



UNIVERSIDADE DE RIBEIRÃO PRETO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E TECNOLOGIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL

PEDRO PALMA NETO

PROPOSTAS DE GESTÃO PARA O AUMENTO DA VIDA ÚTIL DO  
ATERRO SANITÁRIO DE MIRASSOL - SP

RIBEIRÃO PRETO  
2023

PEDRO PALMA NETO

PROPOSTAS DE GESTÃO PARA O AUMENTO DA VIDA ÚTIL DO  
ATERRO SANITÁRIO DE MIRASSOL - SP

Dissertação apresentada à Universidade de  
Ribeirão Preto- UNAERP, como requisito de  
avaliação para obtenção do título de mestre pelo  
Programa de Pós-graduação em Tecnologia  
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Lisandro Simão

RIBEIRÃO PRETO  
2023

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico da Biblioteca Central da  
UNAERP  
- Universidade de Ribeirão Preto -

P171p PALMA NETO, Pedro, 1980-  
Propostas de gestão para o aumento da vida útil do aterro sanitário  
de Mirassol – SP / Pedro Palma Neto. – Ribeirão Preto, 2023.  
67 f. : il. color.

Orientador: Prof.º Dr.º Lisandro Simão.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto,  
UNAERP, Mestrado em Tecnologia Ambiental, 2023.

1. Gestão de resíduos. 2. Aterros sanitários. 3. Gestão ambiental.  
II. Título.

CDD 628.44

## PEDRO PALMA NETO

### “Propostas de Gestão para o Aumento da Vida Útil do Aterro Sanitário de Mirassol – SP”

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnologias da Universidade de Ribeirão Preto, para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Lisandro Simão

Área de concentração: Tecnologia Ambiental

Data de defesa: 11 de setembro de 2023

Resultado: APROVADO

## BANCA EXAMINADORA

 Documento assinado digitalmente  
**LISANDRO SIMAO**  
Data: 20/09/2023 15:25:19-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Lisandro Simão**  
Presidente/UNAERP

 Documento assinado digitalmente  
**VALDIR SCHALCH**  
Data: 20/09/2023 15:15:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Valdir Schalch**  
USP

 Documento assinado digitalmente  
**CRISTINA FILOMENA PEREIRA ROSA PASCHOAL**  
Data: 12/09/2023 09:44:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Profa. Dra. Cristina Filomena  
Pereira Rosa Paschoalato**  
UNAERP

**Ribeirão Preto**  
**2023**

*Dedico este trabalho a Deus e a minha família que sempre me apoiaram na jornada pelo conhecimento.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me permitir ultrapassar mais esta etapa de vida;

À minha esposa Fabiana e filhas Ana Luisa e Isabela, que até o último momento me deram forças para que eu pudesse tê-lo concluído;

Aos meus Pais Celso e Isabel, pelo apoio e amor constante;

Aos meus irmãos, cunhadas, sobrinhos e amigos;

Em especial ao meu orientador Professor Dr. Lisandro pela confiança, e que ao longo deste trabalho me proporcionou novas visões sobre Resíduos Sólidos;

À Universidade de Ribeirão Preto;

À Prefeitura de Mirassol;

E finalmente, a todos os anônimos que ajudaram a construir meu objeto de pesquisa.

## RESUMO

A geração de resíduos sólidos tem aumentado mundialmente devido à rápida industrialização, o crescimento populacional, a urbanização acelerada e o aumento do consumo. Os tratamentos atuais disponíveis não visam a ciclicidade dos materiais e sim a disposição em solo como forma de acumulação, sendo denominados como Aterros Sanitários. Ademais, estes aterros são esgotáveis e após o término da vida útil não poderão ter suas áreas utilizadas para qualquer outro fim. Este trabalho teve como objetivo avaliar estratégias de gerenciamento de resíduos para aumentar a vida útil do aterro sanitário de Mirassol – SP. O trabalho contou com uma revisão de literatura das bases de dados Scielo e Google Scholar, além das informações fornecidas publicamente pela prefeitura de Mirassol/SP, CETESB, Ministério do Meio Ambiente, IBGE, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e Sistema de Água e Esgoto de Mirassol (SAEMI). As etapas desta metodologia incluíram a caracterização da área de estudo (levantamento de informações sobre o aterro utilizado em Mirassol), caracterização e quantificação dos resíduos sólidos (quantificar o que é coletado e reciclado) e sugestões de melhoria para aumentar a vida útil do aterro. Ao analisar os dados evidenciados no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol e no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol, bem como os dados reais do município coletados referente a geração de resíduos sólidos, acúmulo de resíduos sólidos e crescimento populacional, observou-se a presença de dados superestimados em ambos os documentos perante aos valores reais, o que impactaria na existência de um maior aporte de resíduos sólidos a serem potencialmente depositados. Ao comparar as estratégias de gerenciamento de resíduos amplamente utilizados no Brasil, aquele mais compatível com o município de Mirassol, assim como, mais benéfico quando comparado, é a coleta seletiva e suas destinações finais: reutilização, reciclagem e decomposição de matéria orgânica. Ademais, auxilia na vida útil dos aterros sanitários e aumenta a possibilidade de energias alternativas, como o biogás. Em suma, a coleta seletiva mostrou-se com maior potencialidade para o município de Mirassol, contudo, ainda é necessário a realização de alguns reajustes, como a implementação de educação ambiental, investimento público e privado em logística reversa, além de investimentos nos programas de coleta.

Palavras-chave: Gestão de Resíduos; Aterros Sanitários; Gestão Ambiental.

## **ABSTRACT**

Solid waste generation has increased worldwide due to rapid industrialization, population growth, accelerated urbanization, and increased consumption. The current treatments available do not aim at the cyclicity of materials but rather at their disposal on the ground as a form of accumulation known as Sanitary Landfills. Furthermore, these landfills are exhaustible, and after the end of their useful life, their areas cannot be used for any other purpose. This work aimed to evaluate waste management strategies to increase the useful life of the landfill in Mirassol – SP. The work included a literature review of the Scielo and Google Scholar databases, in addition to information publicly provided by the city of Mirassol/SP, CETESB, Ministry of the Environment, IBGE, National Sanitation Information System (SNIS) and Mirassol Water and Sewage (SAEMI). The steps of this methodology included the characterization of the study area (collection of information about the landfill used in Mirassol), characterization and quantification of solid waste (quantifying what is collected and recycled), and suggestions for improvement to increase the landfill's useful life. When analyzing the data evidenced in the Municipal Integrated Solid Waste Management Plan of Mirassol, the Technical Project of the Mirassol Sanitary Landfill, and the real data collected from the municipality regarding the generation of solid waste, accumulation of solid waste, and population growth, it was observed there is the presence of overestimated data in both documents compared to the real data values. This fact impacts the existence of a more significant contribution of solid waste to be potentially deposited. When comparing waste management strategies widely used in Brazil, the one most compatible with the municipality of Mirassol and the most beneficial is the selective collection and its final destinations: reuse, recycling, and decomposition of organic matter. Furthermore, it helps the useful life of landfills and increases the possibility of alternative energy, such as biogas. In short, the selective collection proved to have greater potential for the municipality of Mirassol. However, it is still necessary to make some investments, such as implementing environmental education, reverse logistics, and selective collection.

**Keywords:** Waste Management; Landfills; Environmental management.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Caracterização e classificação dos resíduos segundo NBR 10004.....	21
<b>Figura 2</b> – Disposição final adequada X inadequada de RSU no Brasil (t/ano e %) – 2022. .	25
<b>Figura 3</b> - Local em que foi implantado o aterro sanitário de Mirassol/SP.....	38
<b>Figura 4</b> – Vista aérea do aterro sanitário de Mirassol/SP .....	39
<b>Figura 5</b> - Comparação entre as projeções e o real crescimento populacional no município de Mirassol. ....	42
<b>Figura 6</b> - Histórico dos Depósitos Tecnogênicos na Cidade de Tupã.....	44
<b>Figura 7</b> - Caracterização física dos resíduos domiciliares de Mirassol – SP.....	46
<b>Figura 8</b> - Comparação entre as projeções e a real geração de resíduos sólidos no município de Mirassol. ....	49
<b>Figura 9</b> - Caminhões Compactadores. ....	53
<b>Figura 10</b> - Transbordo Municipal (Rodovia Mario Donegá).....	53
<b>Figura 11</b> - Aterro Sanitário CGR Guataparã.....	54
<b>Figura 12</b> - Recicláveis secos recuperados entre 2010 e 2018 (em toneladas). ....	55

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Guia de Cores da Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos. ....	23
<b>Quadro 2</b> – Tópicos abordados nos diagnósticos dos consórcios e dos municípios .....	33

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Faixas populacionais consideradas pela pesquisa. ....	31
<b>Tabela 2</b> - Projeção do crescimento populacional no município de Mirassol/SP segundo o Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol. ....	40
<b>Tabela 3</b> - Projeção do crescimento populacional no município de Mirassol/SP segundo o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol. ....	40
<b>Tabela 4</b> - Crescimento populacional no município de Mirassol. ....	41
<b>Tabela 5</b> - Comparação entre as projeções e o real crescimento populacional no município de Mirassol. ....	41
<b>Tabela 6</b> - Projeção da geração de lixo no município de Mirassol segundo o Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol (em toneladas). ....	47
<b>Tabela 7</b> - Projeção da geração de lixo no município de Mirassol segundo o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol (em toneladas). ....	47
<b>Tabela 8</b> - Geração de resíduos sólidos no município de Mirassol (em toneladas). ....	47
<b>Tabela 9</b> - Comparação entre as projeções e a real geração de resíduos sólidos no município de Mirassol. ....	48
<b>Tabela 10</b> - Quantidade de Municípios com Coleta Seletiva ou ausência desta, entre 2010 e 2018. ....	55
<b>Tabela 11</b> - Abrangência de Coleta Seletiva por modalidade separadas por região geográfica. ....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBH-TG	Comitê da Bacia Hidrográfica do Turvo Grande
CETESP	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
GAIRSU	Gestão Ambiental Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos
GGE	Gases do Efeito Estufa
GNV	Gás Natural Veicular
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
MO	Matéria Orgânica
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PNRS	Política nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAEMI	Sistema de Água e Esgoto de Mirassol
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária
UPGRH	Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	16
1.1.1 Objetivo Geral .....	16
1.1.2 Objetivos Específicos .....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1 A IMPORTÂNCIA DO DIRECIONAMENTO CORRETO DOS RESÍDUOS .....	17
2.2 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS .....	18
2.3 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS .....	22
2.4 DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS .....	25
2.4.1 Aterro Comum.....	26
2.4.2 Aterro Controlado.....	27
2.4.3 Aterro Sanitário .....	27
<b>3 METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>29</b>
3.1 ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	30
3.2 ETAPA 2: CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS .	31
3.2.1 Coleta de Dados e Bibliografia.....	32
3.2.2 Elaboração dos Diagnósticos.....	32
3.2.3 Elaboração do Diagnóstico das Necessidades do Município .....	33
3.2.4 Diagnóstico dos Resíduos.....	34
3.3 ETAPA 3: SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA AUMENTAR A VIDA ÚTIL DO ATERRO .....	35
3.3.1 Avaliação dos Métodos de Tratamento com Vantagens e Desvantagens .....	35
3.3.2 Iniciativas de Educação Ambiental .....	36
3.3.3 Elaboração de Sugestões .....	36
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>37</b>
4.1 ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
4.1.2 Caracterização do Aterro Sanitário de Mirassol.....	37
4.1.3 Projeção do Crescimento Populacional .....	39
4.1.3.1 População Estimada no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol.....	40
4.1.3.2 População Estimada no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol .....	40

4.1.3.3 Crescimento Populacional .....	41
4.1.3.4 Comparação .....	41
4.1.3.5 Comparação Intermunicipal – Mirassol   Tupã .....	43
4.2 ETAPA 2: CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS .	45
4.2.1 Projeção da Geração de Resíduos Sólidos em Mirassol/SP .....	45
4.2.2 Geração de Resíduos Sólidos Estimada no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol .....	46
4.2.3 Geração de Resíduos Sólidos Estimada no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol .....	47
4.2.4 Geração de Resíduos Sólidos .....	47
4.2.5 Comparação .....	48
4.3 ETAPA 3: SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA AUMENTAR A VIDA ÚTIL DO ATERRO .....	50
4.3.1 Capacidade de Armazenamento do Aterro Sanitário de Mirassol.....	50
4.3.2 Acúmulo de Resíduos Sólidos no Aterro Sanitário de Mirassol .....	51
4.3.3 Tipos Possíveis de Tratamento .....	51
4.3.3.1 Ausência de Seleção Prévia – Coleta Convencional .....	52
4.3.3.2 Seleção Doméstica de Recicláveis – Coleta Seletiva .....	54
4.3.3.3 Reutilização .....	57
4.3.3.4 Reciclagem dos resíduos secos.....	57
4.3.3.5 Reciclagem dos resíduos orgânicos .....	58
4.3.3.6 Recuperação energética dos resíduos urbanos.....	58
4.3.4 Vida Útil do Aterro de Mirassol .....	59
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos negativos da destinação inadequada dos resíduos sólidos urbanos tem feito com que medidas cada vez mais restritivas sejam tomadas para garantir uma destinação sustentável. A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010) dispõe “sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos” visando a sustentabilidade (ZAGO, 2019).

A geração de resíduos sólidos cresce exponencialmente, em especial os domiciliares, resultantes do aumento do consumo, esgotamento dos mercados, gerenciamento inadequado dos dejetos e ausência de locais para a destinação final. Além disso, o modus operandi da sociedade é o capitalismo, um grande gerador de resíduos, que possui como alternativas na obtenção de lucro, a obsolescência programada e produção de itens supérfluos. Dessarte, desde o século anterior, este fato vem preocupando pesquisadores de diversas áreas, por se tornar um desafio futuro na expansão e manutenção, principalmente, das grandes cidades (JACOBI; BESEN, 2011; SANTIAGO; DIAS, 2012).

Pode-se citar como problemas causados pela destinação inadequada dos resíduos: danos ou riscos à saúde pública e à segurança e os impactos ambientais adversos (SINIR, 2019). Tais impasses são eliminados, quando ocorre a disposição final em situação adequada. Em 2019, segundo o SINIR, 37% dos municípios brasileiros (que corresponde a 61% da população brasileira) apresentavam destinação adequada de seus resíduos.

O início do destaque para o tema, com relevância mundial, se deu na Conferência Rio92, com a inclusão de novas prioridades para a gestão sustentável dos resíduos sólidos, representando uma mudança de paradigma que norteia a ação dos governos, da sociedade e da indústria. Essas prioridades incluem, redução de resíduos na fonte e disposição final no solo, reaproveitamento máximo dos insumos, coleta seletiva e reciclagem, inclusão comunitária e participação dos catadores, compostagem e aproveitamento energético (JACOBI; BESEN, 2011).

Desse modo, sabe-se que, as orientações e responsabilidades, quanto ao gerenciamento dos resíduos, é de total importância municipal. Assim, a coleta adequada, o processamento e destinação dos rejeitos, sejam eles domésticos ou oriundos de pessoas jurídicas, são ônus da administração pública. Vale ressaltar também que, a Política Nacional de Resíduos (PNRS) tem como ordem durante esse processo: não gerar, reduzir, reutilizar, reciclar e tratar e o destinação final ambientalmente adequado dos resíduos (JACOBI; BESEN, 2011; ZAGO, 2019).

O município de ênfase nesse trabalho é Mirassol, localizado no Estado de São Paulo, região sudeste do Brasil. A região possui cerca de 63.337 habitantes, com 97,47% de sua população urbana e 2,53% rural, com um território total de 243,23 km<sup>2</sup>. Segundo os dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – em 2021, o percentual de recuperação total de resíduos coletados foi de 29,98, 1.535 habitantes não possuíam coleta de esgoto e 2.018 não recebiam coleta de lixo (IBGE, 2021).

Por fim, esta dissertação buscou soluções viáveis que diminuam a quantidade de resíduos sólidos enviados ao aterro sanitário objetivando o aumento da vida útil do aterro e diminuição da poluição ambiental em um município de população entre 50.000 e 100.000 habitantes (Mirassol/SP).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Identificar as tipologias de resíduos domiciliares de Mirassol-SP, suas características, quantidades e propor um tratamento prioritário para diminuir o volume a ser destinado ao aterro sanitário municipal.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as características do aterro sanitário do município de Mirassol-SP através de visitas técnicas e levantamento documental;
- Avaliar as características e quantidades dos resíduos gerados no município de Mirassol-SP;
- Avaliar os sistemas de tratamento e disposição de resíduos existente no município de Mirassol-SP;
- Propor iniciativas para uma melhor gestão dos resíduos gerados no município de Mirassol-SP, buscando diminuir o volume de materiais enviados ao aterro sanitário municipal.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Como meio de solidificar os conhecimentos para a realização desta dissertação, foram realizados estudos bibliográficos sobre aterro sanitário, relação dos resíduos sólidos e o meio ambiente, de modo a abranger o gerenciamento da gestão dos resíduos sólidos urbanos desde sua coleta até a disposição final, bem como os conceitos acerca da minimização dos resíduos pela reciclagem e redução do consumo. No que se refere a legislação sobre o tema ambiental, a proposta da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e a Política Nacional dos Resíduos Sólidos foram considerados para definições sobre o tema.

Além da contextualização, tal pesquisa bibliográfica se faz importante para explorar potenciais alternativas que sirvam de artifício na melhoria da eficiência do sistema de tratamento dos resíduos sólidos nas cidades brasileiras, o que apresentaria um impacto direto na contenção de despesas da máquina administrativa municipal a longo prazo, bem como contribuiria para a sustentabilidade ambiental, a qual é um dos objetivos principais da gestão urbana atual (SILVA, 2015).

### 2.1 A IMPORTÂNCIA DO DIRECIONAMENTO CORRETO DOS RESÍDUOS

Com a expansão das áreas urbanas e o aumento da população global, a quantidade de resíduos produzidos tem crescido exponencialmente, o que pode levar à sobrecarga dos aterros sanitários, um dos possíveis destinos dos resíduos sólidos urbanos. Segundo o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), cerca de 2 bilhões de toneladas de resíduos urbanos são gerados anualmente em todo o mundo, e apenas 13,5% desse total é reciclado (ONU, s.d.).

Uma vez que o manejo dos resíduos sólidos está diretamente associado à qualidade ambiental, pelo seu impacto tanto na saúde pública quanto nos ecossistemas, além de conscientizar a população sobre a importância da educação ambiental, é necessário garantir que os resíduos sejam manejados de forma segura e sustentável. Para isso, torna-se indispensável a criação de medidas sustentáveis capazes de comportar a produção desenfreada de resíduos.

Sendo assim, a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos é fundamental para garantir a eficiência do sistema de limpeza urbana e a preservação do meio ambiente. É importante que as medidas adotadas sejam voltadas para o desenvolvimento sustentável, evitando prejuízos ambientais e sociais. Entre as iniciativas que podem ser tomadas estão

aquelas que visam preservar a vida útil dos aterros sanitários - discutidas posteriormente nesta dissertação.

Considerando os desafios enfrentados no âmbito ambiental, foram elaborados quatro marcos regulatórios que visam reforçar a Lei nº 6938/81 que dispõem sobre a Política Nacional do Meio ambiente e a Lei nº 9605/98 que dispõe sobre os Crimes Ambientais, as quais, juntas, fornecem o respaldo legal na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos no país. São eles:

- Lei do Saneamento Básico nº 11.445/2007;
- Lei dos Consórcios Públicos nº 11.107/2005 (regulamentado pelo Decreto nº 6.071/2007);
- Lei das Parcerias Público-Privadas nº 11.179/2004;
- Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que institui a Lei nº 12.305/2010, referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos.

## 2.2 DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Em se tratando do campo da engenharia, em linguagem técnica, os resíduos são aqueles materiais que resultam de atividades humanas e que não possuem utilidade para o gerador, sendo descartados (ABES, 2016). A gestão adequada dos resíduos é uma preocupação constante dos engenheiros, que buscam soluções tecnicamente viáveis e economicamente sustentáveis para a sua minimização, tratamento e disposição final, a fim de garantir a saúde pública, proteger o meio ambiente e promover o desenvolvimento sustentável. Dessa maneira, é importante adotar medidas que visem reduzir a quantidade de resíduos gerados e aprimorar as formas de tratamento e direcionamento final do material descartado.

Estes resíduos podem ser classificados de diferentes formas de acordo com seu estado físico (líquido, sólido ou gasoso), periculosidade, origem, tipo de composto (orgânico ou inorgânico), toxicidade, tipo de material (recicláveis ou não-recicláveis), entre outros (ABNT, 2004a). O tipo de resíduo aqui discutido será o resíduo sólido urbano, entretanto, salienta-se a necessidade de uma contextualização geral sobre as demais categorias e classificações dos resíduos sólidos.

No tocante à atribuição da norma, a legislação brasileira elegeu a NBR 10.004 de 2004 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas que define resíduos sólidos como:

Resíduos em estado sólido e semissólido que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição os lodos provenientes do sistema de

tratamento de água, aqueles gerados por equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cuja particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam para isto soluções técnica e economicamente inviáveis em face a melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004a).

Ainda no que concerne a ABNT NBR 10004:2004, esta estabelece diretrizes para a classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. O processo de classificação é realizado com base em critérios como origem, composição química e propriedades físicas e biológicas dos resíduos. A partir dessa classificação, os resíduos são identificados como perigosos ou não perigosos, e podem ser destinados a diferentes tipos de tratamento e disposição final. A classificação adequada dos resíduos é fundamental para garantir a segurança ambiental e pública e promover a gestão sustentável dos mesmos.

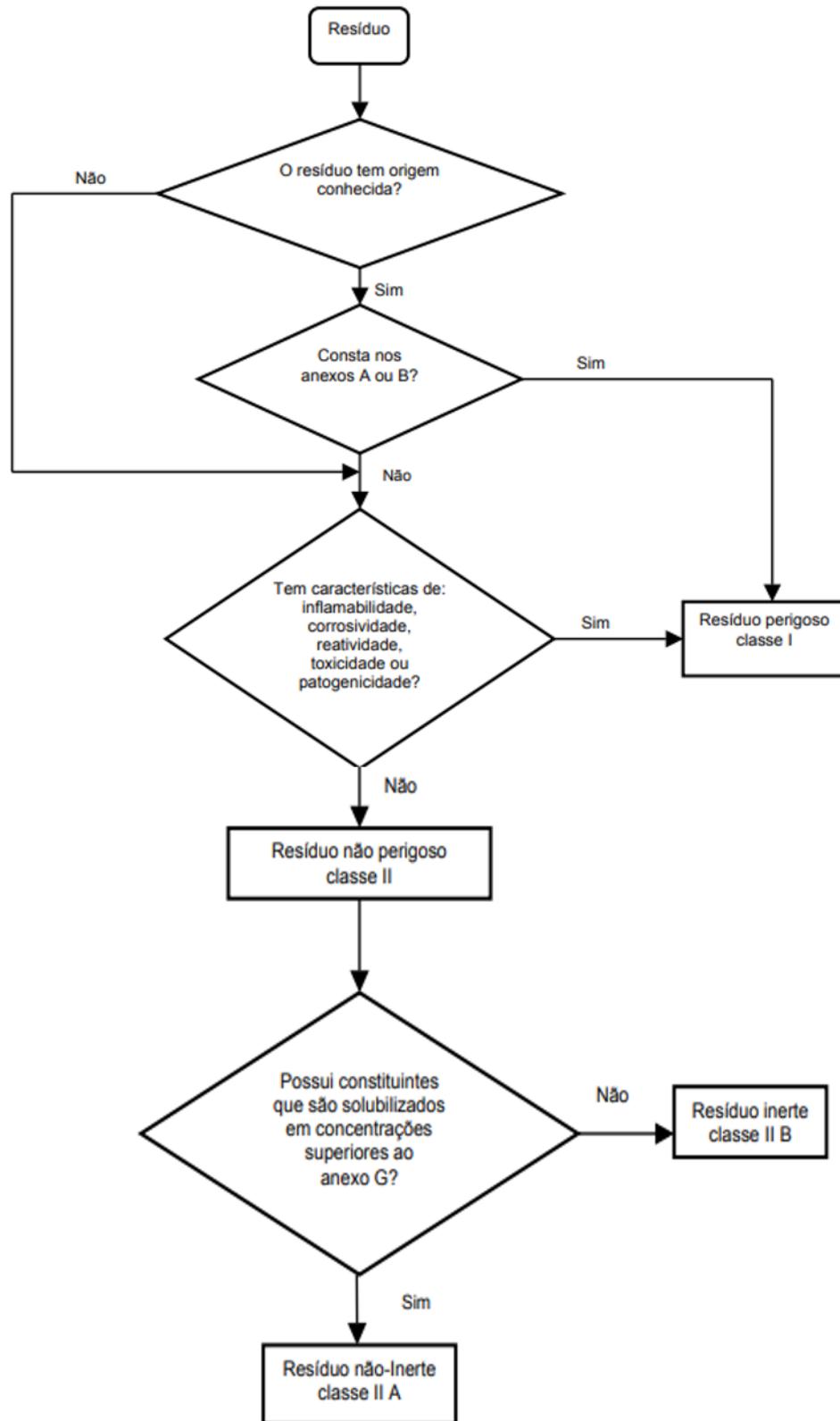
A classificação defendida e utilizada pela maioria dos autores da área em virtude de suas particularidades e detalhamentos é a destacada pela ABNT NBR 10004/04, 10005/04, 10005/04 e 10006/04, que, além de normatizar e categorizar os tipos de resíduos, também orienta os órgãos reguladores quanto fiscalização das metodologias associadas de cada tipo de resíduo.

De maneira concisa, a norma NBR 10004/04 traz uma classificação dos resíduos sólidos que envolve a identificação do processo ou atividade que lhes originou e a comparação desses constituintes (Figura 1) da seguinte forma:

- a) Resíduos classe I - Perigosos: Aqueles que apresentam periculosidade - ou seja, risco à saúde pública e ao meio ambiente, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, características estas detalhadas na norma;
- b) Resíduos classe II – Não perigosos: Aqueles produzidos em empresas de alimentos, madeira, roupas e outros produtos têxteis, resíduos minerais não-metálicos, areia de fundição, bagaço de cana, sucatas de metais ferrosos, sucatas de metais não-ferrosos, resíduos de papel e papelão, borrachas e outros metais classificados como não perigosos;
  - Resíduos classe II A – Não inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações Classe I e Classe II B, os quais podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
  - Resíduos classe II B – Inertes: Aqueles que quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto pelo aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Além da classificação citada anteriormente, os resíduos sólidos podem ser classificados também como material orgânico e material inorgânico. Essa tipificação deve-se principalmente quanto a velocidade de decomposição, sendo a do material orgânico mais rápida que do inorgânico. Conceitualmente, o material orgânico é aquele composto predominantemente de carbono (C), proveniente de animais ou vegetais, enquanto o material inorgânico é aquele de origem mineral, extraído ou produzido (NETO et al., 2021).

Ademais, os resíduos sólidos também podem ser classificados quanto à origem em: resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de serviços de transportes e resíduos da mineração (BRASIL, 2010).

**Figura 1** - Caracterização e classificação dos resíduos segundo NBR 10004.

Fonte: NBR 10004 (2004)

Tendo isso em vista serão detalhados aqui os resíduos sólidos urbanos, os quais se relacionam com o objetivo deste estudo.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são materiais descartados pela população e gerados em atividades comerciais, industriais e de serviços nas cidades, sendo compostos por uma grande variedade de tipos de resíduos, como restos de alimentos, papéis, plásticos, vidros, metais e outros. Estes podem ser coletados pelo serviço de limpeza pública e destinados a aterros sanitários, usinas de reciclagem e tratamento de resíduos (BRASIL, s.d.c).

### 2.3 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS

Considerando que o descarte de resíduos em áreas ambientalmente inadequadas provoca consequências socioambientais, que afetam a qualidade do meio ambiente e a saúde da população, estes, uma vez que gerados, devem ter sua cadeia produtiva gerenciada.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010), cada município é responsável pelo gerenciamento adequado de seus resíduos, o qual ocorre através da elaboração e execução do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) - documento técnico que reúne os procedimentos ambientalmente corretos quanto as etapas de geração, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento, reciclagem, destinação e disposição final dos resíduos sólidos. Assim, o gerenciamento dos resíduos sólidos diz respeito ao conjunto de ações adotadas nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Após a geração e o acondicionamento dos resíduos, o próximo passo no gerenciamento é a coleta, a qual pode ser classificada de três formas, sendo elas a coleta comum, coleta seletiva e a coleta informal (EOS CONSULTORES, s.d.a).

- Coleta comum: aquela que recolhe todos os resíduos orgânicos e inorgânicos diretamente de seus geradores, sendo que, após a coleta é feita uma destinação estipulada pelos órgãos públicos regionais (EOS CONSULTORES, s.d.a).
- Coleta seletiva: aquela que recolhe os resíduos inorgânicos que possam ser reciclados ou necessitem de cuidados singulares diretamente no gerador ou em pontos de coleta voluntário (EOS CONSULTORES, s.d.a).
- Coleta informal: aquela em que parte da população recolhe resíduos inorgânicos por meio de captação manual nas ruas ou nos pontos de apoio (descarte), tipo de coleta este que desempenha papel fundamental na reciclagem (EOS CONSULTORES, s.d.a).

Idealmente, o processo de coleta seletiva deve ser inicializado pelos próprios moradores dos municípios, os quais devem acondicionar corretamente os resíduos e colocá-los nos recipientes adequados para a coleta. Tal prática é fundamental para a promoção da economia circular e para a redução do impacto ambiental (BRASIL, s.d.b; BNDES, 2020).

**Quadro 1** - Guia de Cores da Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos.

<b>VIDROS</b>	Garrafas, Copos, Frascos, Potes, Recipientes, Embalagens, Objetos, Vidros em geral (quebrados devem ser envolvidos em jornal), etc.
<b>PAPÉIS</b>	Papelão, Aparas de Papel, Folhas de Sulfito, Jornais, Revistas, Folhetos, Arquivo Morto, Caixas, Folhas de Caderno, Cartolinas, Cartões, Envelopes, Papel de Fax, Fotocópias, Formulários, Catálogos, Manuais, Impressos em Geral, Embalagens Longa Vida tipo Tetrapack, etc.
<b>METAIS</b>	Tampinhas de Garrafas, Latas, Enlatados, Pannelas sem Cabo, Ferragens, Chapas, Canos, Pregos, Cobre, Embalagens de Marmiteix, Correntes, Aerosóis, Papel Alumínio Limpo, Cadeiras de Rodas, Peças de Funilaria, Arames, etc.
<b>PLÁSTICOS</b>	Tampas, Potes de Alimentos (margarina), Frascos, Utilidades Domésticas, Embalagens e Recipientes, Garrafas PET, PVC, Tubos e Conexões, Isopor, Sacos e Sacolas em geral, Peças de Brinquedos, Engradados de Bebidas, etc.
<b>NÃO RECICLÁVEIS</b>	Espelhos, Boxes Temperados, Louças, Óculos, Cerâmicas, Porcelanas, Papéis Sanitários (papel toalha e higiênico), Papéis Plastificados, Papéis ou Guardanapos usados com restos de alimentos, Papéis Metalizados, Papéis Carbono e Celofane, Bitucas de Cigarros, Clipes, Grampos, Esponjas de Aço, Latas de Inseticidas, Latas de Verniz, Fitas Adesivas, Etiquetas Adesivas, Latas de Solventes Químicos, Algodão, Lixas, Espuma, etc.
<b>ORGÂNICOS</b>	Lixo Úmido que são restos de alimentos e cascas de frutas, legumes, etc.
<b>RESÍDUOS PERIGOSOS</b>	Óleo Lubrificante, Frascos de Óleo de Cozinha, Para-brisas, Pneus, Pilhas e Baterias de Eletrônicos, Baterias Automotivas, Lâmpadas, Reatores, Equipamentos Eletrônicos, Cartuchos e Toners, Lixo Elétrico como Fios e Cabos Elétricos, etc.
<b>INFECTANTES</b>	Lixo Hospitalar Infectado.
<b>MADEIRAS</b>	Peças, Móveis e Objetos, Caixotes, Restos de Construção, Galhos, etc.

Fonte: LIXLIMP (2020)

Em seu último relatório sobre o assunto, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) destaca que as cidades brasileiras geraram em 2022 cerca de 81 milhões de toneladas de RSU, cuja coleta chegou a 94% desse total, equivalentes a pouco mais de 76 milhões de toneladas (ABRELPE, 2022).

Após a coleta, os resíduos devem ser transportados e encaminhados para a etapa de tratamento, a qual visa reduzir a quantidade e o potencial poluidor dos resíduos sólidos, impedindo seu descarte inadequado (SCOM AMBIENTAL, 2017). Esta etapa ocorre nos centros de triagem dos municípios, onde separados novamente e processados a fim de separar ou reduzir o tamanho dos resíduos (EOS CONSULTORES, s.d.b).

Em seguida, os resíduos são dirigidos à etapa de destinação final, a qual inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final em aterros (BRASIL, 2010).

Caso, respectivamente, a não geração, redução ou reutilização não sejam possíveis, o próximo passo na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos é a reciclagem (SZIGETHY; ANTENOR, 2020).

A reciclagem é o processo em que há a transformação do resíduo sólido inorgânico que não seria aproveitado, com mudanças em seus estados físico, físico-químico ou biológico, evitando a extração desnecessária de matérias-primas da natureza e reduzindo o volume de lixo acumulado (GRISA; CAPANEMA, s.d.). Assim, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, nessa forma de destinação final atribui-se características ao resíduo para que ele se torne novamente matéria-prima ou produto (BRASIL, 2010).

Além da reciclagem, têm-se também como destinação final, a compostagem, processo biológico de valorização da matéria orgânica em que, por um processo natural, os microrganismos degradam a matéria orgânica, transformando-a em húmus, um material muito rico em nutrientes e fértil (SCOM AMBIENTAL, 2017).

Além da reciclagem e compostagem, os resíduos sólidos urbanos também podem ser destinados às fases de recuperação e aproveitamento energético, nas quais sob a forma de calor, eletricidade ou combustíveis alternativos, há o reaproveitamento de resíduos sólidos ou de alguns dos seus componentes como insumo ou matéria-prima de outros processos e/ou atividades (SCOM AMBIENTAL, 2017).

Este processo envolve diferentes tecnologias, dentre elas, a conversão térmica, pirólise e gaseificação, com as quais é possível diversificar a matriz energética do país, prolongar a vida útil dos aterros sanitários e reduzir a emissão de gases poluentes (BRASIL, s.d.a).

- Conversão térmica: processo em que se utiliza água, calor ou pressão para converter resíduos orgânicos e inorgânicos em produtos químicos e compostos (SZIGETHY; ANTENOR, 2020).
- Pirólise: processo de degradação térmica de materiais na ausência de oxigênio, convertendo resíduos em combustíveis líquidos ou gasosos à altas temperaturas (SZIGETHY; ANTENOR, 2020).
- Gaseificação: processo cuja matéria-prima é alimentada em gaseificadores com quantidade limitada de ar, resultando em vapor, produtos químicos, eletricidade,

hidrogênio, fertilizantes e gás natural. Este processo é útil na manutenção da sustentabilidade de aterros (SZIGETHY; ANTENOR, 2020).

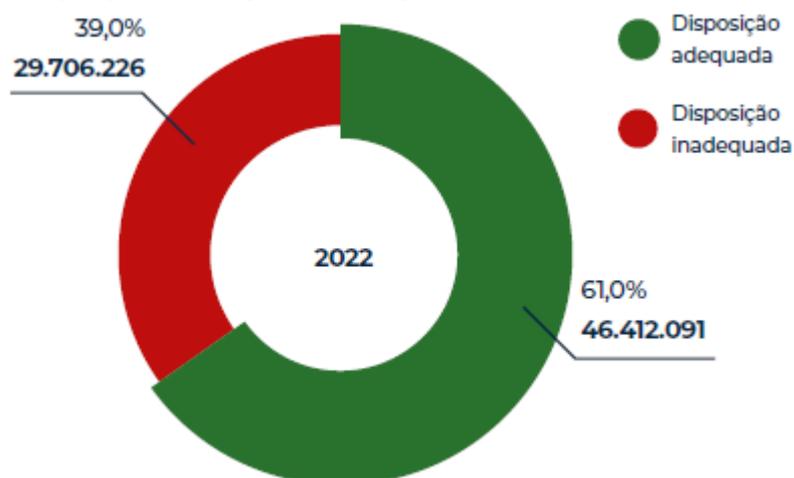
Caso os processos citados até o momento não sejam suficientes para a minimização total do resíduo sólido e tendo esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, os rejeitos devem ser depositados encaminhados para disposição final ambientalmente adequada a fim de reduzir o impacto ambiental (BRASIL, 2010).

## 2.4 DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos encontra-se em última posição na ordem de prioridade quanto a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Segundo o Panorama de 2022, apenas cerca de 61% (46,4 milhões de toneladas) dos resíduos sólidos coletados naquele ano, foi disposto adequadamente em aterros sanitários. Enquanto o montante de 29,7 milhões de toneladas de resíduos, 39% do total coletado, foi despejado inadequadamente em lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2022).

**Figura 2** – Disposição final adequada X inadequada de RSU no Brasil (t/ano e %) – 2022.



**Fonte:** ABRELPE (2022)

Na etapa de disposição final ocorre a conclusão do processo de gerenciamento de resíduos, bem como a determinação da disposição final de acordo com a natureza dos resíduos (SCOM AMBIENTAL, 2017).

Estes rejeitos podem ser destinados a lixões, aterro controlado ou aterro sanitário, entretanto, a única forma considerada uma disposição final adequada e permitida por Lei no Brasil é o aterro sanitário (ABRELPE, 2016).

A disposição inadequada de rejeitos pode ter diversas consequências negativas para o meio ambiente, saúde pública e economia. Além de gerar custos elevados com limpeza e remediações ambientais futuras, a disposição inadequada de rejeitos também pode ocasionar a contaminação do solo e corpos d'água, bem como contribuir para a proliferação de doenças e aumentar a emissão de gases do efeito estufa, prejudicando assim a qualidade de vida da população. Por isso, é fundamental investir em alternativas que incentivem a gestão integrada de resíduos sólidos e promovam a implementação de metodologias ambientalmente adequadas para a disposição de rejeitos seguindo as normas da ABNT e órgãos regulamentadores (ABNT, 1992; PORTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, s.d.).

#### 2.4.1 Aterro Comum

O aterro comum, popularmente conhecido como “lixão” ou “vazadouro a céu aberto”, é considerado uma forma inadequada de disposição final dos resíduos sólidos (ABRELPE, 2016).

Neste método, os resíduos são dispostos diretamente no solo e em áreas abertas, não havendo planejamento ambiental ou medidas de tratamento (FOGAÇA, s.d.). Tendo isso em vista, tem-se o risco de contaminação do solo, do ar e dos lençóis freáticos, além de atrair vetores como insetos e roedores, o que representa um risco para a saúde pública e o meio ambiente (PORTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS, s.d.).

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a previsão era de que houvesse o encerramento de todos os lixões até 2014, entretanto, apesar de ainda existirem muitos lixões em todo país, esta forma de dispor os resíduos sólidos não atende aos requisitos da ABNT NBR ISO 14001 (ABNT, 2004b; BRASIL, 2010).

Com o novo marco do saneamento básico, os prazos foram ampliados, sendo que capitais e regiões metropolitanas tiveram até agosto de 2021 e pequenas cidades ainda têm até 2024 para regularizar o seu sistema de geração de resíduos (ECO RESPONSE, 2021).

#### 2.4.2 Aterro Controlado

O aterro controlado, assim como aterro comum, é considerado uma forma inadequada de disposição final dos resíduos sólidos, sendo uma forma intermediária entre o aterro comum e o aterro sanitário (ABRELPE, 2016).

Neste método, os resíduos são dispostos em áreas cobertas isoladas, com controle de acesso e apenas resíduos não perigosos podem ser direcionados. Assim, os rejeitos são compactados e recobertos com uma camada de solo após cada disposição, sendo que, após o seu encerramento, o local recebe uma camada de argila e solo e é realizado o plantio de gramíneas (ECO RESPONSE, 2021).

Dessa maneira, considerando a supervisão e controle mínimos presentes neste modo, quando comparado com o aterro comum, o aterro controlado é considerado menos nocivo. Entretanto, ainda que atenuem alguns impactos ambientais, por não seguir todos os critérios técnicos e ambientais exigidos para um aterro sanitário como a impermeabilização do solo e a existência de um sistema de coleta de produtos (como chorume e gases nocivos), ainda apresenta riscos ambientais e sanitários significativos, sendo a forma ideal de disposição final dos rejeitos (TRANSLIX, s.d.).

#### 2.4.3 Aterro Sanitário

O aterro sanitário é considerado uma das formas mais adequadas para a disposição final de resíduos sólidos, sendo o método recomendado pela NBR 8419 de 1992 da ABNT.

Aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, consiste na técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho a intervalos menores se for necessário (ABNT, 1992).

Neste método, os resíduos são totalmente compactados e cobertos por camadas impermeabilizantes, de modo a seguir técnicas e critérios rigorosos de engenharia e controle ambiental que incluem a implementação de medidas como impermeabilização de base e laterais, recobrimento diário dos resíduos, cobertura final das plataformas de resíduos, coleta, drenagem e tratamento de lixiviados (chorume e água pluvial), coleta e tratamento de gases, drenagem superficial e monitoramento técnico e ambiental (ECO RESPONSE, 2021).

Ao adotar tais medidas, há redução da contaminação do solo, da água e do ar, além de minimizar odores e evitar a atração de vetores, ou seja, os aterros sanitários diminuem os impactos ambientais e previnem problemas relacionados à saúde pública relativos a disposição inadequada dos rejeitos (ABNT, 1992).

De acordo com normas da ABNT NBR 8419/1992, a construção de aterros sanitários deve seguir critérios rigorosos para assegurar a segurança e preservação ambiental, como escolher locais afastados de áreas urbanas e com pouca circulação de água, para evitar possíveis contaminações. Além disso, é importante que haja um estudo geotécnico prévio para garantir a resistência do terreno e prevenir deslizamentos, bem como seja criado um sistema de drenagem eficiente, para coletar os produtos resultantes e destiná-los adequadamente. Por fim, é fundamental contar com uma equipe de profissionais capacitados para gerenciar e monitorar o funcionamento do aterro, garantindo que todas as medidas estejam sendo cumpridas corretamente (ABNT, 1992).

A vida útil dos aterros sanitários é calculada durante o projeto e construção do aterro, sendo a estimativa feita com base na capacidade de armazenamento do lixo e na quantidade de resíduos gerados pela população atendida. Conforme a ABNT NBR 8419/1992, a vida útil mínima de um aterro sanitário é de 5 anos, podendo chegar a até 20 anos, dependendo das condições de operação e gestão. Após esse período, deve-se realizar o monitoramento e controle da área do aterro por um período mínimo de 30 anos, visando avaliar os impactos ambientais e prevenir possíveis contaminações no solo e em lençóis freáticos (ABNT, 1992).

Tendo isso em vista, apesar de os aterros sanitários apresentarem aspectos positivos e serem economicamente viáveis, estes possuem uma vida útil curta. Fato este que, somado com o aumento constante da população e da quantidade de resíduos gerados, reafirma a necessidade de se buscar alternativas que evitem o esgotamento prematuro dos aterros sanitários e minimizem os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos.

Nesse sentido, é fundamental propor medidas que prolonguem a vida útil dos aterros sanitários como através da redução na geração de resíduos, adoção de políticas de reciclagem e compostagem, incentivo à coleta seletiva, além da implantação de tecnologias que permitam o aproveitamento energético dos resíduos. Ao prolongar a vida útil dos aterros sanitários, essas medidas contribuem para a preservação do meio ambiente e para a garantia de um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Diante da demanda presente em muitos municípios, como Mirassol/SP, acerca da gestão adequada de resíduos, a pesquisa aumenta sua relevância para se posicionar em função das questões levantadas, adotando-se a modalidade estudo de caso que, segundo Gil (2002, p. 54), trata-se do “estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”.

A fim de concluir com êxito o objetivo deste trabalho, a metodologia adotada consta da coleta, sistematização e cruzamento de informações contidas em revistas eletrônicas e sites governamentais, nas bases de dados da Prefeitura de Mirassol e conteúdos advindos dos livros sobre a temática Gestão Ambiental. Este cruzamento se faz necessário, devido ao conhecimento disponível ser profundo e detalhado – livros – atualizado e moldado para as questões ambientais atuais – artigos e sites de órgãos públicos – e, por fim, específico de uma região, cidade de Mirassol/SP – coleta de dados da base de informações da prefeitura. Dessa forma, obtém-se um conhecimento adaptado e atual sobre a temática abordada no município de escolha.

De início, buscou-se artigos com os descritores em língua portuguesa combinados ao operador booleano, “gestão de resíduos e aterros sanitários”, nas bases de dados, Scielo e Google Scholar. A seguir, refinou-se a busca com estudos entre 2019 e 2023, atentando-se para trabalhos que fugissem da temática sobre o aumento da vida útil dos resíduos sólidos descartados em aterros. Dessa maneira, foram encontrados 34 artigos, submetidos a leitura do resumo e, destes, 6 foram selecionados para auxiliar esta dissertação.

Concomitantemente a isso, consultou-se publicações dos órgãos federais e estaduais que pesquisam e atuam como a CETESB, o Ministério do Meio Ambiente e o IBGE, para uma análise rica do panorama atual do tratamento e disposição final do lixo, como dados demográficos e do saneamento da cidade de Mirassol e outras cidades semelhantes (Tupã/SP; Botucatu/SP) para fins comparativos.

A partir de todas as fontes acima citadas houve a possibilidade de uma construção solidária para a elaboração de uma proposta de melhoria da gestão dos resíduos sólidos para a cidade de Mirassol/SP, com apontamento das vantagens e desvantagens do sistema do aterro sanitário já implantado na cidade.

Todo o corpo desse trabalho relativo ao gerenciamento sólido urbano (RSU) não esgota a possibilidade de uma gestão integrada dos processos de tratamento com outras cidades, sendo necessário um esforço conjunto de interesses públicos para as parcerias obterem êxito, como a

Região Metropolitana de São José do Rio Preto/SP, cujo município possui mais de 500.000 (quinhentos mil) habitantes.

Os estudos se complementam com duas faces: parte do princípio de conhecer os tipos de resíduos sólidos, aprofundando o conhecimento das vantagens e desvantagens de cada sistema de tratamento de resíduo e, na outra face, as necessidades da Prefeitura de Mirassol e os fatores impeditivos de executar o tratamento eficaz e correto dos resíduos sólidos de sua municipalidade.

A metodologia consiste em 3 etapas, sendo elas:

### **Etapa 1: Caracterização da área de estudo**

- Aterros sanitários de Mirassol/SP;
- Levantamento documental;
- Organização das informações coletadas.

### **Etapa 2: Caracterização e quantificação dos resíduos sólidos**

- Coletar dados sobre os resíduos sólidos dispostos;
- Caracterizar os resíduos sólidos quanto a possibilidade de reciclagem (não disposição no aterro sanitário);
- Quantificação destes resíduos sólidos.

### **Etapa 3: Sugestões de melhorias para aumentar a vida útil do aterro**

- Síntese entre de tratamentos de resíduos sólidos disponíveis e a viabilidade de implantação;
- Apresentação dos resultados mais relevantes da pesquisa;
- Apresentação de sugestões.

## **3.1 ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Esta etapa teve como propósito apresentar uma contextualização sobre a área de estudo, incluindo o histórico do município de Mirassol e as características dos municípios vizinhos. Para obter essas informações e apresentar a pesquisa, foi realizada uma reunião com o chefe do Poder Executivo de Mirassol, o prefeito Edson Antônio Ermenegildo, em 23 de maio de 2022. Foram solicitados documentos da coleta de resíduos que pudessem ser estudados para entender sua formação e atuação ao longo dos anos. A seguir, realizou-se uma pesquisa documental, que segundo Gil (2002, p. 45) “vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico,

ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetos da pesquisa”. Foram utilizados para isso os documentos fornecidos pela Prefeitura de Mirassol e informações disponíveis nos endereços eletrônicos da prefeitura, governo de São Paulo, Atlas Brasil e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Comitê da Bacia Hidrográfica do Turvo Grande (CBH-TG).

Foram coletados e apresentados dados de população, Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), Região de Planejamento, Bacia Hidrográfica e Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) a que pertencem, para fazer uma caracterização preliminar da área de estudo.

Para apresentação dos resultados ao longo deste trabalho, optou-se por distribuir os municípios nas faixas populacionais propostas no diagnóstico elaborado pelo SNIS (BRASIL, 2019<sup>a</sup>), que podem ser vistas na Tabela 1. A distribuição observará a população total dos municípios em 2019, de acordo com a estimativa do IBGE.

**Tabela 1** - Faixas populacionais consideradas pela pesquisa.

<b>Faixa populacional</b>	<b>Intervalo da faixa (hab.)</b>
1	População total ≤ 30.000
2	30.000 < População total ≤ 100.000
3	100.000 < População total ≤ 250.000

**Fonte:** Adaptado de Brasil (2019<sup>a</sup>)

Além disso, realizou-se uma estimativa da população urbana em 2019 do município de Mirassol, considerando uma taxa de urbanização de 84,7%, assim como adotado no Brasil (2019<sup>a</sup>, p. 34), de acordo com a Equação 1:

$$P_{urb} = \frac{(84,7 \times P_{total})}{100} \quad (1)$$

Em que:

$P_{urb}$  = População urbana em 2019;

$P_{total}$  = População total em 2019, segundo o IBGE.

### 3.2 ETAPA 2: CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Para diagnosticar a melhor forma de tratamento dos resíduos, faz-se necessário conhecer a composição dos resíduos e suas particularidades, sendo elaborado um estudo dividido em 2

etapas: em primeiro lugar, a coleta de dados do município de Mirassol e de sua população, referentes às práticas de descarte adequado, disponibilidade de aterros, acesso populacional a coleta e geração de resíduos. Na segunda etapa, a elaboração do diagnóstico das necessidades do município foi embasada de acordo com o perfil traçado dos resíduos sólidos. A partir do perfil e da quantificação, foi possível tecer soluções robustas para o município de Mirassol.

### 3.2.1 Coleta de Dados e Bibliografia

Nessa etapa, foram realizadas a coleta e cruzamento de informações, entre as informações contidas nas bases de dados governamentais de Mirassol - como citado anteriormente nos métodos abordados - bem como, a consulta de livros e artigos relacionados com o tema abordado. Vale ressaltar que, todos os dados contidos neste trabalho, são públicos e acessíveis a qualquer cidadão, não utilizando-se meios próprios, como entrevistas ou questionários.

### 3.2.2 Elaboração dos Diagnósticos

A partir dos dados coletados e por meio de uma pesquisa documental dos materiais fornecidos, foram elaborados dois diagnósticos: um do perfil dos resíduos sólidos produzidos pela cidade, para identificar a necessidade real do Município de Mirassol, e o outro sobre a viabilidade de implantação do Sistema de Tratamento de Resíduos Sólidos. Os tópicos explorados em cada um dos diagnósticos foram expostos no Quadro 2.

**Quadro 2** – Tópicos abordados nos diagnósticos dos consórcios e dos municípios

<b>Diagnóstico</b>	<b>Tópico abordado</b>	<b>Detalhamento</b>
Resíduos Sólidos	Resíduos orgânicos	Os grandes problemas para a reciclagem e separação dos resíduos orgânicos
	Resíduos recicláveis	Fomentação do sistema de coleta reciclável
	Rejeitos	Como aumentar a vida útil dos aterros sanitários
Município	Setor responsável pelos RSU	Área de atuação, número de funcionários, despesas, cobrança pelo serviço, planos de gestão, prioridades.
	Características dos resíduos domiciliares	Quantidade coletada; composição gravimétrica
	Etapas do gerenciamento	Coleta, triagem, reciclagem, tratamento, disposição final
	Educação ambiental	Opinião dos gestores sobre o tema; ações e materiais informativos encontrados

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

### 3.2.3 Elaboração do Diagnóstico das Necessidades do Município

O diagnóstico das necessidades do município de Mirassol foi pautado sobre os sistemas de tratamento de resíduos sólidos que seriam mais viáveis de serem implantados e que teriam maior eficácia, tendo em vista o tipo de resíduos produzidos pela cidade. Desta forma, foi possível identificar quais as pretensões do município, para depois avaliá-las em relação ao atendimento da ordem de prioridade da PNRS.

Após o diagnóstico do método de gestão de resíduos a ser implantado, passou a ser perquirido sobre os sistemas de tratamento de resíduos já existentes, do que seria preciso para melhorá-los, aumentar a eficácia de seu sistema de tratamento e quais erros estariam sendo cometidos.

As respostas das questões e os dados brutos coletados foram organizados em categorias de análise iniciais de acordo com o tema, a partir da identificação de ideias centrais e palavras-chave.

### 3.2.4 Diagnóstico dos Resíduos

É imprescindível categorizar os resíduos do município para compreender as necessidades da população e, se o sistema de tratamento de resíduos, é indicado para aquele volume de dejetos produzidos. A eficácia do sistema de tratamento é uma parcela importante do trabalho, pois o objetivo do sistema de tratamento é diminuir a quantidade de descartes para aumentar a vida útil das estruturas de aterro sanitário.

As questões levantadas se dividem em resíduos orgânicos e inorgânicos. Para os quesitos orgânicos, a pesquisa apresentou uma quantidade de dados maior - haja vista a quantidade de resíduos produzidos pelo município - sejam resíduos verdes ou domésticos e que possuem destino certo no aterro sanitário local. Já os resíduos inorgânicos, possuem apenas a coleta seletiva e nada mais. As questões apontam para o campo teórico em relação a esse tipo de resíduo, tendo em vista que não existe tratamento na cidade.

Este tópico buscou identificar a quantidade de resíduos coletados diariamente no município estudado (Mirassol/SP) e, desse total, qual a quantia de recicláveis, orgânicos e outros que, correspondem aos rejeitos e aos reaproveitáveis.

Para padronização das informações de quantidade encontradas, calculou-se quantos quilos foram coletados em um ano, considerando quantos dias por semana ocorria a coleta e, ao final, o valor foi dividido por 365 dias. A seguir, estimou-se a quantidade *per capita* coletada, dividindo o total coletado pela população urbana em 2022.

Os dados faltantes de quantia coletada foram estimados a partir das informações do município. Inicialmente foi calculada a média da quantidade *per capita* coletada para cada faixa populacional ( $PC_{faixa}$ ) com as informações do município. Multiplicando esse valor pela população urbana estimada em 2019 dos municípios que não forneceram o dado, obteve-se a quantidade total coletada em cada um deles ( $Q_T$ ), de acordo com a Equação 2.

$$Q_T = PC_{faixa} \times P_{urb} \quad (2)$$

Em que:

$Q_T$  = Quantidade total coletada de resíduos domiciliares (kg/dia);

$PC_{faixa}$  = Quantidade coletada *per capita* média da faixa populacional a que o município pertence (kg/hab./dia);

$P_{urb}$  = População urbana estimada para 2019 do município (hab.);

### 3.3 ETAPA 3: SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA AUMENTAR A VIDA ÚTIL DO ATERRO

Foram elaborados quesitos sobre os métodos de tratamento de resíduos para que fosse compreendido como os sistemas se encaixavam na realidade da cidade. Muitas vezes era citado a cidade de São José do Rio Preto/SP, uma grande cidade próxima, com uma estrutura sólida que oferece serviços conveniados para as cidades próximas.

#### 3.3.1 Avaliação dos Métodos de Tratamento com Vantagens e Desvantagens

Apesar desta pesquisa focar nos resíduos domiciliares, optou-se por uma abordagem mais ampla no primeiro tópico deste diagnóstico, que se trata do setor, envolvendo a gestão e o gerenciamento de RSU como um todo, incluindo serviços relacionados aos domiciliares e aos de limpeza urbana.

Esta escolha se deve ao fato de que, um sistema de tratamento de resíduos cuida dos dois tipos de resíduos e, em grande parte, não há diferenciação em dois temas distintos. Além disso, o panorama de 2018 do foi utilizado para comparação e discussão de resultados, e os seus dados de resíduos domiciliares e de limpeza urbana, são apresentados de forma conjunta.

A avaliação dos métodos de tratamento de resíduos, trouxeram um grande volume de dados que foram organizados e classificados para que pudessem apresentar as vantagens e desvantagens de cada sistema, compreendendo, inclusive, os custos de implantação para colocação em funcionamento. Neste primeiro tópico foram apresentados dados sobre o tipo de resíduo e qual sistema de tratamento era o indicado até abranger todos os tipos de descartes.

A coleta de dados demonstra resultados muito claros, porém nem sempre é viável, financeiramente, a implantação do sistema de tratamento de resíduos. Objetivou-se traçar uma estratégia, em que fosse analisado o benefício do sistema e o custo que ele traz para a cidade.

Uma síntese entre os sistemas de tratamento de resíduos e a viabilidade de implantação, varia de município para município, e pode ser tornar uma ferramenta padrão de partida para pequenas cidades, que planejam iniciar o tratamento de resíduos.

### 3.3.2 Iniciativas de Educação Ambiental

O penúltimo tópico do diagnóstico do município de Mirassol apresentou informações sobre a educação ambiental, identificando se eles a promoviam, quais os meios utilizados e qual, potencialmente, seria o mais eficiente.

Para complementar essas informações, foi realizada uma busca no *site* da prefeitura, utilizando as palavras-chave: educação ambiental, coleta seletiva, lixo, resíduo, reciclagem e compostagem. Foram selecionados notícias e materiais do ano 2022 que tivessem caráter educativo ou orientativo relacionados com resíduos domiciliares. As informações que foram publicadas sem data não foram consideradas.

Os dados foram separados em dois quadros: um com as notícias que descreviam ações de educação ambiental realizadas em Mirassol e o outro listando materiais informativos (e.g., notícias, panfletos, cartilhas e cartazes), elaborados para divulgar informações e orientar a população. Para cada iniciativa de educação ambiental encontrada, foram identificadas as temáticas abordadas.

Em todos os casos, avaliou-se a abordagem da não geração, redução, reutilização, reciclagem (e.g., orientações sobre separação e coleta seletiva, campanhas de recebimento e troca de recicláveis), tratamento (e.g., incentivo à compostagem doméstica) e/ou disposição final, ou seja, as categorias da ordem de prioridade da PNRS, 2022.

A partir dos resultados obtidos nas avaliações dos métodos do gerenciamento de resíduos e das iniciativas de educação ambiental, foram apresentadas e discutidas possíveis soluções para os problemas identificados.

### 3.3.3 Elaboração de Sugestões

Após avaliar a atuação do município de Mirassol, em relação à ordem de prioridade da PNRS, foi possível identificar fatores que precisam receber atenção dos gestores para melhorar o gerenciamento de resíduos domiciliares. Em contrapartida, analisou-se a viabilidade, necessidade da implantação e melhores métodos para a implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos. Como dito anteriormente, este trabalho pautou-se no município de Mirassol/SP, contudo, abordou-se de forma a fornecer possibilidade de estudo e auxílio a outros municípios.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ETAPA 1: CARACTERIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE MIRASSOL

#### 4.1.1 Caracterização geral do município de Mirassol/SP

O município de Mirassol está localizado no noroeste paulista, sendo seu clima tropical e seu bioma definido pelo cerrado e Mata Atlântica. O território do município de Mirassol abrange uma área de 245 km<sup>2</sup> dividida em área rural (197,93 km<sup>2</sup>) e área urbana (47,07 km<sup>2</sup>) (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019).

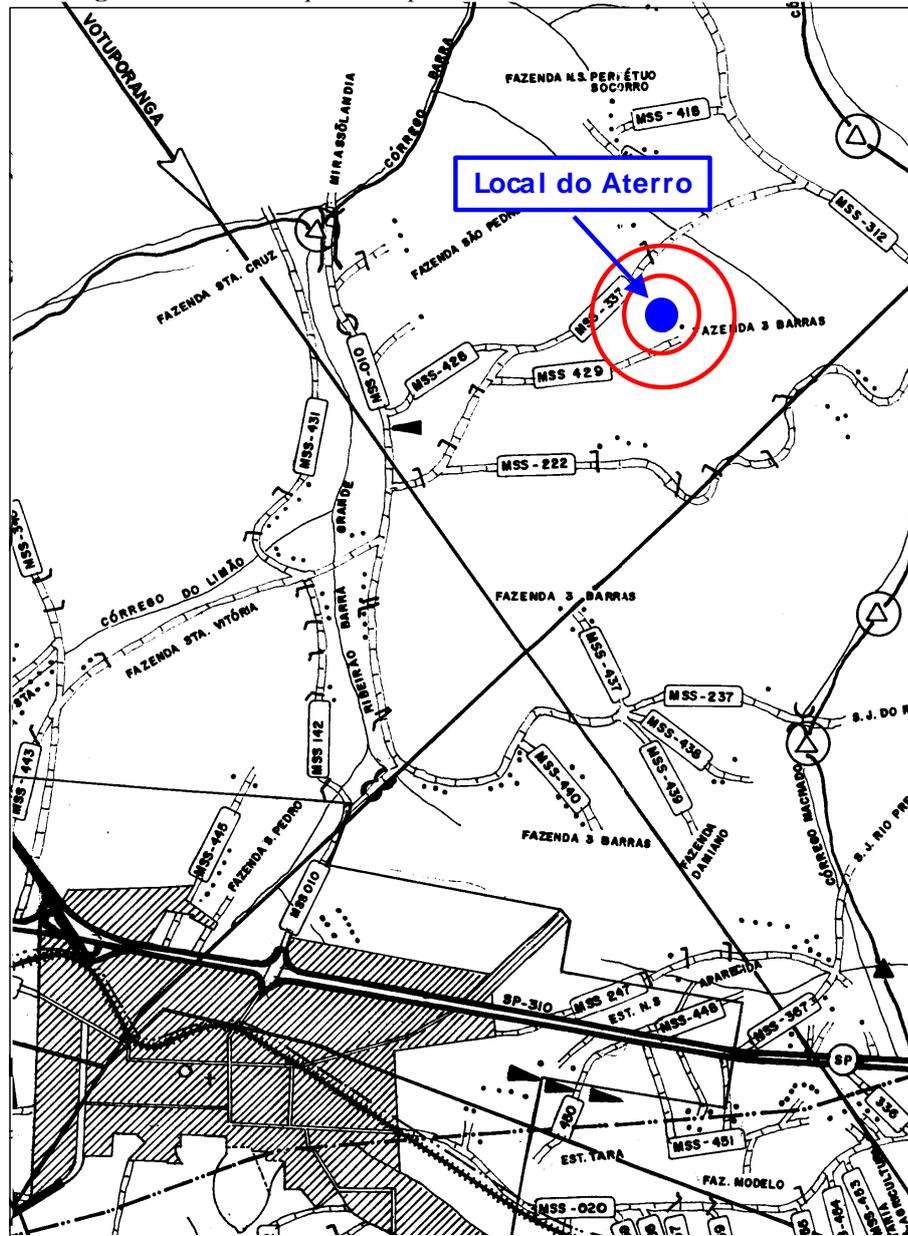
Segundo o Censo de 2022, a população de Mirassol chegou a 63.337 pessoas, sendo que, comparado ao último levantamento, que aconteceu em 2010, a população mirassolense aumentou 17,74%. Tendo isso em vista, segundo os levantamentos do mesmo ano, sua densidade demográfica é de 260,40 habitantes/km<sup>2</sup> (IBGE, 2022a).

Colocando em evidência o meio ambiente, segundo os últimos dados divulgados pelo IBGE em 2022, o município conta com 97,7% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, 97,9% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 11% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) (IBGE, 2022a).

#### 4.1.2 Caracterização do Aterro Sanitário de Mirassol

O aterro sanitário do município de Mirassol apresenta acesso pelas estradas municipais sem pavimentação MSS-010 e MSS-429 (Figura 4), estando localizado próximo à sede da Fazenda Três Barras, cerca de 7 km ao Norte do centro urbano municipal. Além disso, encontra-se em cotas elevadas, na divisa das bacias hidrográficas de Ribeirão da Barra Grande e Córrego Ortiga (CAVALARI, 1997).

Figura 3 - Local em que foi implantado o aterro sanitário de Mirassol/SP



Fonte: CAVALARI (1997)

O terreno possui 365.130 km<sup>2</sup>, entretanto, a área escolhida para a implantação do aterro é mais restrita devido a elevada projeção de resíduos gerados pelo município. Topograficamente, esta área apresenta um desnível de 10 m em uma distância de 500 m, resultando em um declive médio de 2,0% - o ponto mais baixo, situa-se na cota 515 m, ao longo de 1.1000 m e, a cota mais elevada e mais baixa estão, respectivamente, na curva 550 e 545 (CAVALARI, 1997).

Geologicamente, a área destinada a construção do aterro sanitário apresenta substrato rochoso caracterizado por Formação Adamantina, a qual é composta de arenitos de origem fluvial, assim, constitui-se um solo arenoso de granulação fina à média, de textura média, de

cor avermelhada e apresenta aspecto visual e características físicas bastante homogêneas (CAVALARI, 1997).

**Figura 4** – Vista aérea do aterro sanitário de Mirassol/SP



**Fonte:** GoogleMaps (2023)

Em relação à proximidade da área do aterro de mananciais, este encontra-se localizado a 300 m da nascente de um pequeno córrego contribuinte do Rio Ribeirão da Barra Grande que é contribuinte do Rio Preto, da Bacia do Rio Turvo Grande. De modo geral, as águas do Ribeirão da Barra Grande são utilizadas para irrigação e dessedentação de animais, para as localidades situadas próximas às suas margens (CAVALARI, 1997). Em relação ao uso do solo da área do aterro e de sua zona adjacente, estas áreas são destinadas a uso agrícola e pastoril (CAVALARI, 1997).

Sobre as avaliações realizadas pelos órgãos competentes podemos citar o IQR – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos no Estado de São Paulo, realizado pela CETESB. No “INVENTÁRIO ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS 2021 – CETESB” o aterro sanitário do município de Mirassol recebeu IQR = 8,8, que é igual a nota média no estado para o referido ano.

#### 4.1.3 Projeção do Crescimento Populacional

Considerando o exposto, é necessário evidenciar as projeções de crescimento populacional previstas nos diversos documentos utilizados na edificação e gerenciamento do

aterro sanitário da cidade de Mirassol/SP, bem como compará-los, a fim de determinar o melhor caminho a se traçar e quais medidas tomar para a gestão correta dos resíduos.

#### 4.1.3.1 População Estimada no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol

O Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol foi elaborado em julho de 1997, sendo realizada uma projeção de crescimento populacional a partir de 1997 até o ano de 2025 (Tabela 3).

**Tabela 2** - Projeção do crescimento populacional no município de Mirassol/SP segundo o Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol.

Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003
População estimada	46.845	48.447	50.103	51.815	53.586	55.418
Ano	2004	2005	2006	2007	2008	2009
População estimada	57.312	59.271	61.297	63.393	65.559	67.800
Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015
População estimada	70.118	72.515	74.993	77.557	80.208	82.949
Ano	2016	2017	2018	2019	2020	2021
População estimada	85.785	88.717	91.749	94.885	98.129	101.483
Ano	2022	2023	2024	2025		
População estimada	104.952	108.539	112.249	116.086		

Fonte: CAVALARI (1997)

#### 4.1.3.2 População Estimada no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol

Anos após a elaboração do Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol, desenvolveu-se o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol com o objetivo de gerenciar adequadamente os resíduos produzidos pelo município, sendo realizada uma nova projeção do crescimento populacional no município de Mirassol.

**Tabela 3** - Projeção do crescimento populacional no município de Mirassol/SP segundo o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol.

Ano	2019	2020	2021	2022	2023	2024
População estimada	59.697	60.254	60.788	61.299	61.786	62.248
Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030
População estimada	62.686	63.097	63.481	63.839	64.170	64.472
Ano	2031	2032	2033	2034	2035	2036
População estimada	64.746	64.991	65.647	66.310	66.980	67.656
Ano	2037	2038	2039	2040		
População estimada	68.340	69.030	69.727	70.431		

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL (2019)

#### 4.1.3.3 Crescimento Populacional

A fim de avaliar de forma verídica o crescimento populacional na cidade de Mirassol no decorrer das duas últimas décadas, elaborou-se a Tabela 5.

**Tabela 4** - Crescimento populacional no município de Mirassol.

Ano	2000	2010	2020	2021	2022
Número de habitantes	48.312	53.792	60.303	60.768	63.337

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

#### 4.1.3.4 Comparação

Tendo em vista as divergências entre as projeções com o número estimado de habitantes diante dos números reais, nota-se a necessidade de compará-los, a fim de averiguar o quão equivocados estavam os dados, não apenas referente ao número de habitantes, mas também a estimativa de geração de resíduos, a qual é primordial para a construção e manejo do aterro sanitário.

Para a análise da Tabela 6, considere:

Projeção 1: Projeção do crescimento populacional elaborada no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol.

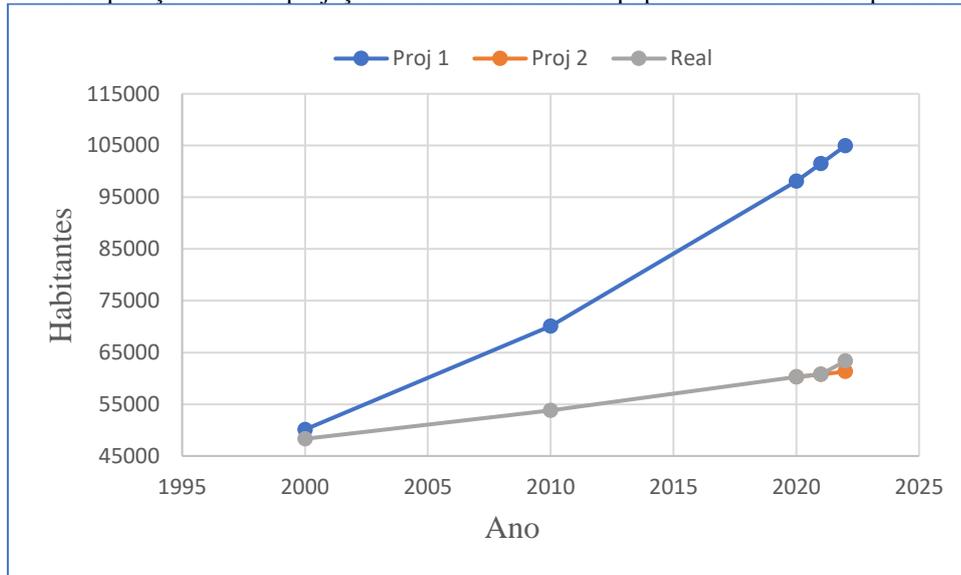
Projeção 2: Projeção do crescimento populacional elaborada no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol.

**Tabela 5** - Comparação entre as projeções e o real crescimento populacional no município de Mirassol.

Ano	Projeção 1	Projeção 2	Crescimento real
2000	50.103	-	48.312
2010	70.118	-	53.792
2020	98.129	60.254	60.303
2021	101.483	60.778	60.768
2022	104.952	61.299	63.337

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023).

**Figura 5** - Comparação entre as projeções e o real crescimento populacional no município de Mirassol.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

Ao comparar as projeções do crescimento populacional elaboradas no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol e no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol com os dados do real crescimento populacional dos anos em que se tem registro (2000, 2010, 2020, 2021 e 2022), observa-se que as duas projeções se encontram diferentes da realidade.

Segundo a projeção presente no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol, em todos os anos indicados na Tabela 3, o número de habitantes encontra-se superestimado, uma vez que segundo esta fonte, a projeção do crescimento populacional para o ano de 2022 era de 104.952 habitantes, enquanto segundo o Censo de 2022, a população atual é de 63.337 pessoas. Ou seja, segundo esta estimativa, haveria no ano de 2022, 41.615 habitantes a mais do que realmente há.

Diferentemente da estimativa inicial realizada durante a elaboração do Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol, nota-se que a projeção do crescimento populacional segundo o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol mostrou-se mais verossímil com a realidade ilustrada no Censo de 2022. Ou seja, segundo esta estimativa, haveria no ano de 2022, 2.038 habitantes a menos do que realmente há.

Ao analisar e comparar tais projeções nota-se que, em termos quantitativos, a projeção estimada pelo Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol (Projeção 2), embora esteja mais próxima do crescimento populacional que ocorreu no decorrer dos anos, encontra-se subestimada, o que acarretaria superlotação do aterro projetado, visto que esperava menos habitantes.

Em contrapartida, embora a estimativa populacional presente no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol (Projeção 1) seja mais discrepante quantitativamente do real número de habitantes, o número previsto mostra-se superior ao real, de forma indicar a necessidade de um aterro sanitário com mais capacidade que necessário.

Dessa maneira, após comparar as duas projeções, tem-se que a presente no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol mostrou-se mais efetiva, visto que ao superestimar o crescimento populacional, abriu espaço para que não houvesse problemas futuros relacionados com o esgotamento precoce dos recursos e espaço do aterro sanitário projetado no município.

#### 4.1.3.5 Comparação Intermunicipal – Mirassol | Tupã

O município de Tupã está localizado no noroeste paulista, estando a 514 km a Noroeste da capital São Paulo e a 191 km da cidade de Mirassol. O território do município abrange uma área de 627,986 km<sup>2</sup>, contando com uma área urbana de 19,44 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022b).

Segundo o Censo de 2022, a população de Tupã chegou a 63.928 pessoas, sendo que, comparado ao último levantamento, que aconteceu em 2010, a população tupãense aumentou 0,71%. Tendo isso em vista, segundo os levantamentos do mesmo ano, sua densidade demográfica é de 101,80 habitantes/km<sup>2</sup> (IBGE, 2022b).

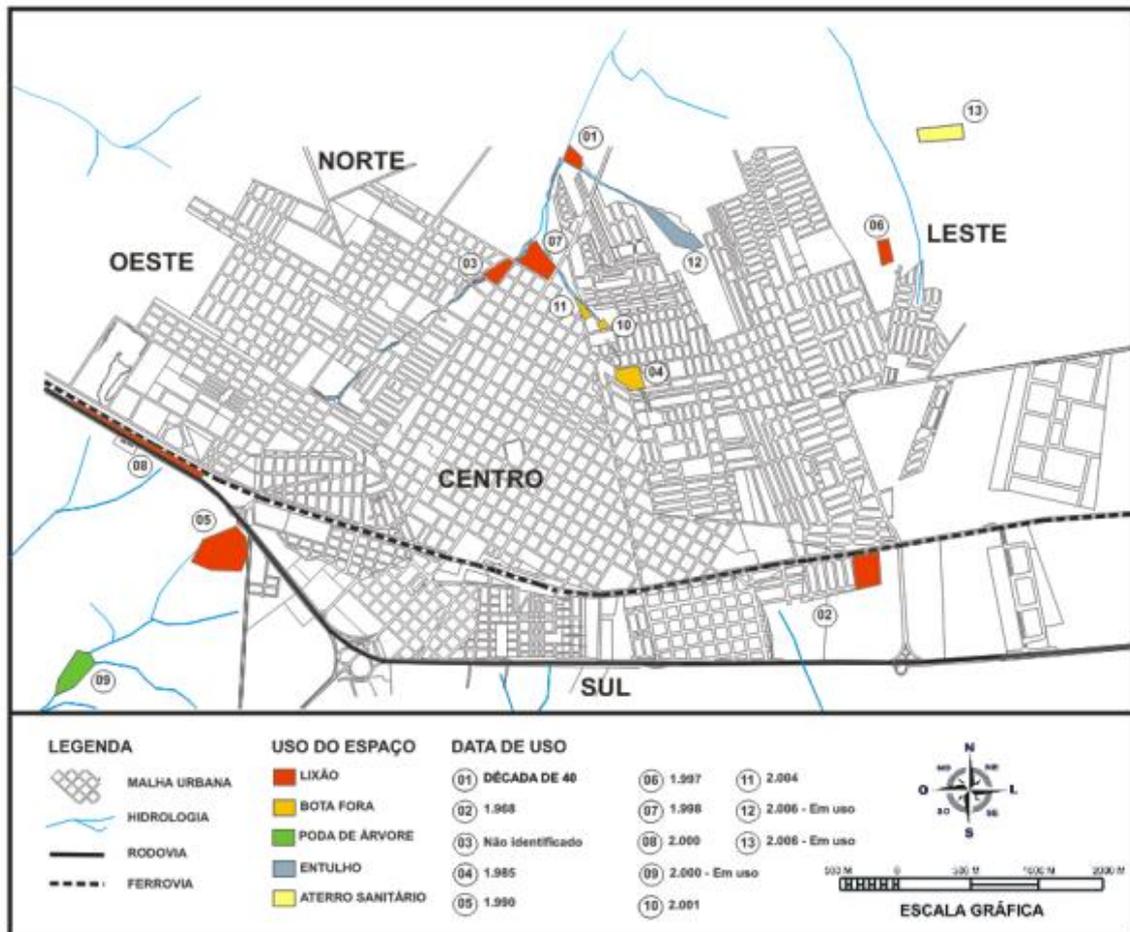
Assim, levando em consideração sua localização geográfica e seus dados demográficos, Tupã é um excelente município para uma comparação intermunicipal com a cidade de Mirassol quanto o âmbito sanitário.

Segundo os dados da Prefeitura Municipal de Tupã, o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do município apresenta uma estrutura ampla, uma vez que direciona os resíduos aptos a reciclagem à Cooperativa de Recicladores de Tupã (COORETUP), na qual os cooperados realizam a triagem, prensagem, enfardamento e a comercialização do material. Já os demais resíduos são destinados ao aterro sanitário do município, o qual recebe diariamente cerca de 80 toneladas de lixo, os quais não passam por nenhum tipo de tratamento (PREFEITURA MUNICIPAL DE TUPÃ, 2018).

Além do aterro sanitário municipal e da COORETUP, a prefeitura ainda apresenta o depósito do Quixote, destinado ao depósito de galhos e podas de árvores, bem como o Aterro de Resíduos da Construção Civil, destinado ao depósito de resíduos da construção civil (PREFEITURA MUNICIPAL DE TUPÃ, 2016).

A Figura 6 demonstra os locais utilizados para o descarte de diferentes tipos de resíduos sólidos na área urbana de Tupã, sendo possível observar a localização de lixões em áreas de nascente e em margens de cursos d'água, além de botas-foras e depósitos de entulho.

**Figura 6 -** Histórico dos Depósitos Tecnogênicos na Cidade de Tupã.



Fonte: BENINI; MARTIN (2012)

Embora os materiais produzidos entre os anos de 2010 e 2016 demonstrem que o município de Tupã estaria desenvolvendo um programa de Gestão Ambiental Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos (GAIRSU), ou seja, que atualmente já haveria de estar finalizado, o mesmo não foi localizado, sendo os dados utilizados a seguir extraídos dos documentos citados anteriormente.

Desde 2001, o município implantou o projeto de coleta seletiva intitulado "Reciclar é Legal", iniciativa esta que abrange a coleta seletiva tanto na cidade de Tupã como nos seus distritos urbanos. O projeto representa um avanço em termos de gestão ambiental, visto que a coleta e a reciclagem de resíduos sólidos são exemplos eficientes de desenvolvimento

sustentável, possibilitando a harmonização das questões ambientais, econômicas e sociais em um único contexto (BENINI; MARTIN, 2012).

Quanto a geração de resíduos sólidos, segundo o Censo de 2010, o município gerou naquele ano um valor estimado de 1,13 kg/hab.dia, contra um valor estimado de 0,980 kg/hab.dia gerado na cidade de Mirassol (IBGE, 2010).

Quanto a composição dos resíduos sólidos, não foram identificados dados específicos da cidade de Tupã, entretanto, a caracterização dos resíduos sólidos domiciliares de um município pode ser comparada a de outros ou até mesmo utilizada como base para municípios que ainda não tenham caracterizado os resíduos, desde que as populações tenham características semelhantes. Dessa maneira, utilizou-se o município de Tupã para termos comparativos, no qual os resíduos sólidos foram caracterizados como 74,1% de matéria orgânica e 7,6% de papel e papelão (maiores percentuais). Assim, considera-se que os resíduos sólidos domiciliares do município de Tupã é constituído na sua maior parte de material orgânico (OLIVEIRA et al, 1999; PEREIRA & PEREIRA, 2010)

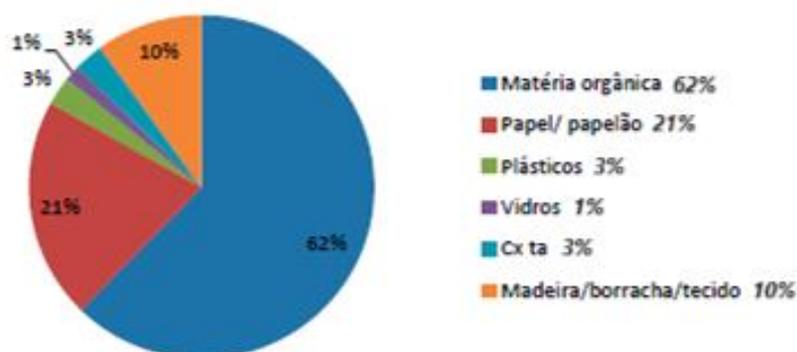
Diante do exposto, tem-se que a Estância Turística de Tupã apresenta uma estrutura complexa para realizar a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos, colocando o Município de Tupã em vantagem frente à maioria dos demais municípios brasileiros. Quando comparado a Mirassol, ambos os municípios apresentam aspectos geográficos e demográficos semelhantes, bem como possuem valores estimados de geração de resíduos sólidos e composição de resíduos sólidos análogas.

## 4.2 ETAPA 2: CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

### 4.2.1 Projeção da Geração de Resíduos Sólidos em Mirassol/SP

Levando em consideração a utilização de valores típicos caracterizados em função do estágio de desenvolvimento ou renda “*per capita*” da região, estima-se que, qualitativamente, os resíduos da cidade de Mirassol incluem, em ordem crescente, um montante de matéria orgânica, papeis, plástico, vidro, tetrapak, madeira, borracha, tecido, dentre outros (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019).

**Figura 7** - Caracterização física dos resíduos domiciliares de Mirassol – SP.



**Fonte:** PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL (2019)

Até o ano de 1997, o município de Mirassol não apresentava nenhum levantamento quantitativo dos resíduos produzidos e coletados na cidade, entretanto, foi considerado pelo Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol um valor de 500 g/hab.dia contemplando as características locais e as estimativas volumétricas realizadas a partir dos veículos coletores (CAVALARI, 1997).

Em documentos mais atuais, como no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol, o levantamento quantitativo dos resíduos produzidos e coletados na cidade encontra-se presente e diverge-se do valor estimado pelo documento citado anteriormente. Segundo o documento em questão, considerando os dados de geração de resíduos domiciliares recicláveis secos de janeiro de 2017 a janeiro de 2019, a cidade de Mirassol apresenta uma geração *per capita* de 815 g/hab.dia, ou seja, cerca de 43,86 toneladas ao dia. Os resíduos sólidos domiciliares orgânicos, por sua vez, a partir de janeiro de 2019, passarão em sua totalidade por um processo de usinagem, não sendo destinados aos aterros sanitários (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019).

Assim como a projeção do crescimento populacional, os documentos utilizados até o momento nesta discussão também propuseram uma estimativa quanto a geração de lixo no município de Mirassol, a qual será evidenciada a seguir.

#### 4.2.2 Geração de Resíduos Sólidos Estimada no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol

Assim como a estimativa do crescimento populacional, o Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol realizou uma projeção da geração de lixo no município de Mirassol entre os anos de 1998 e 2025.

**Tabela 6** - Projeção da geração de lixo no município de Mirassol segundo o Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol (em toneladas).

Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Geração anual estimada	8.432	8.720	9.018	9.327	9.646	9.975
Ano	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Geração anual estimada	10.316	10.669	11.034	11.411	11.801	12.204
Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Geração anual estimada	12.621	13.053	13.499	13.960	14.437	14.931
Ano	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Geração anual estimada	15.441	15.969	16.515	17.079	17.663	18.267
Ano	2022	2023	2024	2025		
Geração anual estimada	18.891	19.537	20.205	20.895		

Fonte: CAVALARI (1997)

#### 4.2.3 Geração de Resíduos Sólidos Estimada no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol

Não diferente do Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol, o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol realizou em 2019 uma nova projeção da geração de lixo no município de Mirassol entre os anos de 2019 e 2040.

**Tabela 7** - Projeção da geração de lixo no município de Mirassol segundo o Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol (em toneladas).

Ano	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Geração anual estimada	17.461	17.924	18.083	18.235	18.380	18.517
Ano	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Geração anual estimada	18.647	18.770	18.884	18.990	19.089	19.179
Ano	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Geração anual estimada	19.260	19.333	19.528	19.725	19.925	20.120
Ano	2037	2038	2039	2040		
Geração anual estimada	20.329	20.535	20.742	20.951		

Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL (2019)

#### 4.2.4 Geração de Resíduos Sólidos

A fim de avaliar de forma verídica como ocorreu a geração de resíduos sólidos na cidade de Mirassol no decorrer dos últimos anos três anos, elaborou-se a seguinte Tabela 9. O valor de 2023 foi obtido utilizando a média dos 5 primeiros meses extrapolada para o ano todo.

**Tabela 8** - Geração de resíduos sólidos no município de Mirassol (em toneladas).

Ano	2021	2022	2023
Geração anual	16.500	16.837	17.831

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

#### 4.2.5 Comparação

Considerando as divergências de dados encontradas durante a análise das projeções diante dos dados reais da geração de resíduos sólidos, nota-se a necessidade de compará-los, a fim de averiguar o quão equivocados estavam os dados.

Para a análise da Tabela 10, considere:

Projeção 1: Projeção da geração de lixo elaborada no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol.

Projeção 2: Projeção da geração de lixo elaborada no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol.

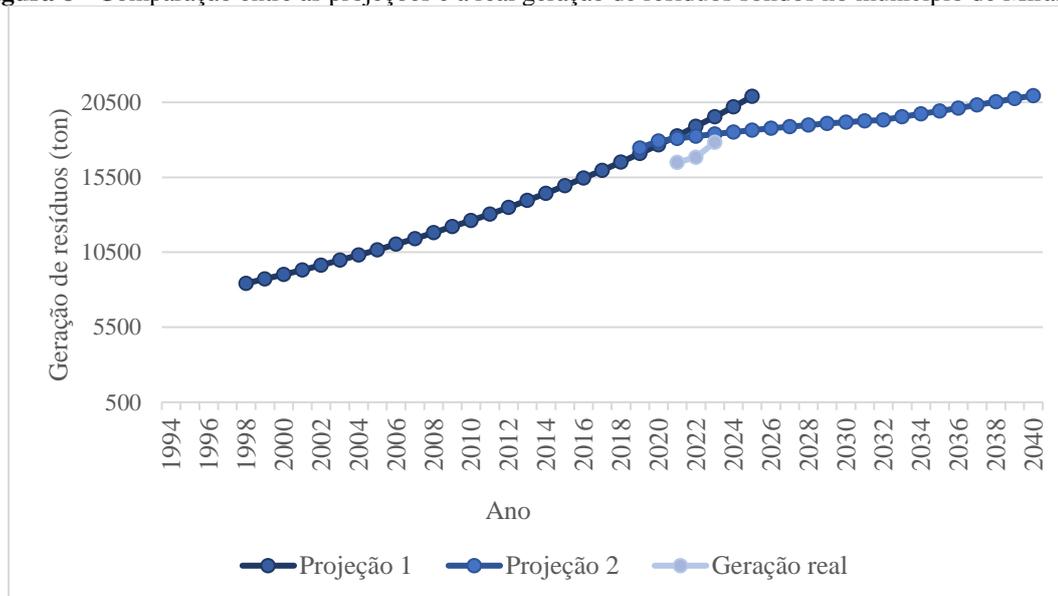
**Tabela 9** - Comparação entre as projeções e a real geração de resíduos sólidos no município de Mirassol.

Ano	Projeção 1	Projeção 2	Geração real
1998	8.432	-	-
1999	8.720	-	-
2000	9.018	--	--
2001	9.327	-	-
2002	9.646	-	-
2003	9.975	-	-
2004	10.316	-	-
2005	10.669	-	-
2006	11.034	-	-
2007	11.411	-	-
2008	11.801	-	-
2009	12.204	-	-
2010	12.621	-	-
2011	13.053	-	-
2012	13.499	-	-
2013	13.960	-	-
2014	14.437	-	-
2015	14.931	-	-
2016	15.441	-	-
2017	15.969	-	-
2018	16.515	-	-
2019	17.079	17.461	-
2020	17.663	17.924	-
2021	18.267	18.083	16.500
2022	18.891	18.235	16.837
2023	19.537	18.380	17.831
2024	20.205	18.517	-
2025	20.895	18.647	-

2026	-	18.770	-
2027	-	18.884	-
2028	-	18.990	-
2029	-	19.089	-
2030	-	19.179	-
2031	-	19.260	-
2032	-	19.333	-
2033	-	19.528	-
2034	-	19.725	-
2035	-	19.925	-
2036	-	20.120	-
2037	-	20.329	-
2038	-	20.535	-
2039	-	20.742	-
2040	-	20.951	-

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

**Figura 8 -** Comparação entre as projeções e a real geração de resíduos sólidos no município de Mirassol.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

Ao comparar as projeções da geração de resíduos sólidos elaboradas no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol e no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol com os dados da real geração de resíduos, observa-se que ambas as projeções se encontram fora da realidade, entretanto, se aproximam do valor real no decorrer dos anos.

Em ambas as projeções, em todos os anos indicados na Tabela 6, a quantidade estimada de resíduos gerados encontra-se levemente superestimada, uma vez que segundo estas fontes, ao citar o ano de 2021 como exemplo, em que há dados nos três parâmetros avaliados, nota-se

que a geração estimada de resíduos sólidos na projeção 1, projeção 2 e da real geração era de, respectivamente, 18.267 (t), 18.083 (t) e 16.500 (t). Ou seja, segundo ambas as estimativas, haveria no ano de 2020, uma geração de cerca de 1,10 vezes mais toneladas do que realmente houve.

Ao analisar e comparar tais projeções nota-se que, em termos quantitativos, a projeção estimada pelo Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol (Projeção 1), embora esteja nos anos iniciais mais distante da geração de resíduos que ocorreu no decorrer dos anos, apresenta um crescimento exponencial semelhante frente ao real crescimento do que a realizada pelo Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol (Projeção 2), sendo, a longo prazo, mais discrepante dos valores reais.

Em contrapartida, embora a estimativa presente no Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Mirassol (Projeção 2) seja mais próxima quantitativamente da real geração de resíduos quando comparada com a Projeção 1, observa-se que exponencialmente é mais regular e possui um crescimento menor, de forma que, a longo prazo, teria mais chances de se igualar a geração real.

### 4.3 ETAPA 3: SUGESTÕES DE MELHORIAS PARA AUMENTAR A VIDA ÚTIL DO ATERRO

Tendo em vista o exposto até o momento, outros dois parâmetros importantes necessitam ser abordados para que se chegue ao objetivo deste trabalho, sendo eles a capacidade do aterro sanitário de Mirassol e o acúmulo de resíduos presente nesse ao longo dos anos.

#### 4.3.1 Capacidade de Armazenamento do Aterro Sanitário de Mirassol

Em termos de vida útil, ainda segundo o Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol, o aterro apresenta uma longevidade de 20 anos, ou seja, segundo as estimativas presentes no projeto, o aterro sanitário estaria apto para uso no que se refere a sua capacidade de armazenamento até o ano de 2028.

No que se refere a capacidade de armazenamento do aterro sanitário de Mirassol, de acordo com os dados até agora utilizados, o montante de resíduos sólidos gerados anualmente entre os anos de 1998 e 2028, ou seja, durante a vida útil prevista, seria de 256.771 toneladas.

#### 4.3.2 Acúmulo de Resíduos Sólidos no Aterro Sanitário de Mirassol

Considerando os cálculos presentes no Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol, ao somar a quantidade de resíduos sólidos depositados nas bases de 01 até 12 (de um total de 14 bases), obteve-se um montante de 213.270 toneladas.

Em relação as bases 13 e 14 (últimas) que estão recebendo desde o início de 2023 a disposição de resíduos sólidos no aterro sanitário de Mirassol, pode-se concluir que: A base 13 pode receber 18.268 toneladas e a base 14 pode receber 25.233 toneladas, totalizando um montante de 43.501 toneladas.

Com a projeção de geração de 2023 em 17.831 toneladas (Tabela 10) e as projeções de 2024 = 18.517t e de 2025 = 18.647t do PMGIRSM (Tabela 10), o aterro sanitário de Mirassol suportaria a geração de 2023 e 2024 e ficaria ainda uma capacidade de 7.153t para 2025 ( $43.501t - 17.831t - 18.517t = 7.153t$ ). Dividindo a capacidade restante pela projeção de 2025 teremos quantos meses demoraria para terminar a vida útil do aterro sanitário:  $7.153t / 18.647t = 0,3836$  do ano = 4,6 meses. A vida útil estimada do aterro sanitário de Mirassol vai até maio de 2025.

#### 4.3.3 Tipos Possíveis de Tratamento

De modo a organizar o estudo, pode-se elencar, em diferentes tópicos, os tipos de tratamentos viáveis para o município de Mirassol – levando em conta a geração, quantidade e tipo de resíduo abordado.

Vale salientar que, todos os tratamentos incluem a coleta do material, todavia, nem sempre seletivo. A seleção dos desejos desde a coleta – Coleta Seletiva – geralmente, decorre de resíduos domésticos, onde orienta-se o cidadão para o descarte correto. Há também a não separação desses resíduos que, de maneira geral, ocorre com mais frequência no Brasil. Estes dejetos, então, são coletados – Coleta Convencional – e destinados para um mesmo fim (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019).

A seguir, serão discutidos, os tipos possíveis de tratamentos, em Mirassol, e o destino final, de cada descarte, levando-se em conta o tipo de tratamento proposto, comparando-se a outras cidades, como Ribeirão Preto/SP e São Paulo/SP. Vale ressaltar também que, a coleta de resíduos de Mirassol é terceirizada e realizada, em grande parte, pelo Sistema de Água e Esgoto do Município de Mirassol (SAEMI). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a cobrança do serviço de coleta de resíduos no município em questão, é

realizada através de uma taxa específica anexada no mesmo boleto do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) (SISTEMA DE ÁGUA E ESGOTO DE MIRASSOL, 2023).

#### 4.3.3.1 Ausência de Seleção Prévia – Coleta Convencional

A Coleta Convencional – a mais presente nos centros urbanos brasileiros, inclusive na Capital Paulistana – se dá por meio da disposição dos resíduos domésticos em sacolas plásticas e organizados nas faixadas das residências ou pequenos comércios. Em determinados dias da semana, a coleta é feita pelos caminhões compactadores e, em locais de difícil acesso, geralmente há a disponibilização de “caçambas de lixo”. (PREFEITURA DE SÃO PAULO, s.d.; PREFEITURA DA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO, s.d.)

Após isso, os materiais e dejetos coletados, são compactados no caminhão, levados à Estações de Transbordo, pesados, armazenados em caixas estacionárias e depositados em caminhões que farão o traslado até o Aterro Sanitário. Esses aterros, idealmente, constam com sistema de impermeabilização do solo, drenagem e coleta de líquidos (chorume), drenagem e queima de gases, monitoramento geotécnico e controle ambiental do meio ambiente exposto. (PREFEITURA DA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO, s.d.; PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019)

Assim, a partir do tópico anterior, a fim de comparação, Mirassol também realiza a coleta seletiva de materiais e possui logística semelhante à de Ribeirão Preto. A coleta é realizada – majoritariamente – pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Mirassol (SAEMI), com os resíduos pré segregados pela população. Dessa maneira, os materiais recicláveis são destinados a companhias de acordo com cada tipo de material e os materiais não reutilizáveis, são enviados para o aterro sanitário intermunicipal (SISTEMA DE ÁGUA E ESGOTO DE MIRASSOL, 2023).

É de suma importância frisar que, os terrenos dos aterros demandam grandes extensões de terra e são esgotáveis (possuem uma capacidade limitada) e, apesar de não contaminar o lençol freático, a única utilização pós esgotamento, com nível de contaminação do solo próximo de zero, são para atividades de lazer – como parques (PREFEITURA DE SÃO PAULO, s.d.).

Nas Figuras 9, 10 e 11 são apresentadas imagens, a fim de exemplificar o que fora dito, do sistema de Coleta Convencional de Ribeirão Preto/SP, interior de São Paulo – semelhante ao existente no município de Mirassol (PREFEITURA DE SÃO PAULO, s.d.; PREFEITURA DA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO, s.d.).

**Figura 9 - Caminhões Compactadores.**



**Fonte:** PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO (2021)

**Figura 10 - Transbordo Municipal (Rodovia Mario Donegá).**



**Fonte:** PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO (2021)

As estações de transbordo são pontos de destinação intermediários dos resíduos entre o local coletado e o aterro sanitário (destinação final), idealizados devido à distância, geralmente grande, entre os centros urbanos e os locais finais (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019; PREFEITURA DA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO, s.d.).

**Figura 11** - Aterro Sanitário CGR Guatapar.

**Fonte:** PREFEITURA MUNICIPAL DE RIBEIRÃO PRETO (2021)

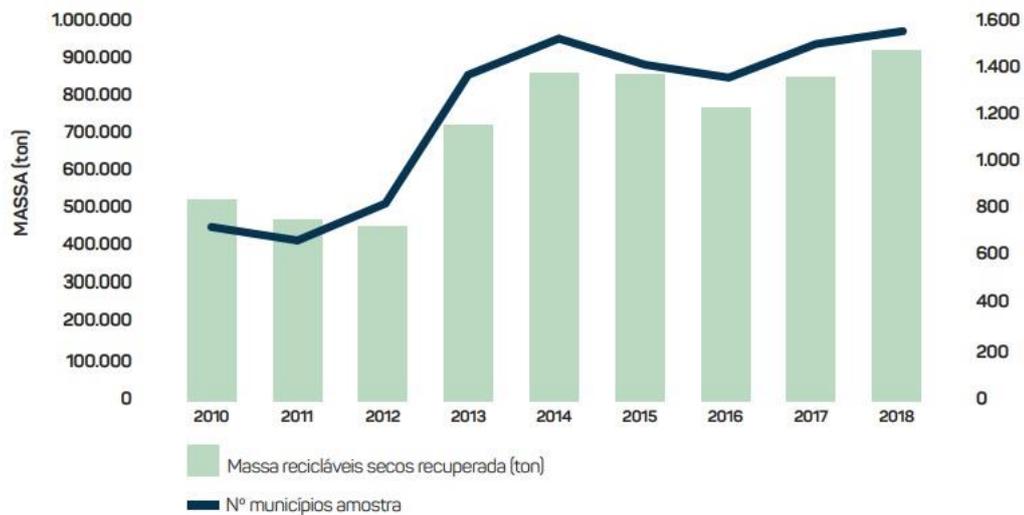
#### 4.3.3.2 Seleção Doméstica de Recicláveis – Coleta Seletiva

A seleção doméstica de dejetos considerados recicláveis, tem início anterior ao cuidado com o material em si. Aqui, o tratamento dos resíduos se inicia na conscientização e educação ambiental dos cidadãos do município. Este tipo de tratamento, consta em coletar, já separadamente, os resíduos domiciliares, auxiliando, assim, o encaminhamento para o destino final: a reciclagem (PNRS, 2022).

Em lei, todo município tem a responsabilidade de estabelecer uma Coleta Seletiva para os resíduos sólidos urbanos, com o objetivo de diminuir a quantidade de descartes para a disposição final. Em tese, esses municípios seriam responsáveis por, no mínimo, a separação entre dejetos secos e orgânicos, o que, mesmo não exigindo-se a separação em parcelas dos resíduos secos, não acontece na totalidade e de maneira eficaz na prática. Assim, é comumente visto, resíduos misturados e simplesmente não segregados, fato que, diz respeito a uma escassa educação e conscientização ambiental (PNRS, 2022).

Além da orientação  população, outro fator importante para os gargalos no processo da Coleta Seletiva, é a baixa prática de logística reversa. Desse modo, empresas que poderiam utilizar a recepção de embalagens vazias para a confecção de novos recipientes ou até mesmo venda desses insumos, fornecendo descontos e brindes ao consumidor, não a faz. Por conseguinte, não há um estímulo para a população, a fim de separar aqueles resíduos de maneira adequada – coleta seletiva – e a posteriori reciclagem (PNRS, 2022).

Sabe-se que, se feito de maneira eficaz, a coleta seletiva seguida de reciclagem, seja ela seca ou orgânica – os tipos de reciclagem serão discutidos no próximo parágrafo – tendem a apresentar resultados satisfatórios. Na Figura 12, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Resíduos Sólidos (SNIS-RS), contabilizou as massas de recicláveis secos recuperadas entre 2010 e 2018 com a coleta seletiva e reciclagem no Brasil (PNRS, 2022).

**Figura 12** - Recicláveis secos recuperados entre 2010 e 2018 (em toneladas).

Fonte: SNIS-RS (2012 a 2019)

Apesar de mostrar-se promissor, vantajoso e estar prescrito em lei, ainda há poucos municípios adeptos a este tipo de coleta. Assim, tem-se uma tríade para a baixa adesão do município como um todo: baixo investimento público no modelo de tratamento, baixo investimento privado em logística reversa e pouco acesso a informação sobre políticas e conscientização ambiental. As Tabelas 11 e 12 apresentam as informações sobre a adesão do tratamento discutido (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019; PNRS, 2022).

**Tabela 10** - Quantidade de Municípios com Coleta Seletiva ou ausência desta, entre 2010 e 2018.

Situação quanto à existência de coleta seletiva de "recicláveis secos"	Quantidade de municípios									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Sim	801	842	1.111	1.161	1.322	1.256	1.215	1.256	1.322	
Não	1.250	1.258	1.932	2.411	2.443	2.264	2.455	2.300	2.146	

Fonte: PNRS (2022)

**Tabela 11** - Abrangência de Coleta Seletiva por modalidade separadas por região geográfica.

Região	Quantidade de municípios declarantes (com ou sem coleta seletiva)	Municípios que declararam a existência de Coleta Seletiva sob quaisquer modalidades	
	Municípios	Quantidade	Percentual (%)
Norte	233	33	14,2
Nordeste	799	81	10,1
Centro-Oeste	275	78	28,4
Sudeste	1.199	566	47,2
Sul	962	564	58,6
<b>Brasil 2018</b>	<b>3.468</b>	<b>1.322</b>	<b>38,1</b>
<b>Brasil 2017</b>	<b>3.556</b>	<b>1.256</b>	<b>35,3</b>
<b>Brasil 2016</b>	<b>3.670</b>	<b>1.215</b>	<b>33,1</b>
<b>Brasil 2015</b>	<b>3.520</b>	<b>1.256</b>	<b>35,7</b>
<b>Brasil 2014</b>	<b>3.765</b>	<b>1.322</b>	<b>35,1</b>
<b>Brasil 2013</b>	<b>3.572</b>	<b>1.161</b>	<b>32,5</b>
<b>Brasil 2012</b>	<b>3.043</b>	<b>1.111</b>	<b>36,5</b>
<b>Brasil 2011</b>	<b>2.100</b>	<b>842</b>	<b>41,2</b>
<b>Brasil 2010</b>	<b>2.051</b>	<b>801</b>	<b>39,1</b>

Fonte: PNRS (2022)

Assim, ao comparar com Mirassol, vê-se um significativo avanço do município em questão, por apresentar – segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) – 96,68% de coleta dos resíduos domiciliares, cerca de 0,77 kg/habitante.dia. Entretanto, segundo o SAEMI, o aterro destinado aos resíduos de Mirassol, enquadra-se como intermunicipal – uma questão a se pensar, visto que, a média de kg/habitante.dia do município é apenas 9 décimos da média de todo o estado de São Paulo (INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO, 2021).

Como visto anteriormente, aterros sanitários, apesar de não poluir o lençol freático e ser um ambiente controlado, não deixa de devastar a fauna e flora da região onde será construído e impossibilitar atividades – exceto lazer – futuras. Dessa forma, priorizar um aterro específico para o município, com adequações e características próprias de Mirassol, desfavoreceria a inutilização precoce dessas terras, com diminuição da demanda de novos aterros sanitários. Em tese, teria o aumento da capacidade efetiva do local – ao destinar a uma região em específico já pré estudada – que, por conseguinte, diminuiria os impactos ambientais e a inutilização de assentamentos, os quais poderiam ser destinados para outras atividades comerciais.

Não menos importante, na destinação final da coleta seletiva, tem-se algumas variáveis, a depender do tipo de resíduo – seco ou orgânico e do material gerado pós-tratamento. A seguir, estarão elencados os tipos de continuidade pós coleta mais adequados e alinhados com o município de Mirassol.

#### 4.3.3.3 Reutilização

O processo de reutilização de um insumo consta, basicamente, com 3 fatores: a ajuda do cidadão que descarta, de uma infraestrutura para o recebimento e do processo logístico – seja reverso ou coleta (PNRS, 2022).

Dentro do conceito de Reutilização, tem-se o termo “reutilização em larga escala”, que advém do reuso de mercadorias/produtos, desenhadas previamente com esta finalidade, facilitando a reutilização ou devolução – para a cadeia produtiva – quando os consumidores são instruídos adequadamente e inseridos no contexto ambiental (PNRS, 2022).

O termo “reutilizar” está ligado ao termo “ressignificar” e, para a população em geral, reutilização é um “sinônimo” de conscientização ambiental. Ou seja, estes termos estão intimamente ligados e, para que a reutilização funcione adequadamente, os outros temas necessitam ser abordados pelo setor público-privado (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019; PNRS, 2022).

Ademais, na sociedade, a conscientização ambiental encontra-se associada ao consumo – redução deste – que, controversamente, no mercado, o consumo está ligado a desvalorização e obsolescência programada. Assim, mostra-se novamente que, a educação ambiental, aliada ao compromisso de cada empresa, se faz de suma importância para incentivar este tipo de destinação ambiental adequada de resíduos. Estabelecer metas de retorno e indicadores, pode ser uma das estratégias empresariais, segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019; PNRS, 2022).

Durante pesquisas em sites e blogs da prefeitura de Mirassol, Água e Saneamento e SAEMI, não se encontrou campanhas e estimulações a reutilização de materiais potencialmente recicláveis. No site da SAEMI, é possível encontrar ações e campanhas a favor da reutilização da água, mas não de materiais. Assim, faz-se a necessidade de medidas estimuladoras de reuso, diminuindo a captação de resíduos sólidos e, conseqüentemente, gastos com destinação adequada de lixo (SISTEMA DE ÁGUA E ESGOTO DE MIRASSOL, 2023).

#### 4.3.3.4 Reciclagem dos resíduos secos

Neste tópico, aborda-se a reciclagem de resíduos em si, o processamento e destinação final de todos os resíduos coletados considerados recicláveis – papel, metal, plástico e vidro. Segundo o Programa Nacional de Resíduos Sólidos, a reciclagem envolve alterações das propriedades físicas, físico-químicas ou biológica dos descartes, visando novos insumos ou

produtos. Além disso, refere que, o processo de reciclagem se inicia já na coleta seletiva, terminando apenas com a transformação final dos materiais (PNRS, 2022).

De maneira geral, os índices de reciclagem destes materiais no Brasil permanecem em números baixos (3,36%), devido, principalmente, a baixa adesão da população aos sistemas de seletividade na coleta, escassa educação ambiental, baixo investimento no mercado de recicláveis, pouca logística reversa, tributação mais elevada devido as diversas etapas, quando comparadas aos aterros e lixões.

#### 4.3.3.5 Reciclagem dos resíduos orgânicos

Os resíduos orgânicos possuem diversas origens: resíduos provenientes de domicílios e limpeza urbana, industriais, agrícola e de saneamento básico. Sabe-se que, em pequenas quantidades, estes dejetos são facilmente decompostos por outros seres vivos, porém, quando em alta quantidade, podem gerar grandes problemas ambientais e impacto na saúde da população (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019; PNRS, 2022).

Embora os aterros sanitários sejam a principal destinação final adequada dos resíduos, esses reservatórios são a terceira maior fonte, criada pelo homem, de emissão de Metano no mundo. Devido a isso, a coleta seletiva e as outras formas de tratamento, tanto de resíduos sólidos, quanto orgânicos, se faz necessária, a fim de aumentar a vida útil dos aterros e diminuir a quantidade final de dejetos destinadas a eles (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019).

Desse modo, sabe-se que, as principais alternativas para os resíduos provenientes de dejetos, alimentos e outros compostos orgânicos, são a compostagem – utilizada no preparo da terra em plantações ou outros cultivos – e a digestão anaeróbica – gerando o biometano, um combustível para automóveis, semelhante ao GNV (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019; PNRS, 2022).

#### 4.3.3.6 Recuperação energética dos resíduos urbanos

Relacionado ao último parágrafo do tópico 4.3.3.5, a recuperação energética consta, sumariamente, na geração de combustíveis, energia térmica ou eletricidade, através de resíduos sólidos. Os processos comumente utilizados para a transformação são, digestão anaeróbica, recuperação de gás dos aterros, incineração e coprocessamento. Neste caso, materiais que não estão aptos para reciclagem, são destinados para este fim (PNRS, 2022).

Vale ressaltar que, nos aterros sanitários, há a geração destes gases poluentes para o meio ambiente – Gases do Efeito Estufa (GEE) – e que, idealmente, devem ser coletados e queimados, auxiliando a causa ambiental e gerando, consequentemente, energia (PNRS, 2022).

Conceitualmente, o processo de digestão anaeróbica, acontece com o contato dos dejetos e agentes capazes de decompor estes resíduos em matéria orgânica (MO), na ausência de oxigênio. Assim, ao final do processo, se gera o Biogás, que, aproveitado adequadamente, gera calor, combustíveis para veículos e energia. Apesar de não ser tão comum ainda no Brasil, nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro há, desde 2018, usinas de Biogás funcionantes, que geram cerca de 120 toneladas/mês (PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL, 2019; PNRS, 2022).

Já no coprocessamento, há a queima desses resíduos sólidos urbanos em fornos, realizando a junção do reaproveitamento e destinação final, em uma única etapa. No Brasil, este processamento é destinado, principalmente, a pneus incineráveis (PNRS, 2022).

Apesar do grande reaproveitamento de materiais e volume de resíduos sólidos coletados para o aterro intermunicipal – como supracitado anteriormente – não se encontrou informações acerca de reaproveitamento de gás proveniente deste aterro. Por ser um aterro com participação de outros municípios, a questão de reaproveitamento de gás gerada no próprio aterro, seria um pouco mais burocrática – um ponto positivo para a criação de um aterro próprio de Mirassol.

#### 4.3.4 Vida Útil do Aterro de Mirassol

Neste tópico, será abordada a melhor alternativa, com base nos dados apresentados e comparados nesta dissertação, acerca da destinação mais vantajosa para o município de Mirassol/SP, levando-se em conta a quantidade de resíduos gerados, acesso público à informação, condições ambientais e capacidade dos aterros, e particularidades de cada processo – benefícios e malefícios.

Ao analisar as previsões para os aterros sanitários do município, encontra-se que, de 2024 a 2040, a quantidade de resíduos sólidos aumentará, em cerca, 2.434 toneladas/ano e, a geração de resíduos/mês na mesma localidade nos últimos 5 anos é de, em média, 1.096,34 toneladas/mês. Ou seja, em 2040, a quantidade estimada de resíduos depositados nestes aterros, será de 1.745,91 toneladas/mês, um aumento de 59,25%, quando comparado ao valor gerado mensalmente nos últimos 5 anos.

Em consonância, fora abordado que, o Aterro de Mirassol apresenta uma vida útil de 20 anos, esgotando suas possibilidades de armazenamento em 2028. Visando que, os terrenos

destinados a aterros sanitários são úteis apenas para lazer no pós esgotamento e que, mesmo com os cuidados, o solo continuará por anos contaminado, há uma grande preocupação na feitoria desenfreada destes destinos finais.

Outrossim, analisando a educação ambiental fornecida à população, desde 2001, o município vizinho de Tupã/SP, que implementou o projeto de coleta seletiva “Reciclar é Legal”, que abrange sua região e os distritos vizinhos. Além da promoção de campanhas pontuais pela prefeitura de Mirassol, com cartazes e informações online, sobre a importância da coleta seletiva e como realizá-la.

Quanto aos tipos de tratamento, foram abordadas as 2 formas de coleta mais utilizadas no Brasil e suas principais destinações finais, sendo elas: A primeira, coleta convencional, pode ou não ter a separação dos dejetos finais, contudo, a coleta não é seletiva e sim pós seleção. Neste caso, os resíduos são recolhidos por caminhões compactadores, levados a estações intermediárias e destinadas, ao final, para o aterro sanitário. Ao analisar esse processo, é sabido que, a coleta não seletiva acaba por contaminar outros materiais potencialmente recicláveis que, mesmo separando seletivamente pós coleta, podem não estar aptos para o processo de reciclagem devido a contaminação, sendo enquadrados, agora, como lixos comuns não recicláveis e não orgânicos – como papéis sujos, fraldas, absorventes.

Dessa forma, a coleta convencional, mesmo com o objetivo de seleção pós recolhimento, contribui para adição de resíduos que, em tese, não estariam nos aterros. Dito isto, compreende-se que, estes possuem uma capacidade limitada de depósito, sendo inutilizados ou autorizados a serem utilizados apenas para lazer, após o esgotamento. Outro fator importante, se dá pelo fato de os aterros serem extensos e, mesmo com todas os cuidados, devastarem uma região natural e inviabilizarem a fauna e flora local durante o funcionamento que, novamente, são esgotáveis e terão de ser realocados.

Apesar destes pontos apresentados, vale lembrar que, os aterros sanitários são positivos quando comparados com lixões, não contaminam o lençol freático, é uma forma eficaz e acessível para a destinação segura dos resíduos e pode-se coletar o gás remanescente para a geração de energia.

A segunda forma de coleta e suas destinações, é a coleta seletiva que, como abordado neste trabalho, tem como possíveis tratamentos finais a reutilização, reciclagem e recuperação energética. Na coleta seletiva, há a separação prévia dos dejetos em compartimentos separados – azul, vermelho, amarelo, verde e marrom. Após a coleta, o material encontra-se mais fácil de ser utilizado para reuso e reciclagem, devido a sua não contaminação e segregação sem gerar

gastos. Não há a necessidade de levar os resíduos para um local e separá-los previamente, estes podem ser destinados diretamente para as estações de tratamento para cada tipo de material.

Assim, a reutilização e reciclagem tendem a reaproveitar os materiais e transformá-los em novos insumos ou até mesmo novos produtos sem ao menos degradá-los. Já os resíduos orgânicos podem contribuir para a geração de gás e compostagem. Pode-se, então, notar que, os resíduos, no geral, não tendem a inutilizar-se, estes participam de um ciclo, onde a matéria está sempre sendo utilizada para algum fim, sem necessidade de depósito ou acúmulo. É de suma importância frisar que, além de reduzir o acúmulo de matéria inútil, há a geração de biogás, útil na fabricação de combustíveis veiculares, diminuindo o uso de combustíveis fósseis.

Entretanto, também há dificuldades, como o acesso a população a uma educação ambiental de qualidade, baixo investimento em logística reversa – público e privado – e disponibilização deficitária de pontos de coleta.

De maneira geral, levando-se em conta os prós e contras, a população de Mirassol e a quantidade de resíduos gerados por ano – atual e futuramente – a coleta seletiva, seguida de destinações recicláveis e reutilizáveis, encontra-se como uma opção interessante a ser implementada, de maneira majoritária, pelo município.

Com isso, faz-se necessário o apoio público – com a disponibilização de caminhões de coleta seletiva unidas a coleta convencional – para resíduos não recicláveis e reutilizáveis – educação ambiental e ações sociais sobre geração de lixo e possíveis soluções (como a coleta seletiva), manter o aterro atualmente ativo – idealmente falando, com a implementação da coleta seletiva, a destinação de dejetos para o aterro diminuiria, aumentando sua vida útil. Além disso, incentivar empresas a prática da logística reversa e marketing voltado para causas ambientais, auxiliando na conscientização populacional.

Uma meta de diminuição de 30% em peso do que é destinado ao aterro sanitário pode aumentar a vida útil. No item 4.3.2 foi feito um cálculo estimado que o aterro sanitário chegará a sua ocupação máxima em maio de 2025. Caso o mesmo cálculo seja refeito utilizando apenas 70% da geração sendo destinada ao aterro sanitário teríamos:  $43.501t - 17.831t * 70\% - 18.517t * 70\% - 18.647t * 70\% = 5.005t$ . O aterro sanitário de Mirassol suportaria a geração de 2023, 2024 e 2025 e ficaria ainda uma capacidade de 5.005t para 2026. Dividindo a capacidade restante pela projeção de 2026 teremos o quanto do ano demoraria para terminar a vida útil do aterro sanitário:  $5.005t / (18.770t * 70\%) = 0,3809$  do ano. Isto corresponde a 4,57 meses. A vida útil estimada do aterro sanitário de Mirassol iria até maio de 2026. Como forma de comparação sem a coleta seletiva o aterro sanitário teria uma vida útil de 2,3839 anos (sendo, 2023, 2024 e 4,6 meses de 2025). Com a coleta seletiva citada passaria para 3,3809 anos (sendo 2023, 2024,

2025 e 4,57 meses de 2026). A vida útil com a coleta seletiva, nesta análise, seria 45% maior ( $3,3809/2,3836 = 1,449 = 45\%$ ).

## 5 CONCLUSÃO

Em suma, a coleta seletiva encontra-se como a principal forma de destinação adequada e potencialmente viável de resíduos sólidos. Além da diminuição dos aterros sanitários e seus gargalos, este tipo de coleta pode gerar insumos úteis economicamente para o município – como insumos (alumínio, plástico, papel) e até mesmo combustíveis veiculares. Ademais, reciclar e reutilizar, tenderá a diminuir a condição de poluição ambiental, tanto para o município de Mirassol/SP, como para outras cidades do estado de São Paulo.

Além disso, com o crescimento populacional do município a um aumento na redução da quantidade de resíduos sólidos descartados e um esgotamento das reservas globais do planeta, e a utilização de método de coletas alternativas de resíduos sólidos e suas respectivas destinações finais contribuem para a redução da dependência de aterros sanitários. Isso resulta, consequentemente, em uma diminuição significativa na quantidade de resíduos destinados a essas áreas, reduzindo assim o tempo necessário para seu esgotamento, a demanda por terrenos destinados à construção de aterros e evita um novo licenciamento de área para aterro sanitário que é sempre complexo.

Por fim, a separação prévia feita pela população (educação ambiental) e a coleta seletiva dos resíduos sólidos (compostagem para a matéria orgânica) numa meta de diminuição de 30% dos resíduos enviados ao aterro sanitário resultaria num aumento de 45% da vida útil do aterro sanitário de Mirassol. Isto possibilitaria a Mirassol/SP a redução da necessidade de áreas extensas para aterros sanitários a fim de inutilizar-se futuramente, diminuição da poluição ambiental, com a população conscientizada adequadamente, e geração de insumos constantes. Além disso há a possibilidade de desenvolver novas pesquisas focadas em produção de energia, que futuramente podem ser utilizadas concomitantemente com as energias convencionais em Mirassol/SP e na área de produção de biocombustíveis (e.g. biogás e biometano) com foco na redução da dependência de combustíveis fósseis.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**. 2016. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2016/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 11 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). **Dicionário de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. [S. l.: s. n.], 2004a. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 28 maio 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. 1992. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14001 Sistemas da gestão ambiental - Requisitos com orientações para uso**. [S. l.: s. n.], 2004b. 27 p. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasghislaine/iso-14001-2004.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2023.

BENINI, Sandra Medina; MARTIN, Encarnita Salas. Resíduos sólidos urbanos: estudo de caso da estância turística de Tupã/SP. **VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 4, p. 43-63, 2012.

BNDES. **Economia circular: resíduo que vira insumo**. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/blogdodesenvolvimento/detalhe/Economia-circular-residuo-que-vira-insumo/>. Acesso em: 11 jun. 2023.

BONJARDIM, Estela Cristina; PEREIRA, Raquel Da Silva; DOS SANTOS, Isabel Cristina. Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil paradoxos e soluções. **Journal on Innovation and Sustainability RISUS**, v. 11, n. 4, p. 36-52, 2021.

BRASIL, **Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**. 2010. European Commission. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 13 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **O que é Recuperação Energética?**. s.d.a Disponível em: <https://www.sinir.gov.br/suplementares/o-que-e-recuperacao-energetica/>. Acesso em: 13 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Reciclagem e Reaproveitamento**. s.d.b Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/catadores-de-materiais-reciclaveis/reciclagem-e-reaproveitamento.html>. Acesso em: 11 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resíduos Sólidos Urbanos**. s.d.c Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-urbanos/>. Acesso em: 29 mai. 2023.

CAVALARI, Engenharia e Topografia. **Projeto Técnico do Aterro Sanitário de Mirassol**. 1997.

ECO RESPONSE. **Lixão, aterro controlado ou aterro sanitário: para onde vão os nossos resíduos?**. 2021. Disponível em: <https://www.ecoresponse.com.br/blog/noticia-interna/lixao-e-aterro-255>. Acesso em: 14 jun. 2023.

EOS CONSULTORES. **Coleta seletiva de resíduos sólidos e a sustentabilidade**. s.d.a Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/coleta-seletiva-de-residuos-solidos/#:~:text=Existem%20três%20modos%20de%20captação,seletiva%20e%20a%20coleta%20informal>. Acesso em: 11 jun. 2023.

EOS CONSULTORES. **Como funciona o tratamento de resíduos sólidos no Brasil?**. s.d.b Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/tratamento-de-residuos-solidos-no-brasil/#:~:text=Como%20o%20nome%20sugere%20o,posterior%20classifica%C3%A7%C3%A3o%20separa%C3%A7%C3%A3o%20ou%20compacta%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 13 jun. 2023.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Diferença entre lixão, aterro controlado e aterro sanitário**. s.d. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/diferenca-entre-lixao-aterro-controlado-aterro-sanitario.htm>. Acesso em: 14 jun. 2023.

GRISA, Daniela Cristina; CAPANEMA, Luciana. **VISÃO 2035: BRASIL, PAÍS DESENVOLVIDO - RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**. s.d. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16284/1/PRCapLiv214209\\_residuos%20solidos\\_compl\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16284/1/PRCapLiv214209_residuos%20solidos_compl_P.pdf). Acesso em: 11 jun. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama de cidades**. Mirassol: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/mirassol/panorama>. Acesso em: 30 maio 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. 2022a. **Panorama | Mirassol**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/mirassol/panorama>. Acesso em: 05 jul. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. 2022b. **Panorama | Tupã**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/tupa/panorama>. Acesso em: 13 jul. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. 2010. **Censo 2010 | Tupã**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/tupa/pesquisa/23/22787?detalhes=true>. Acesso em: 13 jul. 2023.

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. **O saneamento em Mirassol |SP|**. 2021. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/sp/mirassol>. Acesso em: 23 ago. 2023.

JACOBI, Pedro Roberto; BESEN, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**. 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano\\_nacional\\_de\\_residuos\\_solidos-1.pdf](https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf)

NETO, Hélio Cavalcanti Albuquerque; MARQUES, Charles Cavalcante; ARAÚJO, Paulo Gustavo Coutinho de; GONÇALVES, Wherllyson Patrício; MAIA, Rafaella; BARBOSA, Edimar Alves. **Caracterização de resíduos sólidos orgânicos produzidos no restaurante universitário de uma instituição pública (estudo de caso)**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2021. Foz do Iguaçu. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007\\_tr650481\\_0422.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650481_0422.pdf). Acesso em: 30 maio 2023.

OLIVEIRA, S.; PASQUAL, A.; BARREIRA, L. P.; SALAZAR, V. L. P.; TOLEDO, A. A. G. F.; LEÃO, A. L. Caracterização dos resíduos sólidos domiciliares (RSD) do município de Botucatu-SP. **Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo**, v. 4, n. 3/4, p. 113-116, 1999.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis**. s.d. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods11/>. Acesso em: 30 mai. 2023.

PEREIRA, Gracely Ortega Tavares; PEREIRA, Danilo Florentino. Distribuição da produção de resíduos sólidos urbanos no município de Tupã-SP. **BioEng**, v. 4, n. 3, p. 144-154, 2010.

PORTAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. **Disposição final ambientalmente adequada de rejeitos**. s.d. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/disposicao-final-ambientalmente-adequada-de-rejeitos/#:~:text=As%20principais%20formas%20de%20disposição,controlado%20e%20o%20aterro%20sanitário>. Acesso em: 14 jun. 2023.

PREFEITURA DA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO. **Recicla Ribeirão**. s.d. Disponível em: <https://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/recicla/coleta-convencional#coleta-convencional>. Acesso em: 27 jul. 2023.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Aterros Sanitários**. s.d. Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/cidadao/rua-e-bairro/lixo/aterros-sanitarios/#:~:text=O%20aterro%20Central%20de%20Tratamento,Leste%20e%20Sul%20da%20capital>. Acesso em: 27 jul. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MIRASSOL. **Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. PLAN AMBIENTAL, Mirassol, 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TUPÃ. Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente. **Reciclar é Legal**. 2018. Disponível em: <http://www.tupa.sp.gov.br/secretaria/7/4/agricultura-e-meio-ambiente.html>. Acesso em: 17 jun. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TUPÃ. **Notícia - Aterro Sanitário de Tupã é bem avaliado pela CETESB**. 2016. Disponível em: <https://www.tupa.sp.gov.br/public/index.php/noticia/2733/aterro-sanitario-de-tupa-e-bem-avaliado-pela-cetesb/>. Acesso em: 17 jun. 2023.

SISTEMA DE ÁGUA E ESGOTO DE MIRASSOL - SAEMI. 2023. Disponível em: <https://www.saemi.com.br/empresa>. Acesso em 14 jun. 2023.

SANTIAGO, Leila Santos; DIAS, Sandra Maria Furiam. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 203-212, 2012.

SCOM AMBIENTAL. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PGRS**. 2017. Disponível em: [https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4923/1/PGRS\\_ENAP\\_R2.pdf](https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/4923/1/PGRS_ENAP_R2.pdf). Acesso em: 13 jun. 2023.

SILVA, Jussara Severo da. Gestão de resíduos sólidos e sua importância para a sustentabilidade urbana no Brasil: uma análise regionalizada baseada em dados do SNIS. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental - Artigos**, v. 12, p. 61-70, 2015.

SZIGETHY, Leonardo; ANTENOR, Samuel. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos**. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 11 jun. 2023.

TRANSLIX. **Disposição final de lixo: qual a diferença entre aterro sanitário e aterro controlado**. s.d. Disponível em: <https://www.translix.com.br/blog/disposicao-final-de-lixo-qual-diferenca-entre-aterro-sanitario-e-aterro-controlado/>. Acesso em: 14 jun. 2023.

ZAGO, Valéria Cristina Palmeira; BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 219-228, 2019.