%	95,3%
Sudeste	44,5%	51,4%	59,3%	68,4%	79%	91,1%
Sul	39,1%	46,7%	55,8%	66,7%	79,7%	95,2%
<b>Brasil</b>	<b>39,1%</b>	<b>46,4%</b>	<b>55,3%</b>	<b>65,9%</b>	<b>78,6%</b>	<b>94,1%</b>

Fonte: Planares (2022)

META 3 - Eliminar práticas de disposição final inadequada e encerrar lixões e aterros controlados.

Indicador global 3 - Quantidade de lixões e aterros controlados que ainda recebem resíduos.

Figura 6 – Resultado esperado para o indicador global 3.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	-	0	0	0	0	0
Nordeste	-	0	0	0	0	0
Centro-Oeste	-	0	0	0	0	0
Sudeste	-	0	0	0	0	0
Sul	-	0	0	0	0	0
<b>Brasil</b>	<b>2.612</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fonte: Planares (2022)



Indicador secundário 3.1 Percentual de cobertura de coleta de RSU.

Figura 7 – Resultado esperado para o indicador global 3.1.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	83,6%	87,7%	92%	96,5%	100%	100%
Nordeste	86,1%	89,6%	93,3%	97%	100%	100%
Centro-Oeste	92,9%	95,5%	98,2%	100%	100%	100%
Sudeste	96,2%	98%	99,2%	100%	100%	100%
Sul	91,5%	93,2%	94,3%	100%	100%	100%
<b>Brasil</b>	<b>92%</b>	<b>93,9%</b>	<b>96,2%</b>	<b>98,9%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Planares (2022).

Indicador secundário 3.2 - Quantidade de municípios que dispõem inadequadamente em lixão ou aterro controlado.

Figura 8 – Resultado esperado para o indicador global 3.2.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	357	0	0	0	0	0
Nordeste	1.340	0	0	0	0	0
Centro-Oeste	305	0	0	0	0	0
Sudeste	848	0	0	0	0	0
Sul	151	0	0	0	0	0
<b>Brasil</b>	<b>3.001</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fonte: Planares (2022).

Indicador secundário 3.3 Percentual da massa total com disposição final inadequada.

Figura 9 – Resultado esperado para o indicador global 3.3.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	60,1%	0%	0%	0%	0%	0%
Nordeste	39%	0%	0%	0%	0%	0%
Centro-Oeste	42,1%	0%	0%	0%	0%	0%
Sudeste	9,4%	0%	0%	0%	0%	0%
Sul	7,5%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Brasil</b>	<b>24,4%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>

Fonte: Planares (2022).

META 4 - Reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada.

Indicador global 4 - Percentual da massa total recuperada.

Figura 10 – Resultado esperado para o indicador global 4.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	1,2%	15,3%	18%	20,7%	23,5%	26,2%
Nordeste	1,6%	11,3%	15,1%	18,9%	22,8%	26,6%
Centro-Oeste	1,9%	13,4%	18,5%	23,6%	28,8%	33,9%
Sudeste	1,9%	14,3%	26,7%	39,1%	51,5%	63,9%
Sul	4,7%	17,1%	29,5%	41,9%	54,3%	66,7%
<b>Brasil</b>	<b>2,2%</b>	<b>13,8%</b>	<b>22,4%</b>	<b>31%</b>	<b>39,6%</b>	<b>48,1%</b>

Fonte: Planares (2022).

META 5 - Promover a inclusão social e emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.

Indicador global 5 - Percentual dos municípios com presença de catadores com contrato formalizado de prestação de serviços de manejo de materiais recicláveis por cooperativas e associações de catadores.

Figura 11 – Resultado esperado para o indicador global 5.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	3%	21,4%	39,8%	58,2%	76,6%	95%
Nordeste	2,4%	20,9%	39,4%	58%	76,5%	95%
Centro-Oeste	9,9%	26,9%	43,9%	60,9%	78%	95%
Sudeste	11,7%	28,4%	45%	61,7%	78,3%	95%
Sul	4,4%	22,6%	40,7%	58,8%	76,9%	95%
<b>Brasil</b>	<b>7,9%</b>	<b>24,5%</b>	<b>42,1%</b>	<b>59,7%</b>	<b>77,4%</b>	<b>95%</b>

Fonte: Planares (2022).

META 6 - Aumentar a recuperação da fração seca dos RSU.

Indicador global 6 - Percentual de recuperação de materiais recicláveis.

Figura 12 – Resultado esperado para o indicador global 6.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	1,2%	3,2%	5,2%	7,2%	9,2%	11,2%
Nordeste	1,6%	3,6%	5,6%	7,6%	9,6%	11,5%
Centro-Oeste	1,9%	4,5%	7%	9,6%	12,1%	14,7%
Sudeste	1,9%	6,6%	11,4%	16,2%	21%	25,8%
Sul	4,7%	9,5%	14,3%	19,1%	23,9%	28,7%
<b>Brasil</b>	<b>2,2%</b>	<b>5,7%</b>	<b>9,2%</b>	<b>12,8%</b>	<b>16,4%</b>	<b>20%</b>

Fonte: Planares (2022).

Indicador secundário 6.1 - Percentual da população total com acesso à sistemas de coleta seletiva de resíduos secos.

Figura 13 – Resultado esperado para o indicador global 6.1.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	11,8%	18,4%	25,1%	31,7%	38,4%	45%
Nordeste	6,6%	14,3%	22%	29,6%	37,3%	45%
Centro-Oeste	40,2%	43,2%	46,1%	49,1%	52%	55%
Sudeste	42,3%	51,8%	61,4%	70,9%	80,5%	90%
Sul	74%	79,2%	84,4%	89,6%	94,8%	100%
<b>Brasil</b>	<b>37,8%</b>	<b>41,9%</b>	<b>49,6%</b>	<b>57,2%</b>	<b>64,9%</b>	<b>72,6%</b>

Fonte: Planares (2022).

Indicador secundário 6.2 - Percentual de embalagens em geral recuperadas pelo sistema de logística reversa.

Figura 14 – Resultado esperado para o indicador global 6.2.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	-	3%	4%	4%	5%	5%
Nordeste	-	5%	5%	6%	7%	7%
Centro-Oeste	-	5%	5%	6%	7%	8%
Sudeste	-	12%	14%	16%	18%	20%
Sul	-	6%	7%	8%	9%	10%
<b>Brasil</b>	<b>SI*</b>	<b>30%</b>	<b>35%</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>50%</b>

Fonte: Planares (2022).

META 7 - Aumentar a reciclagem da fração orgânica dos RSU.

Indicador global 7 - Percentual da massa total destinada para tratamento biológico.

Figura 15 – Resultado esperado para o indicador global 7.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	-	1,5%	3,0%	4,5%	6,0%	7,5%
Nordeste	-	1,5%	3,0%	4,5%	6,0%	7,5%
Centro-Oeste	-	1,9%	3,9%	5,8%	7,7%	9,6%
Sudeste	-	3,6%	7,2%	10,8%	14,4%	18,1%
Sul	-	3,6%	7,2%	10,8%	14,4%	18,1%
<b>Brasil</b>	<b>SI*</b>	<b>2,7%</b>	<b>5,4%</b>	<b>8,1%</b>	<b>10,8%</b>	<b>13,5%</b>

Fonte: Planares (2022).

Indicador secundário 7.1 - Percentual dos municípios com iniciativas de valorização de resíduos orgânicos.

Figura 16 – Resultado esperado para o indicador global 7.1.

REGIÃO/ANO	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Norte	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Nordeste	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Centro-Oeste	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Sudeste	0%	25%	50%	75%	100%	100%
Sul	0%	25%	50%	75%	100%	100%
<b>Brasil</b>	<b>0%</b>	<b>20%</b>	<b>40%</b>	<b>60%</b>	<b>80%</b>	<b>100%</b>

Fonte: Planares (2022).

META 8 - Aumentar a recuperação e aproveitamento energético de biogás de RSU.

Indicador global 8 - Percentual do biogás gerado pela fração orgânica do RSU aproveitado energeticamente.

Figura 17 – Resultado esperado para o indicador global 8.

	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Brasil	SI	16,8%	23,9%	26,4%	49,5%	63,4%

Fonte: Planares (2022).

Indicador secundário - 8.1 Potência instalada (em MW) a partir de biogás de aterro sanitário.

Figura 18 – Resultado esperado para o indicador global 8.1.

	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Brasil	87	99	158	209	252	257

Fonte: Planares (2022).

Indicador Secundário 8.2 - Potência instalada (em MW) em unidades de digestão anaeróbia de resíduos orgânicos.

Figura 19 – Resultado esperado para o indicador global 8.2.

	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Brasil	0	12	24	38	53	69

Fonte: Planares (2022).

META 9 - Aumentar a recuperação e aproveitamento energético por meio de tratamento térmico de RSU.

Indicador global 9 - Potência instalada (em MW) em unidades de tratamento térmico de RSU.

Figura 20 – Resultado esperado para o indicador global 9.

	2020	2024	2028	2032	2036	2040
Brasil	0	311	462	626	804	994

Fonte: Planares (2022).

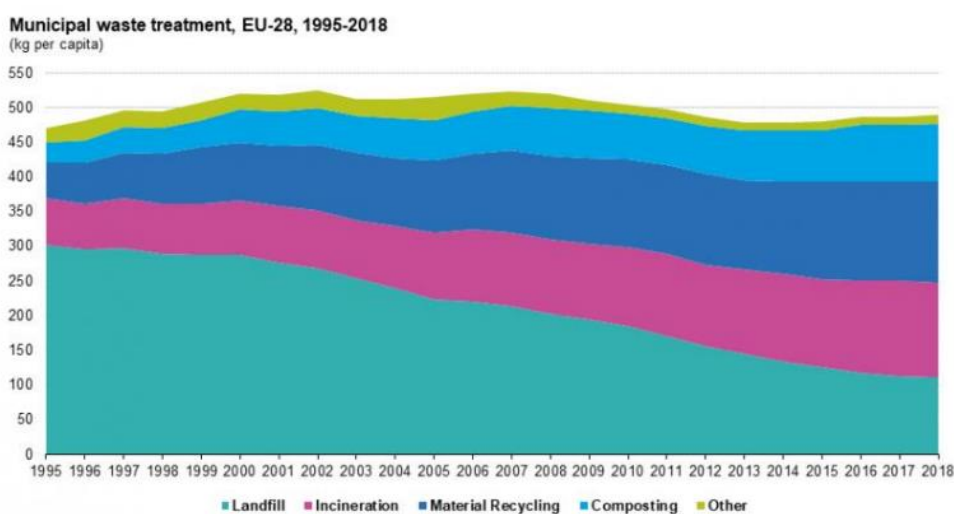
### 3.3 Ecoparques

Unidades de Tratamento Mecânico Biológicos (UTMB), ou simplesmente Ecoparques, tem como objetivo principal separar RSU misto. Em relação ao número de instalações e quantidade de material recuperado, o continente europeu se destaca, de acordo com Projeto GEF Biogás Brasil (2021, p. 48)

Depois da Diretiva 31/1999 da Comunidade Europeia, que trouxe metas progressivas de redução de material biodegradável em aterros sanitários, iniciou-se um progressivo avanço deste tipo de instalação, destinado prioritariamente à recuperação e estabilização de materiais provenientes de coleta de resíduos domiciliares não segregados na origem.

Com a instalação e implementação de Ecoparques, o continente europeu conseguiu reduzir consideravelmente o volume de resíduos aterrados, passando de 300 kg per capita, em 1995 para cerca de 150 kg per capita em 2018, conforme gráfico 4.

Gráfico 4 – Resumo do tipo de tratamento nos 28 países da Comunidade Europeia.

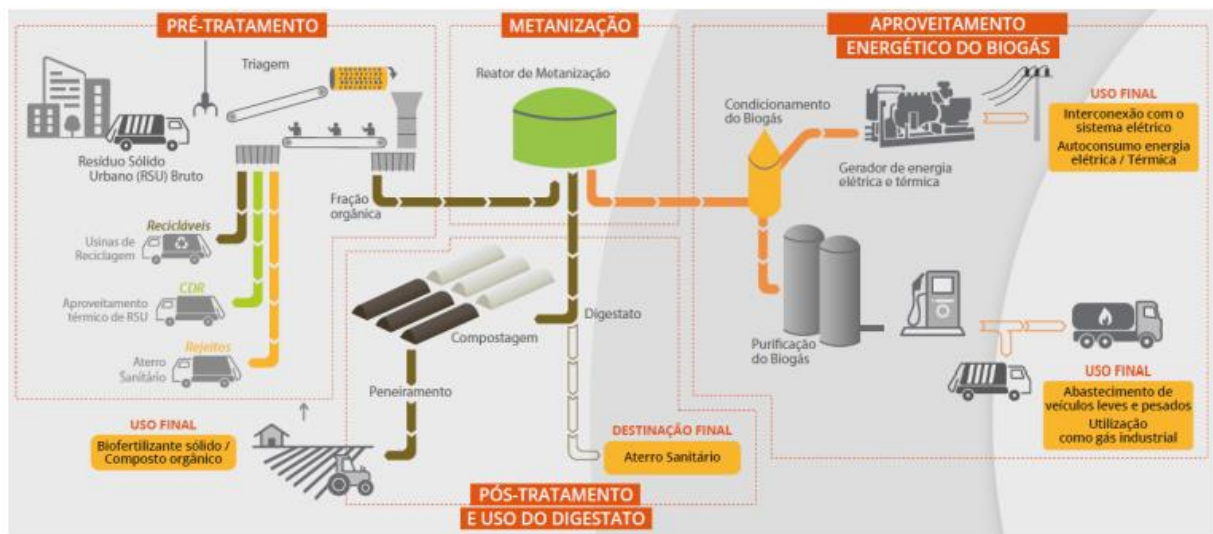


Fonte: Eurostat.

O Ecoparque surge no topo na hierarquia de gestão de resíduos, pois conta com a recuperação de resíduos recicláveis e orgânicos, diminuindo a quantidade de rejeitos dispostos em aterros sanitários, vale ressaltar, porém, que essas unidades ainda geram rejeitos, em torno de 30 a 55% do volume de entrada dependendo da configuração de cada planta.

Uma UTMB (Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico) é constituída basicamente das seguintes etapas: pré-tratamento; metanização; pós-tratamento e uso do digestado e por fim, aproveitamento energético do biogás. Segue imagem com um resumo das etapas de um UTMB, conforme figura 21.

Figura 21 - Resumo de uma Unidade de Tratamento Mecânico Biológico.

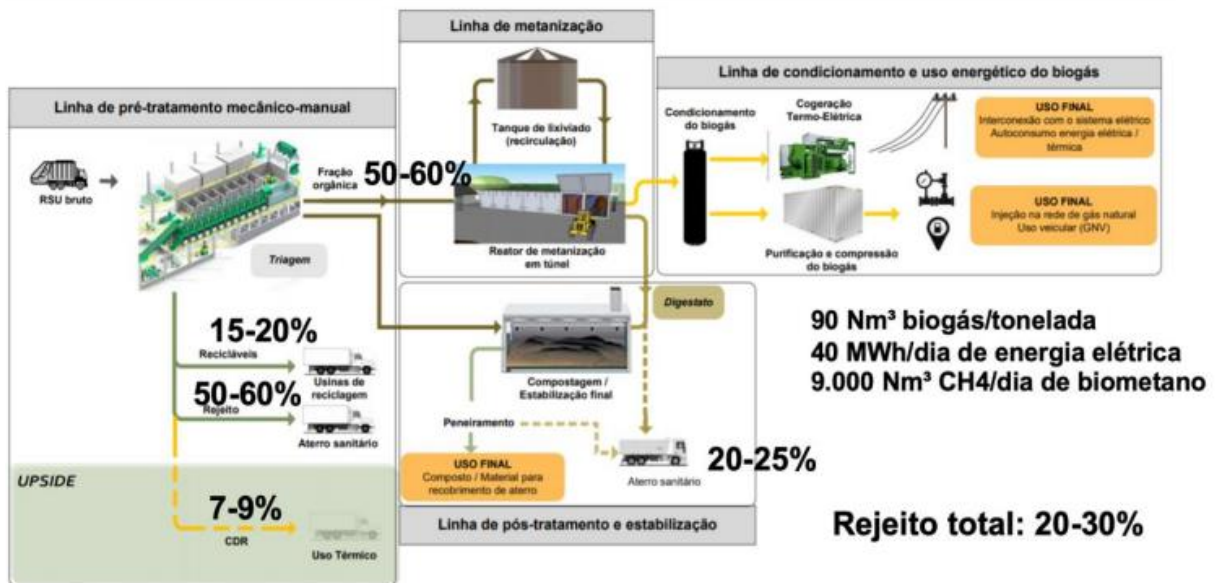


Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

Após a recepção dos resíduos, é realizada a triagem, os recicláveis em geral são prensados e vendidos, os CDR são encaminhados para aproveitamento térmico (vale destacar que a comercialização dos CDR, de uma forma geral, está submetida a acordos comerciais com cimenteiras e outros setores industriais) e os rejeitos são destinados para aterro sanitário. Já a fração orgânica pode passar por dois processos: compostagem (via aeróbia) ou metanização (via anaeróbia), pela via anaeróbia, gera-se, além do digestado, o biogás, que é usado para geração de energia elétrica e térmica ou como biocombustível.

Vale destacar que não existe um modelo único de esquema das instalações de um ecoparque. Cada instalação vai ser projetada de acordo com suas particularidades e necessidades. Segue abaixo um modelo de arranjo tecnológico projetado para a construção de um ecoparque na zona sul da cidade de São Paulo, conforme figura 22.

Figura 22 - Arranjo tecnológico do cenário definido para a construção de um Ecoparque na zona sul da cidade de São Paulo.



Fonte: Estudo de viabilidade para a construção de um Ecoparque na zona sul da cidade de São Paulo, 2020.

No projeto do Ecoparque de São Paulo, há a previsão de instalação de 4 linhas: linha de pré-tratamento mecânico-manual, onde há a triagem do RSU bruto, sendo separado na fração orgânica, recicláveis e o rejeito, linha de metanização, linha de pós-tratamento e estabilização e uma linha de condicionamento e uso energético do biogás.

### 3.3.1 Aspectos técnicos e operacionais

Primeiramente deve-se definir qual será o substrato, ou seja, qual é o tipo de resíduo e qual a sua origem. Normalmente o substrato a ser tratado são os RSU oriundos da coleta convencional.

#### 3.3.1.1 Escala

A escala corresponde a quantidade de resíduos que a instalação consegue processar por unidade de tempo e possui um papel importante no desempenho da operação. A escala está relacionada com o tratamento mecânico, no qual os fornecedores sugerem linhas que trabalhem entre 30 e 35t/h. Ademais, há a recomendação que plantas possuam duas ou mais linhas de produção a fim de garantir a continuidade da operação caso haja a paralisação de uma delas linhas, além de flexibilizar e otimizar o sistema.

É sugerido que o município possua pelo menos duas instalações descentralizadas, assim, caso ocorra a paralisação total de uma das unidades, os resíduos serão direcionados para a outra unidade em operação, evitando a disposição de resíduos em aterros sanitários ou incineradores.

### *3.3.1.2 Local de instalação*

Recomenda-se a instalação das UTMB em áreas de transbordo, pois já existe o fluxo de resíduos, além disso, são áreas que geralmente são de propriedade do poder público.

Na concepção das UTBM há intenção de reduzir os custos com o transporte, assim, construir a instalação dentro do próprio terreno do aterro sanitário facilita o transporte dos resíduos.

### *3.3.1.3 Processo de tratamento mecânico*

Também chamado de pré-tratamento, o tratamento mecânico é onde ocorre a segregação dos resíduos, nesta etapa é importante conhecer a composição gravimétrica e a granulométrica do resíduo.

A linha de tratamento mecânico é dividida em subsistemas que variam de acordo com a planta projetada, no entanto, há 3 subsistemas que são comuns entre a maioria, a saber:

#### *3.3.1.3.1 Recepção*

A balança de pesagem é o primeiro equipamento de uma UTMB, recomenda-se que a unidade possua pelo menos duas balanças, uma para entrada e outra para saída dos caminhões, as balanças podem ser instaladas sobre o piso, semi-embutidas ou embutidas, a depender das particularidades do local. A imagem abaixo mostra uma balança de pesagem, conforme figura 23.



Figura 23 - Balança de pesagem dos caminhões.



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

Após realizar a pesagem, os caminhões são direcionados para a área de recepção para bascular os resíduos, o que pode ocorrer em um pátio ou em um fosso. Sugere-se que área de recepção suporte o equivalente a 3 dias de recebimento dos resíduos. A seguir imagens da área de recepção, conforme figura 24.

Figura 24 – Área de recepção em fosso (esquerda) e em pátio (direita).



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

Segue, ainda, imagem da área de recepção do Ecoparque Pernambuco, conforme figura 25.

Figura 25 – Recepção dos materiais da coleta no Ecoparque Pernambuco.



Fonte: Fotografada pela autora, 2023.

### 3.3.1.3.2 Primeira etapa de segregação.

Esta etapa é dividida em subsistemas, a saber:

a) Alimentação primária

Esta etapa vai depender do tipo de recepção da planta, quando a recepção é realizada em pátios, a alimentação primária pode ser feita através de alimentador primário enterrado ou alimentador primário suspenso, conforme imagem 26.

Figura 26 – Alimentador primário enterrado (esquerda) e suspenso (direita).



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

Segue, ainda, figura no alimentador primário do ecoparque de Iguarassu, conforme figura 27.

Figura 27 – Alimentador primário do Ecoparque de Pernambuco.



Fonte: Fotografada pela autora, 2023.

b) Triagem de grandes volumes

Após a etapa de alimentação primária, os resíduos passam pela cabine de triagem de volumosos, que tem objetivo de segregar materiais volumosos que possam causar algum dano à linha de operação. Essas cabines são suspensas de modo que o material segregado seja direcionado à uma área de recepção e posteriormente enviados para cooperativas de catadores. Segue imagem com a alimentação de resíduos na cabine de triagem, conforme figura 28.

Figura 28 – Cabine de triagem de materiais de grandes volumes.



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.



Figura 29 – Cabine de triagem do ecoparque de Pernambuco.



Fonte: Fotografada pela autora, 2023.

### c) Fragmentação do material

Também chamada de cominuição do material, nesta etapa ocorre a fragmentação dos resíduos através de um pré-triturador (PreShredder) ou de um rasga sacos (Bags Opener). O pré-triturador requer alta demanda energética e um longo tempo de manutenção e por essa razão, não está presente nas plantas atuais. Assim, sugere-se o uso dos bags opener na etapa de fragmentação dos resíduos. Segue imagem dos sistemas de cominuição de resíduos, confirme figura 30.

Figura 30 – Pré-triturador (esquerda) e rasga sacos (direita).



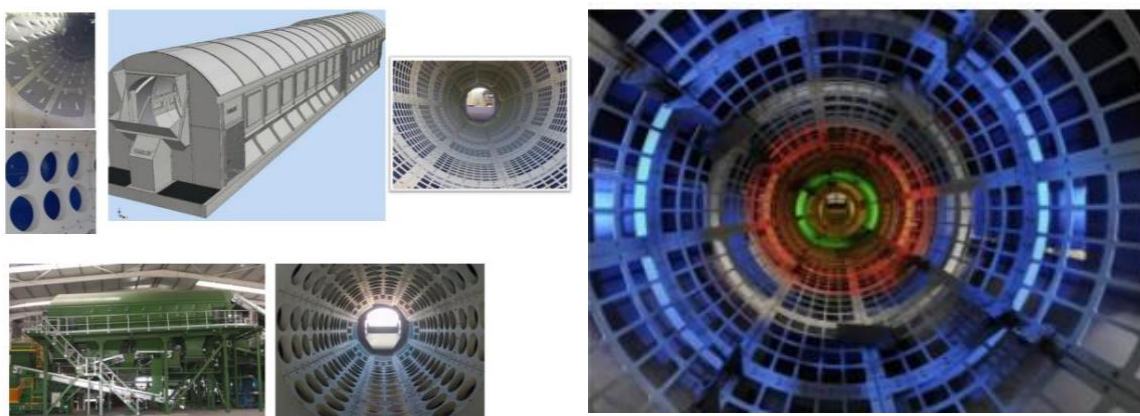
Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

#### d) Classificação granulométrica

Também chamada de separação granulométrica, esta etapa ocorre através de peneiras rotativas (Trommel) ou peneira de discos (Disc Screen). O objetivo principal desta etapa é segregar os resíduos em faixas granulométricas.

O trommel possui malhas de peneiras, a primeira delas é destinada à separação dos finos com malhas entre 60 e 80mm, as malhas intermediárias segregam os resíduos recicláveis com malhas entre 120 e 300mm. Por fim, resta o material chamado de “passante”, com alturas superiores a 300mm, no qual é realizado a triagem manual. Segue imagem do equipamento trommel, conforme figura 31.

Figura 31 – Vistas de um trommel.



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

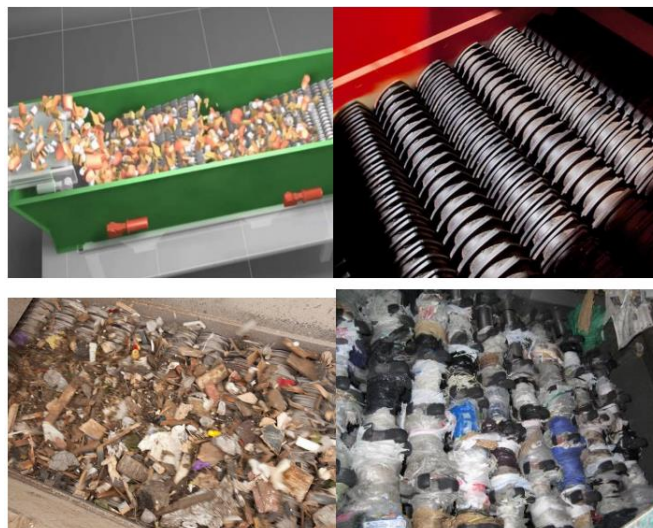
Figura 32 – Peneira do ecoparque de Pernambuco.



Fonte: Fotografada pela autora, 2023.

A peneira de disco consiste em um equipamento que segrega os resíduos através de abertura nos discos que ficam em constante movimento. O material passante da peneira de disco são os mais volumosos, enquanto o material que passa pelas aberturas são os finos. Segue imagem da peneira rotativa, conforme figura 33.

Figura 33 – Vistas de uma peneira de disco.



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

A peneira de disco possui como principal vantagem a utilização de toda área de peneiramento, porém, em razão de sua estrutura apresenta uma grande dificuldade de limpeza. Logo, segure-se o uso dos trommel na etapa de pré-tratamento dos RSU.

Realizadas as etapas de segregação dos resíduos, eles são divididos em 3 linhas: linha dos finos; linha intermediária e linha de transbordo.

#### 3.3.1.3.3 Linha dos finos

Também chamada de linha dos orgânicos, corresponde a cerca de 40 a 50% dos resíduos que alimentam o sistema. Quanto menor o tamanho da malha, maior a pureza da fração segregada, porém uma maior quantidade de resíduos orgânicos será destinada a linha intermediária.

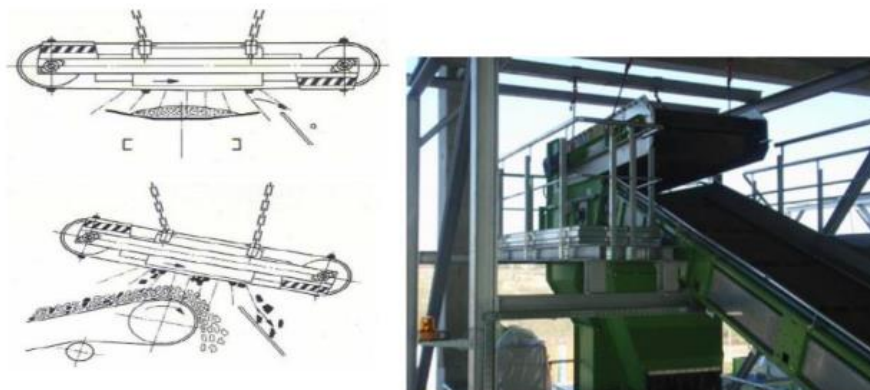
Junto à fração orgânica segregada, há uma série de impróprios que precisam ser retiradas para então ser destinadas à etapa de estabilização biológica, a remoção pode ser feita através de:

a) Separador magnético

Nesta etapa ocorre a remoção de materiais ferrosos que são atraídos por um eletroímã para uma esteira de rodagem e em seguida direcionados para uma baía. Segue imagem de um separador magnético, conforme figura 34.



Figura 34 – Vista de um separador magnético.



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

b) Separador indutivo

Neste equipamento ocorre a separação de metais não-ferrosos, também chamado de Separadores de Corrente Eddy ou Foucault devido a existência de fortes correntes “Foucault” que são direcionadas aos resíduos que induzem a existência de campo magnético oposto ao campo externo fazendo com que os resíduos sejam jogados para fora. Segue imagem de um separador indutivo, conforme figura 35.

Figura 35 – Separador indutivo.



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

c) Peneira vibratória

Também chamada de peneira do tipo Flip-flop, este equipamento consiste em uma esteira que é projetada de forma inclinada onde ocorre a segregação dos resíduos mais volumosos (maior que 40mm) através da movimentação (oscilatória e vibratória) de peneiras sobrepostas. Segue imagem da peneira vibratória, conforme figura 36.

Figura 36 – Peneira vibratória.

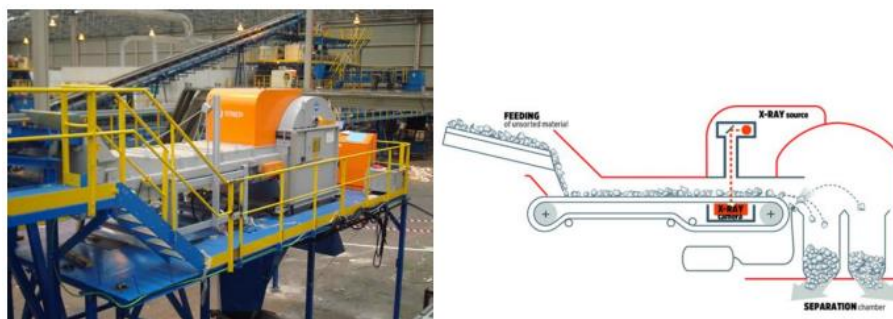


Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

#### d) Separador Raio-X

O vidro é um dos impróprios presentes na fração orgânica pois é fragmentado nas etapas anteriores, para remoção desses resíduos pode ser utilizado o separador raio-x, que possui sensores que detectam a presença de partículas de baixa granulometria e identificam os materiais inertes. Segue imagem do separador magnético e o princípio de funcionamento, conforme figura 37.

Figura 37 – Vista geral do equipamento (à esquerda) e princípio de funcionamento (à direita).



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

A etapa de estabilização biológica determina o nível de pureza da fração orgânica a ser obtido na linha dos finos, quanto mais pura maior o requerimento de etapas para remoção de impróprios e, portanto, maior o custo de implantação e manutenção.

Os sistemas de remoção de impróprios mais convencionais são o separador magnético e a peneira vibratória, ao utilizar esses sistemas a remoção final dos impróprios se dá ao final da etapa de estabilização biológica.

Segue imagem da fração passante das peneiras do ecoparque de Igarassu, conforme figura 38.



Figura 38 – Fração dos finos do ecoparque Pernambuco.



Fonte: Fotografada pela autora, 2023.

#### 3.3.1.3.4 Linha intermediária

Na linha intermediária está presente boa parte dos recicláveis e corresponde a cerca de 30 a 40% da entrada dos resíduos. Para segregação dos resíduos desta linha é utilizado separadores balísticos, que separam os resíduos em 3 frações distintas: fração dos finos, fração dos rolantes (3D) e fração dos planares (2D).

O separador balístico possui pás inclinadas de movimentos oscilatórios, há uma malha de peneiramento na qual os resíduos são segregados os resíduos finos, enquanto a fração 3D, também chamada de rolantes sai na parte inferior do equipamento e a fração 2D, também chamada de planares sai na parte superior do equipamento.

A fração dos finos, após passar pela malha de peneiramento é direcionada para uma esteira do separador balístico para então ser encaminhadas para as esteiras iniciais dos finos. Essa fração é composta basicamente de matéria orgânica e resíduos de pequeno porte, como tampas de garrafas e cascos de vidro.

A fração 3D é composta de materiais de alto valor agregado como latas, garrafas, embalagens de suco, flui no sentido contrário da inclinação das pás, é encaminhada para

esteiras dos rolantes para então ser enviada as cooperativas de catadores ou são prensadas e comercializadas.

A linha 2D possui uma cabine de triagem dos materiais de interesse, como papel e papelão e possui um separador óptico que segrega os resíduos conforme sua composição. A fração restante pode ser encaminhada para geração de CDR, pois possui baixo valor de mercado e possui alto poder calorífico, como madeira e tecido.

Segue imagem do separador óptico do ecoparque de Pernambuco, conforme figura 39.

Figura 39 – Separador óptico do Ecoparque Pernambuco.



Fonte: Fotografada pela autora, 2023.

O separador óptico tem a capacidade de identificar os plásticos por tipo com o intuito de recuperar cada tipo de plástico separadamente. Segue imagem dos tipos de resíduos que são separados no ecoparque de Igarassu, conforme figura 40.

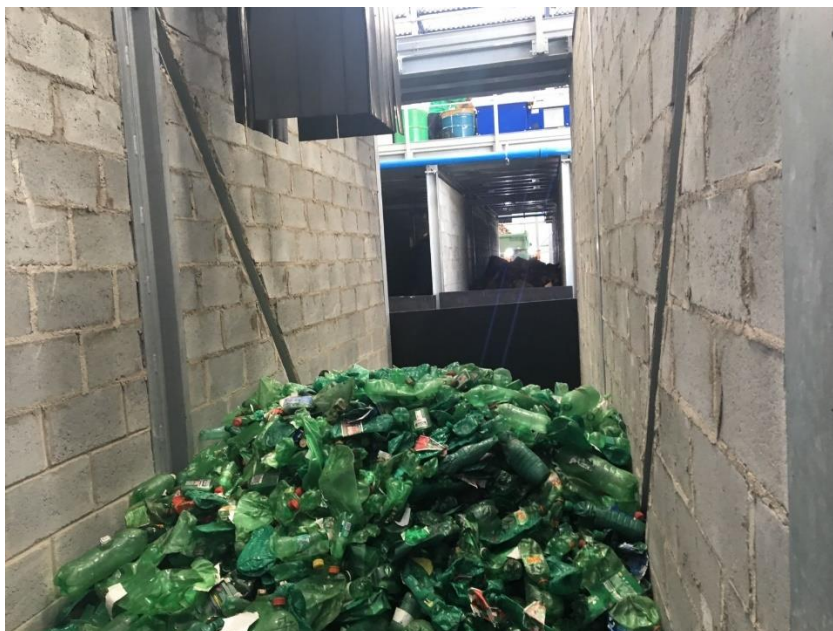
Figura 40 – Tipos de resíduos separados no Ecoparque de Pernambuco.



Fonte: Fotografada pela autora, 2023.

Segue abaixo figura da cabine de recepção dos PET (polietileno tereftalato) verde após passarem pelo separador óptico do ecoparque de Pernambuco conforme figura 41.

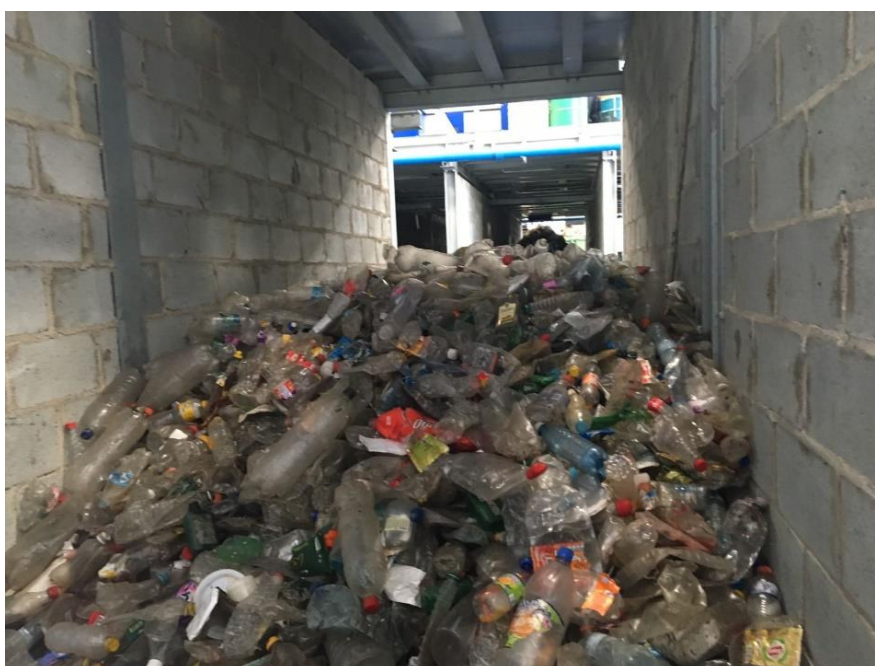
Figura 41 – Cabine de recepção do plástico tipo PET verde no Ecoparque Pernambuco.



Fonte: Fotografada pela autora, 2023.

Segue abaixo figura da cabine de recepção dos PET cristal após passarem pelo separador óptico do ecoparque de Igarassu, conforme figura 42.

Figura 42 – Cabine de recepção do plástico tipo PET cristal no ecoparque Pernambuco.



Fonte: Fotografada pela autora, 2023.



Segue, ainda, figura da cabine de recepção dos PP (Polipropileno) após passarem pelo separador óptico do ecoparque de Pernambuco, conforme figura 43.

Figura 43 – Cabine de recepção do plástico tipo PP no Ecoparque Pernambuco.



Fonte: Fotografada pela autora, 2023.

Após segregados, os resíduos são prensados e enviados aos destinos, que depende da configuração de cada planta, no caso dos recicláveis, podem ser comercializados ou enviados para cooperativas de catadores. Segue imagem dos resíduos sendo prensados no ecoparque de Igarassu, conforme figura 44.

Figura 44 – Resíduos sendo prensados no Ecoparque Pernambuco.



Fotografada pela autora, 2023.

No caso específico do Ecoparque Pernambuco, os resíduos recicláveis são prensados e enviados as cooperativas de catadores. Segue imagem dos plásticos prensados, conforme figura 45.

Figura 45 – Resíduos plásticos prensados no Ecoparque Pernambuco.



Fotografada pela autora, 2023.

Segue, ainda, figura dos papelões prensados no ecoparque Pernambuco, conforme figura 46.

Figura 46 – Papelões prensados no Ecoparque Pernambuco.

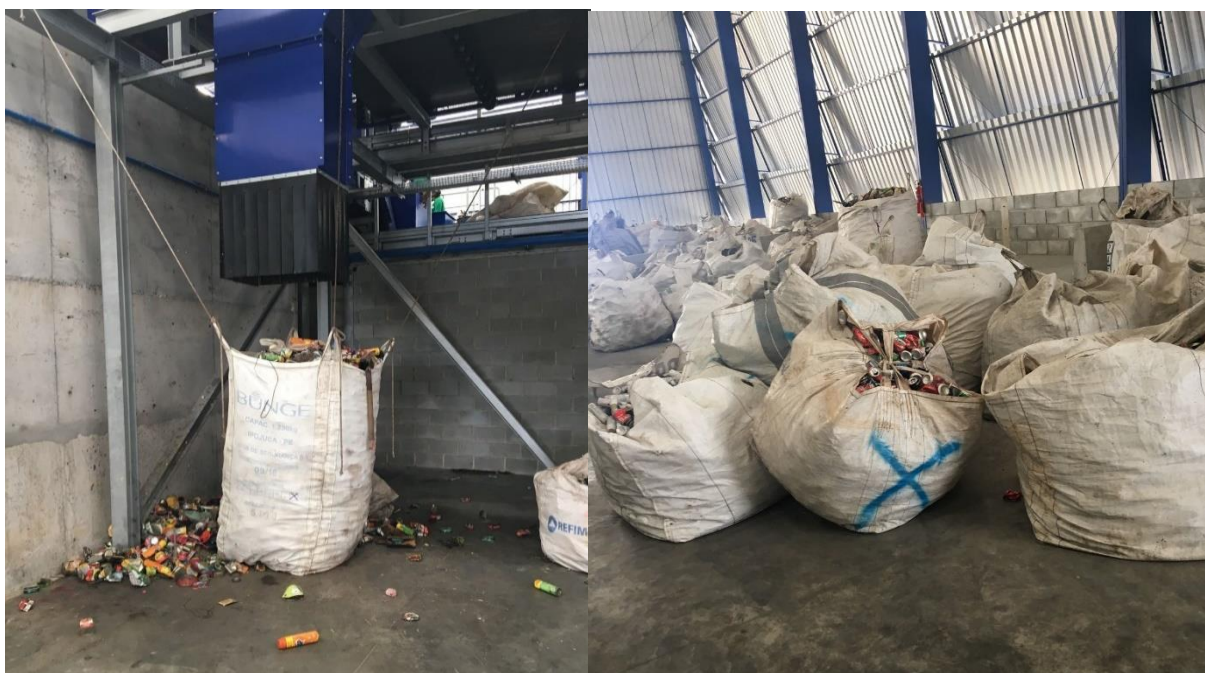


Fotografada pela autora, 2023.



Após segregados, os resíduos metálicos são direcionados através de cabines que alimentam os sacos de big bags para posteriormente ser enviados ao destino final. Segue figura dos resíduos metálicos do ecoparque Pernambuco, conforme figura 47.

Figura 47 – Resíduos metálicos saindo da cabine (à esquerda) e ensacados (à direita).



Fotografada pela autora, 2023.

Os materiais com alto poder calorífico separados dos rejeitos, os CDR, são depositados no pátio para posterior envio ao destino final. Segue imagem dos CDR sendo depositados no pátio do ecoparque Pernambuco, conforme figura 48.

Figura 48 – CDR sendo depositados no Ecoparque Pernambuco.



Fotografada pela autora, 2023.

O digestato produzido deve ser encaminhado para disposição final em aterro sanitário devido a contaminação com materiais estranhos ou encaminhados para aterro sanitário diretamente onde vai gerar biogás e poderá ser aproveitado. Segue imagem do aterro do Ecoparque Pernambuco, conforme figura 49.

Figura 49 – Aterro sanitário do Ecoparque Pernambuco.



Fotografada pela autora, 2023.

#### *3.3.1.4 Sistemas de estabilização biológica*

O processo de estabilização biológica pode ocorrer por via aeróbica ou anaeróbica. Em geral, os sistemas aeróbicos possuem baixo custo de implantação, porém, demandam bastante energia, aumentando os custos da operação. Os sistemas anaeróbicos são mais recomendados pois possibilitam a geração de biometano, a redução de GEE, possuem um balanço energético positivo e por serem herméticos, apresentam menor emissão de odor.

A metanização da matéria orgânica dos resíduos recuperada (MOR) pode ocorrer por três sistemas: úmido, seco e extra-seco. No sistema úmido a MOR é hidratada e triturada para então seguir para o reator, esse sistema possui alta demanda energética pois exige um robusto processo de pré-tratamento para remoção de impróprios, além da implantação dos

sistemas de hidratação e trituração. A vantagem desse sistema é a produção de biofertilizante líquido que pode ser comercializado.

No sistema seco não há a hidratação da MOR, é misturado digestato aos resíduos e em seguida são direcionados aos reatores (em sistema contínuo) através de bombas do tipo pistão. As vantagens do sistema seco é que não requer um sistema complexo de pré-tratamento, não possui alta demanda energética, além de gerar menos digestado. Por outro lado, as desvantagens é a grande presença de impróprios na MOR que pode causar problemas operacionais no reator, a geração do digestado na forma pastosa, sendo necessário a implantação de sistemas de separação líquido-sólido. Assim, as plantas que possuem o sistema seco optam por realizar o tratamento apenas de resíduos separados na fonte.

Por fim, tem-se os sistemas extra-secos, que funcionam em sistemas de batelada sequencial, após o processo de pré-tratamento, a MOR é introduzida em câmaras herméticas onde ficam por cerca de 30 dias. Esse sistema possui várias vantagens, a destacar: não exige um sistema complexo de pré-tratamento, portanto, possui baixa demanda de energia e simplicidade operacional, além de ter uma baixa geração de biofertilizante líquido e comparado à outras tecnologias, possui menor custo operacional. A desvantagem é a menor geração de biogás e requer uma maior área operacional.

Segue imagem com comparação entre as 3 tecnologias para metanização da MOR, conforme figura 50.

Figura 50 – Comparação dos processos biológicos de estabilização anaeróbia pelas vias úmida, seca e extra-seca (-- desfavorável; - levemente desfavorável; o indiferente; + levemente favorável; ++ altamente favorável).

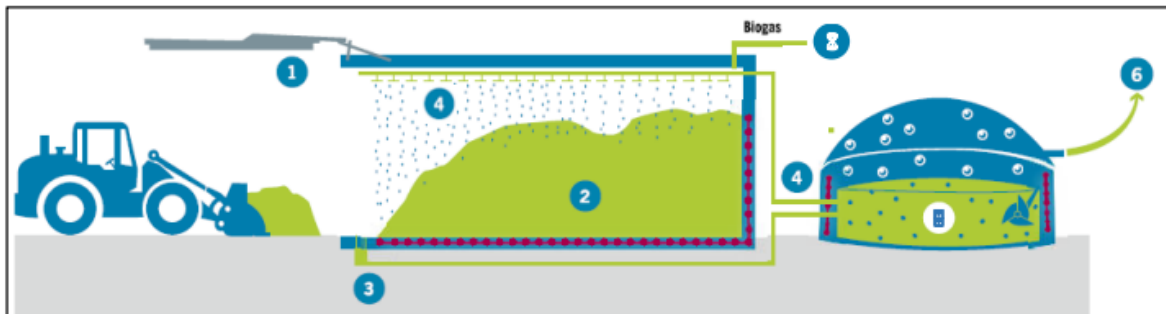
<b>Critério</b>	<b>Via úmida</b>	<b>Via seca</b>	<b>Via extra-seca</b>
Complexidade dos equipamentos	--	o	+
•Pré-tratamento	-	o	++
•Desaguamento			
Instabilidade dos reatores	o	o	+
Disponibilidade da planta	o	o	+
Desgaste / manutenção	o	o	+
Sedimentação / Acúmulo Impróprios	o	-	++
Demanda de área	o	+	-
Água excedente	-	o	++
Produtividade de metano	o	o	-
Facilidade de operação	-	o	+
Custos de Investimento	-	o	+
Custos de operação	-	o	+
*Depende das receitas de venda de energia		o	+

Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

Por possuir maiores vantagens, recomenda-se a implantação do sistema extra-seco para metanização da MOR. Abaixo segue figuras que demonstram o sistema extra-seco, conforme figura 51, figura 52 e figura 53.

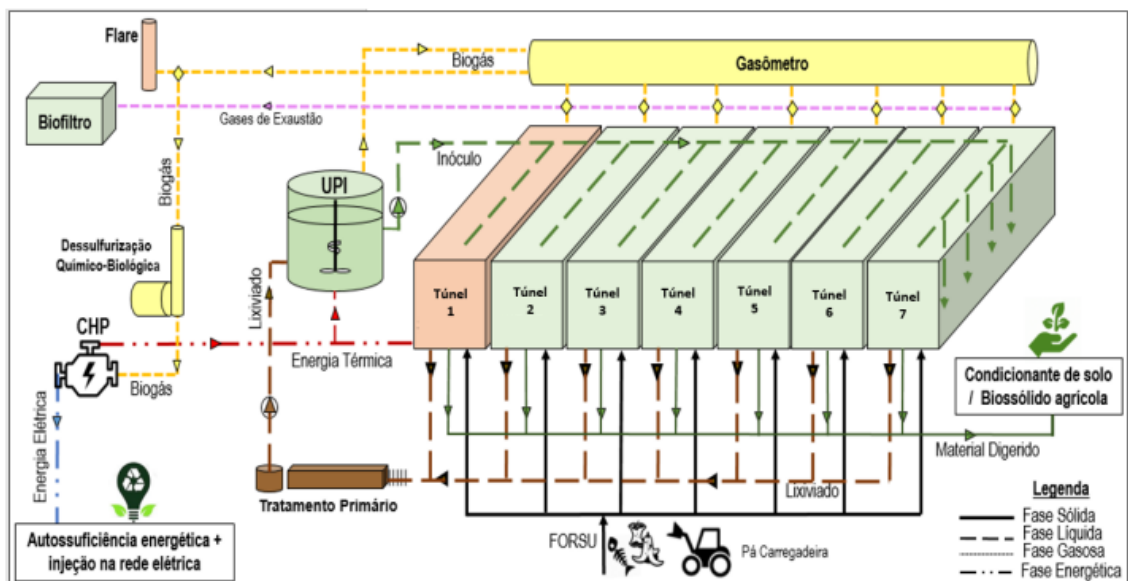


Figura 51 – Configuração básica de um sistema de metanização extra-seco, em túneis. (1) porta hermética; 2) substrato (resíduo orgânico); 3) drenagem do líquido lixiviado; 4) sistema de recirculação de lixiviado/aspersão de inóculo; 5) reator anaeróbico de mistura completa (CSTR) para estabilização do lixiviado e produção de inóculo (UPI); 6) aproveitamento energético do biogás;



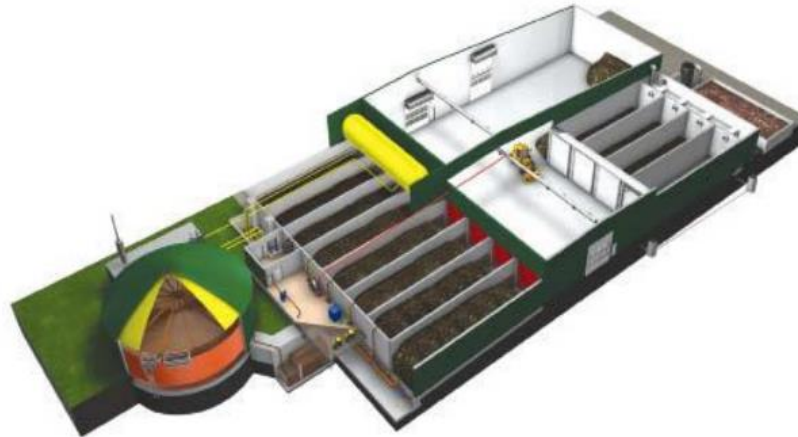
Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

Figura 52 – Fluxograma resumido de uma unidade de metanização extra-seca.



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

Figura 53 – Visão geral da instalação.



Fonte: Consulta Pública Projeto Biogás Brasil / Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2021.

No sistema extra-seco a alimentação e retirada dos resíduos ocorre por meio de pá carregadeira, há a presença de um sistema de recirculação de líquido/aspersão de inóculo. Ao fim do processo de metanização, os resíduos são retirados das câmaras e direcionados para a maturação. Durante o processo há a geração do biogás que varia conforme o tempo de batelada. É imprescindível o controle das condições internas do reator a fim de garantir a estabilidade e eficiência dos processos.

## 4 METODOLOGIA

Em relação aos objetivos se enquadra como pesquisa exploratória pois busca aproximação com o tema.

Esta pesquisa se enquadra como bibliográfica pois foi produzida a partir de material já publicado, visita de campo e aplicação de questionário. O levantamento bibliográfico foi realizado através de livros, artigos, teses, periódicos, dentre outros arquivos disponíveis na internet.

A pesquisa se configurou na seguinte ordem: escolha de um tema abrangente, levantamento bibliográfico preliminar, elaboração do tema e dos objetivos, levantamento bibliográfico (com fontes mais relacionadas ao tema do trabalho), leitura minuciosa das fontes, estruturação lógica do trabalho, redação do artigo e revisão.

Foi utilizado um questionário (apêndice A) para coleta de informações referente ao aterro sanitário localizado no Estado do Ceará a fim de conhecer as iniciativas de triagem, reutilização, recuperação e/ ou tratamento dos resíduos, além da comercialização dos produtos. O questionário possui questões abertas permitindo ao entrevistado discorrer livremente nas respostas, o preenchimento do questionário foi realizado por meio digital e os dados analisados pelo pesquisador.

Os Ecoparques são uma realidade no gerenciamento de resíduos dos países desenvolvidos, sobretudo na Europa, e estão no topo da hierarquia de destinação de resíduos. No entanto, há poucas unidades que podem ser consideradas ecoparques no Brasil e não há um consenso sobre a definição do mesmo, a elaboração da norma técnica para implementação dos ecoparques ainda está em execução pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Considerações gerais

Analisando os dados apresentados neste trabalho, nota-se que no ano de 2022, o Brasil atingiu a marca de 81,8 milhões de toneladas de RSU gerados. Do total de resíduos gerados, 76,1 milhões de toneladas foram coletados. Cerca de 46,4 milhões de toneladas foram destinadas para os aterros sanitários e o restante dos RSU coletados foram dispostos em locais inadequados, como lixões e aterros controlados. Estes dados exemplificam que o Brasil ainda tem muito a avançar na gestão de resíduos sólidos, desde a questão da geração (haja vista que quase 82 milhões de toneladas de RSU é uma quantidade expressiva de resíduos, considerando que a geração per capita de resíduos no Brasil é de 1,07 kg/hab), até a extinção das disposições inadequadas, que inclusive é uma das metas estabelecidas no Planares, na qual o Brasil prevê, até 2024, atingir a quantidade de zero lixões e aterros controlados que ainda recebem resíduos, conforme a figura 6.

Analisando os dados da tabela 1, observa-se que o Brasil apresenta uma baixa taxa de recuperação de resíduos secos, em que a capital com a maior taxa de recuperação apresenta um percentual de apenas 5,44%, enquanto 17 dos 27 municípios analisados apresentam uma taxa de recuperação igual ou abaixo de 0,91%.

Em relação à taxa de recuperação de orgânicos os dados também não são satisfatórios, tendo em vista que no ano de 2018, de 37 milhões de toneladas geradas, somente 127.498 toneladas foram encaminhadas para composteiras, o restante, ou seja, 36.972.502 milhões de toneladas foram dispostos em aterro sanitário ou em local inadequado. Vale ressaltar, que apesar dos aterros serem considerados uma forma de disposição adequada, é de suma importância propor ações de redução, reciclagem e valorização dos orgânicos a fim de aumentar a vida útil dos aterros sanitários, reduzir as emissões de GEE e diminuir os custos de manutenção dessas instalações.

Analisando os dados apresentados neste trabalho define-se Unidades de Tratamento Mecânico Biológico (UTMBs), ou simplesmente Ecoparques, como unidades que realizam as etapas de segregação, processamento, transformação e valorização dos resíduos, gerando produtos com valor de mercado como os recicláveis secos, CDR, biogás/biometano,

adubo orgânico/biofertilizante, energia elétrica, energia térmica, material de cobertura de aterro.

## 5.2 Vantagens e desvantagens

A seguir, segue as vantagens e desvantagens que foram elencadas a partir dessa revisão bibliográfica, conforme tabela 2.

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens da implantação dos ecoparques.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<b>Redução de massa enviada ao aterro sanitário.</b>	<b>Elevado custo de implantação.</b>
<b>Aumento da vida útil dos aterros sanitários.</b>	<b>Exigência de mão de obra qualificada.</b>
<b>Redução das emissões de GEE.</b>	<b>Efetivo controle e monitoramento dos processos.</b>
<b>Possibilidade de geração de biogás.</b>	<b>Demanda de área.</b>
<b>Aumento da recuperação da fração seca dos RSU.</b>	<b>Demanda de estrutura logística.</b>
<b>Aumento da reciclagem da fração orgânica dos RSU.</b>	<b>Intenso tráfego de caminhões.</b>
<b>Valoração econômica dos RSU.</b>	
<b>Geração e aproveitamento do biometano.</b>	
<b>Geração de energia.</b>	
<b>Geração de CDR.</b>	
<b>Geração de emprego e renda.</b>	
<b>Aumento dos índices de tratamento de resíduos.</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Algumas soluções podem ser discussões diante das desvantagens apresentadas na tabela 2. Em relação ao alto custo de implantação, que está relacionada com a demanda de área e de estrutura logística, uma solução para isso é justamente a formação de arranjos regionais, seja os consórcios públicos ou as PPP's, que se configuram como soluções para viabilidade e agilização de obras públicas. A decisão quanto a que tipo de arranjo escolher vai

variar de caso a caso, por exemplo, as PPPs são uma excelente alternativa para realização de obras que possuem um valor alto, pois neste caso, há uma grande dificuldade do poder público de implementar esses projetos, e na modalidade PPP o ente privado é responsável por todos os custos e os riscos inerentes a realização do plano, em contrapartida, existem alguns requisitos para elaboração das PPP, a Lei diz que o projeto deve possuir o valor de no mínimo R\$20 milhões e que o ente público responsável pela execução do projeto pode gastar somente 1% da sua receita líquida no financiamento da PPP. A obediência desses requisitos se torna inviável para municípios de pequeno porte, assim, a solução nesses casos é formação dos consórcios públicos.

Em relação à exigência de controle e monitoramento dos processos é uma característica inerente aos sistemas de engenharia e pode ser plenamente realizado através de mão de obra qualificada. Equipe técnica capacitada pode ser obtida através da realização de estudos e treinamentos. Os ecoparques são uma realidade nos países de primeiro mundo, é importante estudar e conhecer os projetos internacionais e implementar no Brasil, e, se necessário, trazer mão de obra estrangeira e importar os conhecimentos acerca da implantação e operação dos ecoparques.

### 5.3 Análise e considerações do questionário

Segue respostas obtidas através do questionário, conforme tabela 3.

Tabela 3 – Respostas do questionário aplicado.

PERGUNTAS	RESPOSTAS
1 - Qual a vida útil (anos) estimada para o aterro?	Mais de 20 anos
2 - Que tipo de tratamento é utilizado para o lixiviado?	Osmose
3 - Gestão realizada por empresa privada contratada pelo município ou pelo Consórcio de municípios?	PPP
4 - Existe algum tipo de triagem dos	Não

resíduos?	
<b>5 - Há o reaproveitamento de algum tipo de resíduo dentro do próprio aterro?</b>	<b>Sim, os resíduos orgânicos recebidos do mercado local são reaproveitados.</b>
<b>6 - É feita a compostagem dos resíduos orgânicos?</b>	<b>Sim, é feita compostagem dos resíduos recebidos do mercado local.</b>
<b>7 - Existe algum estudo/iniciativa para a reformulação da planta do aterro para implantação do ecoparques? Se sim, quais? Se não, há alguma previsão ou interesse?</b>	<b>Não. Não há previsão.</b>
<b>8 - Há a comercialização de algum outro produto além do biogás?</b>	<b>Sim, existe a comercialização dos briquetes.</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Analisando o questionário, observa-se que não há nenhum tipo de triagem dos resíduos no aterro em questão, eles são aterrados da mesma forma que são recebidos na unidade sem prévia segregação. Em relação à reaproveitamento, os únicos resíduos que são reaproveitados são de um único fornecedor, o mercado local, na qual é realizada a compostagem dos resíduos orgânicos. Além, disso não foi pontuada nenhum estudo ou iniciativa para mudança da planta da unidade para o modelo ecoparque, não havendo, ainda, nenhuma previsão para tal. Nota-se, ademais, que além do biogás (produto comumente comercializado nos aterros sanitários), existe comercialização de briquetes, que é considerado um substituto da lenha, conhecido como o “carvão ecológico”, sendo, portanto, uma alternativa ecologicamente correta para gerar calor em fornos e caldeiras.

Por fim, observa-se que o aterro sanitário em questão retrata o cenário de grande parte dos aterros sanitários do Brasil, onde os resíduos são aterrados sem prévia segregação, o que acaba desperdiçando o potencial de reciclagem e reutilização dos resíduos, diminuindo a vida útil do aterro. O cenário se mostra pessimista para a mudança nas plantas dos aterros sanitários para o tipo ecoparque, uma vez que se tem conhecimento de poucas unidades

operando ou realizando essa mudança quando comparada com a quantidade de aterros existentes.

Sendo assim, nota-se a importância de tornar o tema ecoparque mais familiar ao público, destacando as vantagens da implantação e mostrar que os ecoparques podem ser uma forma para alcançar os objetivos e metas traçados pela gestão de resíduos no âmbito nacional.

#### **5.4 Análise econômica**

Para considerações acerca da análise econômico-financeira de empreendimentos do tipo ecoparque, utilizou-se como objeto de análise um resumo da análise econômica para o cenário definido para construção de um ecoparque na zona sul da cidade de São Paulo, elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), em nome da Climate and Clean Air Coalition – Municipal Solid Waste Initiative.

Para o ecoparque em análise foi considerado que unidade contará com TMB (Tratamento Mecânico Biológico), com LPT (Linha de Pré-Tratamento) com produção de CDR + Maturação + Biometano + URE (Unidade de Recuperação Energética). A seguir, segue tabela com resumo da análise econômica, conforme tabela 4.

Tabela 4 – Resumo da análise econômica para o cenário definido para construção de um Ecoparque na zona sul da cidade de São Paulo.



Tabela 4 – Resumo da análise econômica para o cenário definido para construção de um Ecoparque na zona sul da cidade de São Paulo.

PROJETO 2020 – 2044		Cenário com disposição final do rejeito no CLT
		TMB + URE
<b>Toneladas processadas</b>	<b>t/dia</b>	<b>3.050</b>
Recebimento de Resíduos (Gate Fee)	R\$/ton	118,10
Recicláveis (Valor médio)	R\$/ton	440,54
CDR (Combustível Derivado de Resíduos)	R\$/ton	80
Energia Elétrica	R\$/MWh	570,00
Composto	R\$/ton	-
Biometano purificado e engarrafado	R\$/m³	1,80
<b>Receita Bruta Total (Média Anual)</b>	<b>milhões R\$</b>	<b>288,85</b>
<b>Receita Líquida Total (Média Anual)</b>	<b>milhões R\$</b>	<b>266,87</b>
Opex (média anual)	milhões R\$	100,62
Destinação Fração TB (média anual)	milhões R\$	
EBITDA	milhões R\$	166,24
<b>EBITDA (média anual)</b>	<b>milhões R\$</b>	<b>62,29%</b>
LL sem financiamento (média anual)	milhões R\$	80,08
<b>Margem em %</b>		<b>27,72%</b>
<b>CAPEX</b>		
LPT	milhões R\$	157,95
Metanização	milhões R\$	30,50
Maturação	milhões R\$	29,50
Biometano (Purificação/Compressão/Armazenamento)	milhões R\$	12,00
Licenças, Projetos e Estudos	milhões R\$	6,50
Tratamento de Odores	milhões R\$	12,00
URE	milhões R\$	705,20
Estruturas Auxiliares/Paisagismo	milhões R\$	8,00
<b>TOTAL CAPEX</b>	<b>milhões R\$</b>	<b>961,65</b>
<b>TIR</b>		<b>11,55%</b>
<b>Pay Pack</b>		<b>11</b>
<b>VLP sem financiamento (milhões R\$) ----- Taxa</b>	<b>10%</b>	<b>100,02</b>
Resíduos evitados nas concessões	t/ano	1.002.000
Custo Unitário de Tratamento Concessões	R\$/t	94,61
<b>Redução do Valor Concessão por ano</b>	<b>milhões R\$</b>	<b>94,80</b>

Fonte: [Adaptado] Estudo de viabilidade para a construção de um Ecoparque na zona sul da cidade de São Paulo, 2020.

Analisando as receitas do projeto, observa-se que com 3.050 toneladas processadas por dia, obtém-se uma receita bruta total de 288,85 milhões de reais (média anual), sendo considerado como receita o valor referente ao recebimento dos resíduos na unidade, à venda de recicláveis, CDR, energia elétrica e biometano.

Para o projeto em questão determinou-se uma TIR (Taxa Interna de Retorno) real mínima de 11,55% a.a., com um CAPEX (Capital Expenditure) de 951,65 milhões de reais, obtendo um *payback*, que é o tempo que o investimento apresentará retorno financeiro, de 11 anos e um *gatefree*, que é o valor da taxa para recepção de resíduos, de 118,10 reais por tonelada. O projeto Ecoparque de São Paulo, sob as premissas e cenários considerados é economicamente viável com um VPL (Valor Presente Líquido) de 100,02 milhões de reais.

No caso específico do Ecoparque de São Paulo, o regime de contratação é na modalidade de concessão, onde a empresa privada se responsabiliza por todas as etapas do projeto.

De um modo geral, os ecoparques possuem como receita positiva à venda de recicláveis, de CDR e da geração de biogás. Vale ressaltar, que no caso dos ecoparques que recebem os resíduos oriundos da coleta seletiva, o digestado produzido pode ser utilizado para uso agrícola, caso não seja padrão para uso agrícola deve ser destinado aos aterros sanitários, deixando a desejar na questão da sustentabilidade.

Por fim, a viabilidade econômica de empreendimentos do tipo ecoparque depende das premissas e cenários determinados para cada projeto, de uma forma geral, determina-se alguns cenários para análise, aquele que apresenta os melhores resultados para os indicadores econômicos é escolhido.

## 6 CONCLUSÃO

Grande parte dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil são dispostos em aterros sanitários quando poderiam estimular a economia circular, sendo transformados em produtos com valor de mercado, gerando eletricidade, composto orgânico, combustível veicular, além de reduzir as emissões de GEE.

Como uma solução para avançar na gestão de resíduos, promovendo a recuperação e reciclagem de materiais se apresenta os ecoparques, que estão no topo da hierarquia para tratamento de resíduos. Assim, é necessário investir nesse tipo de instalação, aumentando a quantidade de ecoparques no país.

Neste sentido, é necessário que as instituições normativas brasileiras elaborem normas técnicas relacionadas à implantação dos ecoparques, nas quais constem a definição e descrição de todos os processos inerentes a essas unidades. Através da regulamentação dos ecoparques, será possível ter uma clareza da estrutura e das etapas dessas unidades, facilitando a implantação das mesmas e promovendo a segurança jurídica desses empreendimentos, e por consequência, favorecendo o aporte de investimentos por parte do mercado.

## REFERÊNCIAS

- ABIOGÁS - Associação Brasileira de Biogás e Biometano. Nota Técnica: O Potencial Brasileiro do Biogás. São Paulo, 2020. Disponível em <https://abiogas.org.br/biblioteca/>. Acesso em 15 de maio de 2023.
- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo: Grappa, 2022.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa. São Paulo: Pioneira, 1998.
- CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. ([s.d.]). Árvore do conhecimento - Plataforma Lattes - CNPq. Cnpq.br. Recuperado 17 de julho de 2023, de <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/arvore-do-conhecimento>
- BENJAMIN, Antônio Herman. Função ambiental. In: Dano ambiental: prevenção, reparação e repressão. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1993.
- BASTOS, Cleverson Leite; KELLER, Vicente. **Aprendendo a aprender**: introdução à metodologia científica. 19. ed. Petrópolis: Vozes, 2006.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Diário Oficial, 1988.
- BRASIL. Lei 11.445, de 5 de jan. 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Brasília: Senado Federal, 2007.
- BRASIL. Lei nº 12.305 de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólido - PNRS, e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 2010.
- BRASIL. Lei nº 11.107 de 2005. Política Nacional de Consórcios Públicos, regulamentada pelo Decreto nº 6.017, de 2007. BRASIL. Lei nº 11.445 de 2007. Política Nacional de Saneamento Básico, regulamentada pelo Decreto nº 7.217, de 2010.
- BRASIL. Portaria interministerial nº 274. (2019). Recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos. Meio Ambiente. Gabinete do Ministro. Brasília, 2019.
- BRITO BARBOSA, A. ([s.d.]). Universidade Federal Do Ceará Centro De Tecnologia Departamento De Engenharia Hidráulica E Ambiental Curso De Engenharia Ambiental. ufc.br, de [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/45624/3/2018\\_tcc\\_abbarbosa.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/45624/3/2018_tcc_abbarbosa.pdf)
- CEMBUREAU. Market opportunities for use of alternative fuels in cement plants across the EU. 2016. Disponível em [coprocessamento.org.br](http://coprocessamento.org.br). Acesso em: 30 de junho de 2021.
- CRISTINA, T., & Lima, R. ([s.d.]). Pontifícia Universidade Católica De Goiás Departamento De Ciências Jurídicas Programa De Pós-Graduação Stricto Sensu Em Direito, Relações Internacionais E Desenvolvimento. Edu.br. Recuperado 17 de julho de 2023, de <https://tede2.pucgoias.edu.br/bitstream/tede/2630/1/TEREZA%20CRISTIA%20RIBEIRO%20LIMA.pdf>.
- CENTRAL DE TRATAMENTO DE RSU DO ECOPARQUE PERNAMBUCO USA TECNOLOGIA BASEADA EM SENSORES DA TOMRA PARA TRIAGEM DE

RESÍDUOS PLÁSTICOS. (2021, novembro 24). Blog do Plástico. <https://blogdoplastico.wordpress.com/2021/11/24/central-de-tratamento-de-rsu-do-ecoparque-pernambuco-usa-tecnologia-baseada-em-sensores-da-tomra-para-triagem-de-residuos-plasticos/>.

COULON, Alan. Etnometodologia. Trad. de Ephraim Ferreira Alves. Petrópolis: Vozes, 1995.

ESTUDO DE VIABILIDADE PARA A CONSTRUÇÃO DE UM ECOPARQUE NA ZONA SUL DA CIDADE DE SÃO PAULO SUMÁRIO EXECUTIVO Elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) em nome da Climate and Clean Air Coalition Municipal Solid Waste Initiative São Paulo 2020.

FREDDO, A., Souza Marques, F., Cerqueira, K., Finco, N., Caroline, L., Carmona, S., Alves, N., & Cibiogás, S. ([s.d.]). EQUIPE TÉCNICA. Cibiogas.org. Recuperado 17 de julho de 2023, de <https://cibiogas.org/wp-content/uploads/2022/04/NT-PANORAMA-DO-BIOGAS-NO-BRASIL-2021.pdf>

GIL, A. C. (2002) Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª. ed. São Paulo: Atlas S/A.

GIL, A.C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1994.

MUSSI, R. F. de F., Mussi, L. M. P. T., Assunção, E. T. C., & Nunes, C. P. (2019). Pesquisa Quantitativa e/ou Qualitativa: distanciamentos, aproximações e possibilidades. *Revista Sustinere*, 7(2), 414–430.

ORIZON. (2022, novembro 5). Orizon. <https://orizonvr.com.br/sobre-a-orizon/>

PROENÇA, L. C. (2015, setembro 22). Consórcios Públicos. Gov.br; MMA - Ministério do Meio Ambiente. <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuossolidos/cons%C3%B3rcios-p%C3%ABlicos.html>

PROJETO BIOGÁS BRASIL. Caderno 01 – Modelagem Técnica e Operacional, 2022

SILVA, Railma Marrone Pereira. O meio ambiente na Constituição Federal de 1988. *Revista Jus Navigandi*, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 18, n. 3759, 16 out. 2013. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/25529>. Acesso em: 5 jun. 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE (SIMA). Resolução nº 47, de 29 de agosto de 2020. Estabelece diretrizes e condições para o licenciamento de unidades de preparo de Combustível Derivado de Resíduos Sólidos - CDR e da atividade de recuperação de energia proveniente do uso de CDR. São Paulo, SP.

THIOLLENT, M. (2009). Metodologia de Pesquisa-ação. São Paulo: Saraiva

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2013.

([S.d.]-c). Cloudfront.net. Recuperado 17 de julho de 2023, de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62707296/O\\_coprocessamento\\_na\\_industria\\_de\\_ciment](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/62707296/O_coprocessamento_na_industria_de_ciment)

o\_definicao\_\_oportunidades\_e\_vantagem\_competitiva20200401-47892-ks7tms-  
libre.pdf?1585978398=&response-content-  
disposition=inline%3B+filename%3DO\_coprocessamento\_na\_industria\_de\_ciment.pdf&Exp  
ires=1684688814&Signature=JaiYFNIZvYNURM4NyOHNgOXRSY1kvvwpYHkBWG9EZ  
RsUXY0DCDq4xSO0myrUE6tsLXpD-Uz5bcwSJnUfJ8mpkw62gh-  
lwUfANy4MDFzZ2pOAcSPx3TXpt8DRoRGpmPoNvakBHVXesqfvOqXZmo2PjMBfB1eyi  
DCUIChLgcCeeDaQqEmKDvitoiAN-T8F5sqELawfq~FvMFs~1lcST-  
PqS~A39JeDUv2gRN9Rg-k0vWMQrhb8wryBboV73w71LYdWpWtvH-  
M4E0QpqzT5VhSiGWpuFrRIYht-8v-hPsCFWgCvmFbBuSm5DMtruSm0pI8j-  
O5eDfVQFpljyixRoLwUrA\_\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

## APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

### QUESTIONÁRIO

- 1 - Qual a vida útil (anos) estimada para o aterro?**
- 2 - Que tipo de tratamento é utilizado para o lixiviado?**
- 3 - Gestão realizada por empresa privada contratada pelo município ou pelo Consórcio de municípios?**
- 4 - Existe algum tipo de triagem dos resíduos?**
- 5 - Há o reaproveitamento de algum tipo de resíduo dentro do próprio aterro?**
- 6 - É feita a compostagem dos resíduos orgânicos?**
- 7 - Existe algum estudo/iniciativa para a reformulação da planta do aterro para implantação do ecoparques? Se sim, quais? Se não, há alguma previsão ou interesse?**
- 8 - Há a comercialização de algum outro produto além do biogás?**