

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM DIREITO
MESTRADO EM DIREITO

MARIA LUCIVÂNIA CAVALCANTI DA SILVA MAGALHÃES

**POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO BRASIL E A SUA
APLICABILIDADE NA GESTÃO INTEGRADA EM ATERRO SANITÁRIO:
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE GRAVATÁ/PE.**

Caxias do Sul – RS

2025

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM DIREITO
MESTRADO EM DIREITO

MARIA LUCIVÂNIA CAVALCANTI DA SILVA MAGALHÃES

**POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO BRASIL E A SUA
APLICABILIDADE NA GESTÃO INTEGRADA EM ATERRO SANITÁRIO:
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE GRAVATÁ/PE.**

Dissertação submetida à banca
examinadora como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Direito.

Orientadora: Profa. Dra. Talissa Truccolo
Reato.

Caxias do Sul – RS

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

M188p Magalhães, Maria Lucivânia Cavalcanti da Silva

Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil e sua aplicabilidade na gestão integrada em aterro sanitário [recurso eletrônico] : estudo de caso no município da Gravatá/PE / Maria Lucivânia Cavalcanti da Silva Magalhães. – 2025.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Direito, 2025.

Orientação: Talissa Truccolo Reato.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Aterro sanitário - Gravatá (PE). 2. Resíduos sólidos. 3. Biogás. 4. Sustentabilidade. 5. Direito ambiental. I. Reato, Talissa Truccolo, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 628.4(813.4)

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Carolina Machado Quadros - CRB 10/2236

**“POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO BRASIL E A SUA
APLICABILIDADE NA GESTÃO INTEGRADA EM ATERRO SANITÁRIO:
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE GRAVATA/PE”**

Maria Lucivânia Cavalcanti da Silva Magalhães

Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pela Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Direito – Mestrado da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Direito, Área de Concentração: Direito Ambiental e Sociedade.

Linha de pesquisa: Direito Ambiental e Novos Direitos.

Caxias do Sul, 16 de maio de 2025.

Profa. Dra. Talissa Truccolo Reato (Orientadora)
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Alexandre Cortez Fernandes
Universidade de Caxias do Sul

Profa. Dra. Cleide Calgaro
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Cassio Alberto Arend
Universidade de Santa Cruz do Sul

AGRADECIMENTOS

Agradeço, com profunda gratidão, a Ednelson Magalhães Pereira de Melo, meu esposo, que esteve ao meu lado e me incentivou a retomar um antigo sonho: cursar o mestrado. Seu apoio constante foi essencial para que esta jornada fosse possível, aos meus pais, José Liberato da Silva e Maria das Graças Cavalcanti da Silva “In memoriam” por ter ensinado que a educação é a base de tudo. Aos meus irmãos, familiares e amigos, que sempre me apoiaram e torceram por mim.

Sou grata à Professora Talissa Reato, (orientadora) por me conduzir nesta jornada, com paciência, e muito carinho, pela escuta atenta, pela confiança depositada e pela autonomia concedida, que foram fundamentais para o amadurecimento deste trabalho.

Agradeço também às pessoas que compuseram a banca examinadora, pela generosidade em compartilhar seu tempo e conhecimento, contribuindo de forma significativa para o aperfeiçoamento desta dissertação.

Estendo meu reconhecimento a todas e todos que integram o Programa de Pós-Graduação, cujas aulas, orientações e trocas, diretas ou indiretas, marcaram minha trajetória acadêmica.

Agradeço, ainda, pela atenção e acolhimento administrativo, que tornaram mais leves os caminhos burocráticos da vida acadêmica.

Àqueles e àquelas com quem compartilhei a sala de aula, deixo meu carinho pela convivência, pelas trocas e pelo apoio mútuo ao longo dessa caminhada.

O homem não pode estar em paz consigo mesmo enquanto estiver em guerra com a natureza.

Edis Milaré

RESUMO

O contexto da pesquisa tange aos desafios enfrentados pela gestão municipal diante da crescente geração de resíduos sólidos, dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado e da necessidade de soluções sustentáveis. A pesquisa tem como objetivo geral analisar a aplicabilidade da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n. 12.305/2010) e do Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico (Lei n. 14.026/2020) na gestão integrada de resíduos sólidos em aterros sanitários, por meio de um estudo de caso no município de Gravatá, em Pernambuco. A metodologia adotada é qualitativa, com abordagem hipotético-dedutiva e caráter transversal, utilizando-se de revisão bibliográfica, análise legislativa e diagnóstico de dados socioambientais do município. Os resultados demonstram que, embora existam avanços legais e institucionais no Brasil, a efetivação das diretrizes previstas na legislação ambiental encontra entraves significativos na realidade local, como falhas na fiscalização, baixa conscientização da população e precariedade na infraestrutura pública. A maioria dos municípios brasileiros de pequeno porte enfrenta dificuldades para se adequar à legislação, seja pela falta de conscientização das autoridades sobre a gestão de resíduos, seja pela escassez de recursos financeiros para adquirir equipamentos necessários à coleta, transporte e destinação adequada do lixo. O estudo de caso evidencia que o aterro sanitário de Gravatá opera com limitações técnicas, sociais e ambientais que comprometem sua sustentabilidade, apesar do potencial de geração de biogás como fonte energética renovável. A análise ainda aponta a necessidade de uma gestão integrada e participativa, que envolva o poder público, o setor privado e a sociedade civil, com base na responsabilidade compartilhada prevista em lei. Conclui-se que a implementação plena da legislação ambiental brasileira na gestão de resíduos sólidos exige não apenas vontade política e recursos técnicos, mas também ações educativas, planejamento territorial e inovação tecnológica. A experiência de Gravatá revela que soluções sustentáveis são viáveis, desde que acompanhadas por estratégias de governança ambiental eficazes.

Palavras-chave: Aterro sanitário. Biogás. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Resíduos sólidos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The context of the research concerns the challenges faced by municipal management in view of the increasing generation of solid waste, the environmental impacts resulting from inadequate disposal, and the need for sustainable solutions. The research has the general objective of analyzing the applicability of the National Solid Waste Policy (Law No. 12,305/2010) and the New Regulatory Framework for Basic Sanitation (Law No. 14,026/2020) in the integrated management of solid waste in sanitary landfills, through a case study in the municipality of Gravatá, in Pernambuco. The methodology adopted is qualitative, with a hypothetical-deductive approach and a cross-sectional nature, using a bibliographic review, legislative analysis, and diagnosis of socio-environmental data from the municipality. The results demonstrate that, although there are legal and institutional advances in Brazil, the implementation of the guidelines provided for in environmental legislation encounters significant obstacles in the local reality, such as failures in inspection, low awareness of the population, and precarious public infrastructure. Most small Brazilian municipalities face difficulties in complying with legislation, either due to the lack of awareness among authorities about waste management or due to the lack of financial resources to acquire the equipment necessary for the collection, transportation and proper disposal of waste. The case study shows that the Gravatá landfill operates with technical, social and environmental limitations that compromise its sustainability, despite its potential for generating biogas as a renewable energy source. The analysis also points to the need for integrated and participatory management, involving the government, the private sector and civil society, based on the shared responsibility provided for by law. It is concluded that the full implementation of Brazilian environmental legislation in solid waste management requires not only political will and technical resources, but also educational actions, territorial planning and technological innovation. Gravatá's experience shows that sustainable solutions are viable, as long as they are accompanied by effective environmental governance strategies.

Keywords: Sanitary landfill. Biogas. National Solid Waste Policy. Solid waste. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Presidenta Dilma Rousseff discursa durante a cerimônia.	25
Figura 2: Classificação dos resíduos sólidos segundo a origem.	34
Figura 3: Atividades humanas e seus impactos ao meio ambiente.	37
Figura 4: Materiais e sua classificação de aproveitamento.	39
Figura 5: Representação do processo de combustão.	41
Figura 6: Impactos ambientais causados pelos lixões.	55
Figura 7: Rua Tenente Cleto Campelo, ano não informado.	70
Figura 8: Localização geográfica de Gravatá.	71
Figura 9: PIB per capita de Gravatá.	73
Figura 10: Imagem da entrada do aterro sanitário de Gravatá.	74
Figura 11: Comportamento mensal dos resíduos sólidos destinados ao aterro sanitário de Gravatá entre março e setembro de 2022.	75
Figura 12: Área de conveniência do aterro sanitário de Gravatá	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Legislação e descrição.	28
Quadro 2: Classificação dos resíduos.	31
Quadro 3: Lei 12.305.	59
Quadro 4: Classificação e quantificação dos municípios brasileiros.	65
Quadro 5: Desafios na gestão municipal de resíduos sólidos.	76

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

AS – Classificação climática: clima tropical com estação seca no verão (segundo Köppen)

BDE – Banco de Dados Espaciais

CO₂ – Dióxido de Carbono

CH₄ – Metano

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes

FADE/UFPE – Fundação Apolônio Salles de Desenvolvimento Educacional / Universidade Federal de Pernambuco

GEE – Gases de Efeito Estufa

GWMO – Global Waste Management Outlook

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISWA – International Solid Waste Association

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ONU – Organização das Nações Unidas

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PUCRS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

UCS – Universidade de Caxias do Sul

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

UTC – Usina de Triagem e Compostagem

SUMÁRIO

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
2 RESÍDUOS SÓLIDOS E A LEGISLAÇÃO DO BRASIL	20
2.1 Contexto histórico e normativo dos resíduos sólidos no Brasil	20
2.2 Classificação dos resíduos sólidos	29
2.3 Métodos de tratamento dos resíduos sólidos	36
3 LIXÕES E ATERROS: IMPACTOS E SOLUÇÕES AMBIENTAIS	43
3.1 Implicações ambientais dos resíduos sólidos	43
3.2 Lixões: definições, conceitos e aspectos gerais	47
3.3 Aspectos conceituais e técnicos dos aterros sanitários	51
3.4 Aterros controlados	54
4 PANORAMA GERAL DA GESTÃO DOS RESÍDUOS	57
4.1 Dados relevantes sobre a GRSU	57
4.2 Desafios enfrentados por pequenos municípios	62
5 ESTUDO DE CASO: ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE GRAVATÁ	68
5.1 Contexto histórico do município de Gravatá	68
5.2 O aterro sanitário de Gravatá	74
5.3 Percepções sobre o aterro sanitário de Gravatá	80
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS	90

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A urbanização, o progresso tecnológico acelerado e o crescimento populacional significativo são fatores que têm transformado o cotidiano das pessoas. Essas mudanças impactam nos padrões de consumo e na maneira como os recursos são utilizados na sociedade, levando a um aumento considerável na geração de resíduos, tanto nas áreas urbanas quanto nos lençóis freáticos. (Gouveia, 2012).

Nesse contexto, o desenvolvimento econômico e a melhoria dos padrões de vida resultam em um aumento na quantidade e na complexidade dos resíduos sólidos¹ gerados. Investigar as variáveis que afetam a produção de resíduos sólidos e sua taxa de reciclagem é importante para entender o mecanismo de geração e prever a dinâmica futura desses resíduos (Grazhdani, 2016).

Segundo o Global Waste Management Outlook 2024, desenvolvido pela International Solid Waste Association (ISWA) em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a geração de resíduos sólidos domiciliares no mundo pode aumentar até 80% entre 2020 e 2050.

O volume anual, que hoje é de 2,1 bilhões de toneladas, pode alcançar 3,8 bilhões de toneladas caso os padrões de produção, consumo e descarte permaneçam inalterados. O relatório também apresenta um cenário mais otimista: mesmo com o crescimento da população e do poder aquisitivo global, a geração per capita poderia se manter em cerca de 2 toneladas anuais (Agência Brasil, 2024).

Expostos ao ar livre, tais resíduos, resultam em sérios problemas de saúde pública e têm um impacto direto no meio ambiente. Sabe-se, então, que o acúmulo de lixo promove a proliferação de insetos vetores de doenças, emite odores desagradáveis, contamina o ar, degrada a paisagem visual e atrai animais que se alimentam dos detritos (Cavaler, 2022).

De acordo com levantamento da Associação Brasileira de Empresas de

¹A geração de resíduos sólidos é uma consequência inevitável das atividades humanas. Toda vez que consumimos um produto, seja em casa, no trabalho ou em qualquer espaço público, sobra algum material que, muitas vezes, é descartado. Esses materiais descartados são chamados de resíduos sólidos, que podem ser restos de alimentos, embalagens, papel, plástico, vidro, metal, móveis velhos, pneus, eletrodomésticos quebrados, entulhos de construção, entre outros. De forma simples, resíduos sólidos são todos os materiais que resultam das atividades humanas e que, depois de utilizados, precisam de uma destinação adequada, seja por meio de reaproveitamento, reciclagem, tratamento ou descarte final. É importante destacar que, embora na linguagem popular sejam chamados de "lixo", na legislação ambiental esse termo é evitado, pois ele carrega uma ideia de inutilidade e na realidade muitos desses resíduos podem e devem ser reinseridos no ciclo produtivo, contribuindo para a redução dos impactos ambientais.

Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2022, foram produzidas aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias. Isso significa que cada brasileiro produziu, em média, 1,043 kg de resíduos diariamente, totalizando 381 kg ao ano (Abrelpe, 2022).

Observando a problemática supracitada, torna-se importante mencionar o papel dos aterros sanitários² no controle dos resíduos, os quais são sistemas complexos utilizados para a deposição dos dejetos. Eles envolvem processos como a compactação dos resíduos, a operação eficiente dos sistemas de drenagem (tanto de líquidos quanto de gases), a biodegradação dos resíduos orgânicos e as tensões causadas pelo peso do maciço e pelas poro-pressões dos fluidos presentes. (Santos Júnior, 2022).

A crescente preocupação com as mudanças climáticas e a busca por segurança energética impulsionam uma transição energética global, caracterizada pela substituição gradual de combustíveis fósseis por fontes de energia mais limpas e sustentáveis. Nesse cenário, as energias renováveis surgem como pontos importantes para a descarbonização da economia e a mitigação dos impactos ambientais. Relatórios de instituições como a Agência Internacional de Energia (IEA) reiteram a urgência e a necessidade de investimentos maciços em tecnologias limpas para alcançar as metas climáticas globais (IEA, 2024).

Dentro do espectro das energias renováveis, o biogás se destaca como uma solução estratégica, sendo relevante no contexto da gestão de resíduos. Produzido a partir da decomposição anaeróbica de matéria orgânica, o biogás oferece uma abordagem integrada para o tratamento de resíduos orgânicos, a redução de emissões de metano (um potente gás de efeito estufa), a geração descentralizada de energia elétrica e térmica, e a produção de biofertilizantes de alta qualidade. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) tem enfatizado o potencial significativo do

² O saneamento básico, segundo definição da Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020 (Novo Marco Legal do Saneamento), é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais que visam o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e o manejo de resíduos sólidos, componentes que são interdependentes e essenciais para a promoção da saúde pública, da qualidade de vida e da preservação ambiental. Nesse sentido, a gestão de resíduos sólidos não deve ser analisada de forma isolada, pois, quando feita de maneira inadequada, gera impactos diretos sobre os outros eixos do saneamento. O descarte irregular de resíduos, por exemplo, contamina mananciais, compromete a potabilidade da água, sobrecarrega os sistemas de drenagem urbana, provoca enchentes e favorece a proliferação de vetores de doenças, afetando diretamente a saúde da população.

biogás no Brasil, tanto para o aproveitamento de resíduos agropecuários e agroindustriais quanto para o tratamento de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários (EPE, 2017; EPE, 2022). Essa versatilidade posiciona o biogás como uma ferramenta de grande relevância para a economia circular e para o avanço da sustentabilidade em diversas escalas.

No âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a valorização energética dos resíduos, incluindo a produção de biogás em aterros sanitários, representa um caminho promissor para mitigar os desafios impostos pela crescente geração de lixo. A implementação de sistemas de aproveitamento de biogás em aterros não só transforma um passivo ambiental em um ativo energético, mas também alinha-se aos princípios da PNRS de gestão integrada e responsabilidade compartilhada. O estudo de caso no município de Gravatá/PE, que aborda a aplicabilidade da PNRS na gestão de aterros sanitários, revela o potencial latente do biogás como fonte energética renovável, mesmo diante das limitações técnicas e sociais existentes.

Contudo, é de suma importância levar em consideração os desafios particulares enfrentados pelos municípios de pequeno e médio porte, que compõem a maior parte do território nacional, para que os princípios estabelecidos pela PNRS tornem-se ações concretas e sustentáveis. Essas localidades frequentemente lidam com limitações financeiras, escassez de mão de obra qualificada, descontinuidade administrativa e fragilidades institucionais, o que dificulta a efetiva implementação de políticas públicas voltadas à gestão de resíduos sólidos e ao saneamento básico. Além disso, a baixa adesão da população a práticas sustentáveis e a carência de planejamento de longo prazo agravam o cenário, tornando ainda mais desafiador o cumprimento das diretrizes da PNRS.

É nesse contexto que se insere o município de Gravatá, a 81 km da capital pernambucana, com uma população de aproximadamente 86.516 habitantes (IBGE, 2022) e classificado como de pequeno porte. Está situada a uma altitude média de 447 metros na região do Agreste pernambucano, às margens do Planalto da Borborema, em uma área de transição entre a Zona da Mata e o Sertão. Sua composição florística inclui diversas espécies tanto da Mata Atlântica quanto da Caatinga (Bde, 2006).

O município está situado na zona de transição entre o clima tropical úmido do litoral nordestino e o clima tropical semiárido do interior do estado. Segundo a

classificação de Köppen, é caracterizado como AS, clima tropical com estação seca no verão, tendo temperatura média de 23,9°C. O regime pluviométrico é marcado por chuvas de outono-inverno, com média anual de 945 mm, distribuídas esporadicamente entre março e agosto (Climate-Data, 2021).

Os obstáculos vivenciados por esta cidade são os mesmos de diversos outros municípios brasileiros que, apesar de realizarem avanços pontuais, ainda convivem com problemas estruturais e operacionais na destinação adequada dos resíduos sólidos. O estudo de caso de Gravatá permite uma análise mais profunda dos entraves e possibilidades encontrados na aplicação da PNRS em contextos marcados por limitações técnicas, administrativas e culturais, ao mesmo tempo que revela o potencial subaproveitado de soluções como o aproveitamento energético do biogás gerado em aterros sanitários.

A questão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) ocupa um papel central na proteção ambiental. Gomes (2023), esclarece que a geração e o manejo inadequados desses resíduos causam uma série de impactos ambientais negativos, comprometendo a manutenção de um ambiente ecologicamente equilibrado e violando o direito constitucional fundamental previsto no artigo 225 da Constituição Federal de 1988.

A educação ambiental a longo prazo, voltada ao desenvolvimento de uma consciência ecológica, é uma estratégia adotada por nações que valorizam o uso sustentável dos recursos naturais. Promover uma visão crítica sobre o cuidado com o meio ambiente é um método eficaz para aumentar a conscientização ambiental da população. (Hoang; Kato, 2016).

O diálogo entre Educação Ambiental Crítica e Ecologia Política amplia a análise dos conflitos ambientais, reconhecendo-os como expressões de disputas socioterritoriais que revelam profundas assimetrias de poder silenciadas por abordagens tecnicistas de gestão ambiental. Ao deslocar o foco da mera resolução de impactos para a crítica das raízes histórico-estruturais da injustiça, o conflito é ressignificado como objeto de aprendizagem capaz de promover leitura crítica do mundo, valorizar saberes populares oriundos das resistências e estimular a participação cidadã nos processos decisórios, conferindo densidade política aos processos formativos.

Este estudo justifica-se pela necessidade de compreender de forma crítica e detalhada os fatores que levaram à redução da vida útil do aterro sanitário do

município de Gravatá, Pernambuco. Mesmo no âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que foi criada para organizar e tornar sustentável a gestão de resíduos no país, o caso analisado revela lacunas estruturais e institucionais que comprometem a efetividade dessa legislação em nível local.

A pesquisa tem como objetivo investigar as possibilidades legais, normativas e operacionais para uma gestão integrada e ambientalmente sustentável dos resíduos sólidos em aterros sanitários, à luz da legislação brasileira. Para tanto, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos: (i) estudar as condições para uma gestão integrada de resíduos sólidos no Brasil, com foco nos aspectos legais, em especial a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e o Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020), a fim de verificar a classificação dos resíduos, o panorama nacional atual e os desafios relacionados à sustentabilidade, o ambiente e a saúde pública; (ii) examinar os aspectos normativos e regulatórios aplicáveis aos aterros sanitários no Brasil, incluindo critérios ambientais e de uso e ocupação do solo, a fim de compreender sua operação, impactos ambientais, vantagens operacionais e desafios estruturais, além de investigar o potencial de uso do biogás como fonte de energia renovável e limpa; (iii) realizar um estudo de caso no aterro sanitário municipal do município de Gravatá, no estado de Pernambuco, para avaliar as dimensões econômica, social e ambiental da gestão local de resíduos sólidos, propondo, em última instância, uma estratégia de gestão que reduza a poluição e promova a recuperação energética de resíduos por meio da produção de biogás.

A metodologia adotada nesta pesquisa é de natureza qualitativa, orientada pelo método hipotético-dedutivo. Em relação ao tempo, trata-se de um estudo transversal. A técnica utilizada para a coleta de dados será a revisão bibliográfica, com análise de livros, artigos científicos publicados em periódicos, capítulos de livros e documentos legais, como leis, decretos e, eventualmente, decisões judiciais. As fontes consultadas incluem a base de dados da CAPES, repositórios acadêmicos e bibliotecas jurídicas. A técnica de análise dos dados será descritiva e diagnóstica, buscando apresentar um panorama crítico e propositivo da gestão de resíduos sólidos em aterros sanitários e sua articulação com a legislação ambiental vigente.

A discussão visa responder à seguinte questão de pesquisa: quais mecanismos legais, técnicos e institucionais podem ser adotados para melhorar a gestão de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários, garantindo a

sustentabilidade ambiental e energética, com especial atenção ao caso do município de Gravatá-PE?

A escolha do tema justifica-se pela necessidade de promover uma análise aprofundada da legislação ambiental brasileira e sua aplicabilidade na gestão de resíduos sólidos, especialmente em aterros sanitários, que representam a forma mais comum de disposição final no país. A compreensão dessas normas é essencial tanto para a preservação ambiental quanto para a proteção da saúde pública, considerando os riscos associados ao descarte inadequado de resíduos.

O estudo também visa incentivar práticas inovadoras e sustentáveis, promovendo o desenvolvimento de tecnologias limpas, como a geração de biogás, e fomentando a responsabilidade socioambiental por parte do governo e da sociedade. Esta pesquisa surgiu, portanto, da intenção de contribuir para uma compreensão mais ampla da responsabilidade compartilhada entre governo, mercado e sociedade pela proteção ambiental e do desejo de propor alternativas para uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos sólidos urbanos.

Este estudo se insere na linha de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Direito, na área de concentração em Direito Ambiental e Sociedade, ao refletir sobre os desafios jurídicos, sociais e ambientais relacionados à gestão de resíduos sólidos urbanos. A pesquisa dialoga diretamente com os fundamentos do Direito Ambiental, especialmente no que se refere à efetividade das políticas públicas socioambientais, à proteção dos recursos naturais e à promoção de práticas sustentáveis no contexto urbano. Ao analisar a aplicabilidade da Política Nacional de Resíduos Sólidos no município de Gravatá/PE, o trabalho busca compreender como os instrumentos jurídicos podem ser aplicados para fortalecer modelos de desenvolvimento que estejam alinhados aos princípios da sustentabilidade, da responsabilidade socioambiental e da justiça ambiental, pilares que estruturam essa linha de pesquisa.

Para tanto, a presente dissertação é formada por quatro capítulos e seus subcapítulos. O primeiro capítulo, dedicado ao referencial teórico, percorre a evolução do ordenamento jurídico sobre resíduos sólidos no contexto brasileiro. Nesse quadro normativo, explica-se a hierarquia da gestão, apresenta a classificação dos resíduos urbanos segundo origem, composição e periculosidade e revisita métodos de tratamento como coleta seletiva, reciclagem, compostagem e incineração, articulando-os aos princípios da economia circular e da sustentabilidade.

O segundo capítulo analisa as implicações ambientais do manejo inadequado de resíduos, contrastando lixões, aterros controlados e aterros sanitários. São discutidos os efeitos sobre solo, água e ar e os riscos à saúde pública decorrentes da queima a céu aberto ou da proliferação de vetores. Na sequência, o texto detalha os requisitos de engenharia que tornam os aterros sanitários infraestrutura estratégica (impermeabilização, drenagem de lixiviados, captação de biogás), bem como os desafios operacionais que ainda persistem no país.

O terceiro capítulo traça um panorama nacional da gestão de resíduos, reunindo dados recentes e ressalta as barreiras enfrentadas por cidades de pequeno e médio porte, como carência de infraestrutura, instabilidade político-administrativa e limitações técnicas, além de discutir a necessidade de governança integrada, educação ambiental e participação social para cumprir as metas legais estabelecidas.

Por fim, o quarto capítulo aprofunda-se no estudo de caso do aterro sanitário de Gravatá. Com base em dados de geração de resíduos, capacidade instalada e histórico operacional, identifica-se potencial para aproveitamento energético do biogás e propõe-se um modelo de gestão participativa que envolva poder público, setor privado e sociedade civil, alinhado ao princípio da responsabilidade compartilhada previsto na legislação ambiental.

2 RESÍDUOS SÓLIDOS E A LEGISLAÇÃO DO BRASIL

Neste capítulo, abordaremos a gestão de resíduos sólidos, um dos grandes debates da sociedade contemporânea, especialmente em países de dimensões continentais como o Brasil. Nesse contexto, a legislação brasileira desempenha um papel crucial ao estabelecer diretrizes para o gerenciamento e a destinação adequada dos resíduos sólidos, promovendo a sustentabilidade ambiental e a saúde pública.

2.1 Contexto histórico e normativo dos resíduos sólidos no Brasil

De acordo com Pereira (2019), as questões ambientais no Brasil tiveram seu pontapé inicial no período de democratização do país, num momento da história em que os movimentos de todos os segmentos começaram a dar saltos importantes em busca de seus direitos. No decorrer dos anos, as iniciativas voltadas ao meio ambiente tiveram avanços significativos, mas ainda há muito o que ser feito para que os objetivos dessas iniciativas tenham resultados práticos.

Segundo Reato e Grando (2020), o debate sobre desenvolvimento sustentável tem perdido fôlego, pois se apoia em um conceito normativo aberto a diferentes definições e leituras. Embora pregue a conciliação entre economia e meio ambiente, muitas vezes o desenvolvimento sustentável acaba servindo de revestimento retórico para a lógica do crescimento econômico.

As atividades humanas têm deixado marcas significativas no meio ambiente ao longo da história, desde a extração de recursos naturais até a adaptação dos espaços para atender às necessidades da sociedade. Esses processos de transformação muitas vezes resultam em impactos ambientais severos e globais. Conforme será discutido a seguir:

Ao longo de toda a história da humanidade o homem transforma o lugar em que vive, extraíndo matéria-prima do meio ambiente, modificando-o e adaptando-o para as suas necessidades e todas essas transformações geram muitos problemas ambientais de escala global. Atualmente, o estilo de vida da sociedade que incentiva o consumismo excessivo trouxe consigo diversos prejuízos ambientais, como extinção de espécies, esgotamento de recursos

naturais, dentre outros. Ademais, é importante destacar que o aumento na geração de resíduos sólidos e seu descarte inadequado contribuem para a contaminação de corpos hídricos, do solo e do ar, afetando diretamente a saúde humana (Nascimento, 2018, p. 19).

Com os novos conceitos do desenvolvimento sustentável surgidos na década de 1980, a relação entre preservação ambiental e desenvolvimento econômico ficou mais forte, pois as questões ambientais foram integradas à estrutura das empresas. Isso ocasionou novas oportunidades e vantagens competitivas, ou então, ameaças para as empresas não adeptas, uma vez que o mercado está cada dia mais aberto e competitivo (Zanatta, Dias, 2017).

A crescente conscientização sobre a sustentabilidade impulsionou a integração de práticas ambientais nos negócios. Essa mudança criou novas oportunidades e vantagens competitivas para empresas proativas. Por outro lado, a negligência ambiental representa um risco crescente nos mercados globalizados. A adaptação a modelos de desenvolvimento sustentável tornou-se um fator crucial para a competitividade e a resiliência das empresas.

A discussão sobre a gestão de resíduos sólidos no Brasil, embora tenha ganhado força nas últimas décadas, possui raízes históricas que remontam a eventos globais e a um crescente reconhecimento da interconexão entre desenvolvimento e meio ambiente.

No Brasil, a preocupação com o meio ambiente, que antes se manifestava em legislações pontuais sobre recursos naturais, como o Código de Águas de 1930, intensificou-se a partir da década de 1980. Um dos primeiros exemplos de preocupação ambiental no Brasil foi a promulgação da Lei nº 6.803, de 1980, que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição. Esta lei passou a exigir um prévio estudo de impacto ambiental para aprovar zonas estritamente ambientais, destinadas à instalação de petroquímicos, cloroquímicos, carboquímicos e instalações nucleares.

Em 1981, a aprovação da Lei nº 6.938 instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser protegido para uso coletivo. A PNMA, em particular, consolidou conceitos fundamentais como degradação e poluição, e definiu o meio ambiente como um patrimônio público a ser protegido para uso coletivo, estabelecendo a teoria das responsabilidades (Sirvinskas, 2005)

De acordo com Frazão (2019), essa lei é considerada a principal norma infraconstitucional no campo do direito ambiental após a Constituição, pois permitiu que o direito ambiental conquistasse sua autonomia. Segundo o legislador infraconstitucional, o meio ambiente é definido como um conjunto de condições, leis, influências e interações de natureza física, química e biológica que possibilitam, abrigam e regulam a vida em todas as suas formas. Conforme o autor supracitado:

O objetivo central dessa lei é a preservação, melhoria bem como a recuperação da qualidade ambiental para que seja propícia à vida, buscando garantir, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional bem como a proteção da dignidade da vida humana. Esses objetivos estão em conformidade com a Constituição Federal, pois se busca um meio ecologicamente equilibrado. No entanto, concernente ao desenvolvimento econômico, é necessário considerar a racionalidade de uso quanto aos recursos naturais. (Frazão, 2019, p. 15).

Outro avanço significativo ocorreu em 1986, com a Resolução 001/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que estabeleceu as definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação do impacto ambiental, exigindo estudos prévios e independentes para empreendimentos potencialmente poluidores (Bittencourt *et al.*, 2006). como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente. O artigo 7º da Resolução CONAMA previa a "elaboração do estudo prévio de impacto ambiental por uma equipe independente do proponente do projeto, sendo este responsável tecnicamente pelos resultados apresentados" (Bittencourt, 2006).

Todavia, o dispositivo mais importante para toda a nação, que normatiza as políticas públicas de preservação ambiental, foi a promulgação da Constituição Federal de 1988, que dedicou um capítulo inteiro ao meio ambiente, garantindo a todos o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado e impondo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 2003). A Constituição também enfatizou a importância da educação ambiental como ferramenta para a conscientização pública, garantindo um meio ambiente digno para todos.

Esses marcos legais e constitucionais pavimentaram o caminho para uma abordagem mais abrangente e integrada da gestão ambiental no país, culminando na criação de políticas específicas para desafios como os resíduos sólidos.

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. § 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público: I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético; III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção; IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente; VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente. (BRASIL, 2003).

Nesse cenário de crescente conscientização e arcabouço legal, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, surge como um marco fundamental para a gestão de resíduos no Brasil. A PNRS representa um avanço significativo ao estabelecer princípios, objetivos e instrumentos para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, buscando a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil, 2010). Esta lei inovou ao introduzir conceitos como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa, que exige o retorno de produtos e embalagens pós-consumo aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, visando à sua reutilização ou destinação ambientalmente correta (MMA, 2018).

A PNRS não se limita apenas aos aspectos técnicos e ambientais da gestão de resíduos; ela também possui uma forte dimensão social. Ao prever a inclusão dos catadores de materiais recicláveis e o encerramento dos lixões, a política reconhece a importância do trabalho desses profissionais e busca formalizar e dignificar sua atuação, além de combater uma das formas mais precárias e ambientalmente danosas de descarte de resíduos. A transição de lixões para aterros sanitários, por exemplo, é um dos pilares da PNRS, visando mitigar os impactos negativos à saúde pública e ao meio ambiente, como a contaminação do solo, da água e do ar

(ABRELPE, 2022).

Outro exemplo importante de conscientização ambiental diz respeito à realização de conferências mundiais. A partir de 1972, como a da ONU (Organização das Nações Unidas) sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, na Suécia, o debate ambiental ganhou projeção internacional, marcando um ponto de virada na forma como os países, incluindo o Brasil, começaram a abordar as questões ambientais (CAPINZAIKI, 2015). Este evento seminal não apenas destacou as consequências mundiais dos problemas ambientais, mas também impulsionou a criação de legislações e políticas públicas voltadas à proteção ambiental.

Em 1992 ocorreu no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, popularmente conhecida como Rio-92, que contou com a participação de representantes de 172 nações e recebeu extensa cobertura midiática, consolidando-se como um marco global na discussão ambiental. Durante a conferência, foram estabelecidos princípios fundamentais para abordar questões ambientais universais, incluindo o combate à poluição, a gestão sustentável dos recursos naturais e o respeito cultural em relação à ecologia (Milaré, 2014).

A Rio-92 foi seminal ao introduzir e popularizar o conceito de desenvolvimento sustentável. Que propôs uma abordagem integrada que harmoniza o crescimento econômico, a preservação ambiental e a inclusão social. Dentre os acordos internacionais resultantes deste encontro, destacam-se a Convenção do Clima, a Agenda 21, a Convenção da Biodiversidade e a Declaração do Rio. (Araujo; Carvalho, 2011, p. 687).

Em continuidade ao legado da Rio-92, a Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, conhecida como Rio+10, foi realizada em Johannesburgo, África do Sul, em 2002. O evento reuniu cerca de 189 países e teve como foco principal a reafirmação do desenvolvimento sustentável. Embora buscasse verificar os avanços conquistados nas duas décadas subsequentes à conferência de 1992 e revisar os objetivos estabelecidos (Alves, 2019).

Dez anos depois, em 2012, o Rio de Janeiro sediou novamente um importante encontro global: a Rio+20. Este evento de grande magnitude contou com a representação de mais de 100 países por Chefes de Estado ou de Governo, a presença de 487 ministros, e um público de aproximadamente 30 mil pessoas. A conferência gerou um engajamento massivo, com 45 mil credenciais de acesso, mais de 4 mil jornalistas cobrindo o evento e a publicação de mais de 160 mil matérias em

todo o mundo (Fernandes, 2018).

Figura 1: Presidenta Dilma Rousseff discursa durante a cerimônia



Fonte: Roberto Stuckert Filho (2012).

Na ocasião, foram estabelecidos princípios para questões ambientais universais, incluindo o combate à poluição e à gestão dos recursos naturais, entrando para a história ao evidenciar o respeito cultural à ecologia. O objetivo era elaborar um novo paradigma econômico e civilizatório para os países (Milaré, 2014). De acordo com Becker, Huller e Silva (2011), as questões ambientais estão em evidência devido à necessidade de mudanças relacionadas à degradação ambiental. A educação deve ser considerada um elemento relevante para a transformação social, visando a criação de uma nova ética, diferente daquela de uma sociedade consumista. O documento final da Rio+20, com 53 páginas, foi assinado por 188 países e estabeleceu um roteiro para a cooperação universal em prol do desenvolvimento sustentável. (Schmitt, 2014).

As conferências representam importantes espaços de articulação entre diferentes atores sociais, permitindo o debate sobre políticas públicas e estratégias organizacionais que envolvem a gestão sustentável. Essas instâncias são essenciais para disseminar práticas de liderança que promovam o engajamento coletivo e a responsabilidade compartilhada dentro das instituições (Bortoluzzi *et al.*, 2014).

As conferências ampliam a compreensão dos líderes sobre os desafios

contemporâneos enfrentados no ambiente organizacional. Como argumentam Wolf, Cabral e Lourenço (2013), elas proporcionam um espaço de reflexão crítica, onde é possível alinhar os objetivos internos da organização com metas mais amplas, como responsabilidade social e sustentabilidade. A participação em conferências também incentiva o desenvolvimento de habilidades interpessoais nos líderes, como escuta, negociação e empatia. Tais habilidades são essenciais para que os líderes estabeleçam vínculos mais fortes com suas equipes e promovam ambientes colaborativos e produtivos (Ruffatto; Pauli; Ferrão, 2017).

Assim, para que as cidades sejam eficazes na sua implementação, manutenção e atenção às necessidades da sociedade local, é necessário que haja um esforço público que corrobore as recomendações da Política Urbana, promovendo o desenvolvimento sustentável da cidade através do saneamento básico e ambiental adequado (Brasil, 2001). No Brasil, a questão dos resíduos sólidos é uma questão que requer mais que ações pontuais, ou seja, abordagem estrutural e sistêmica (Almeida; Brandão; Costa, 2015). Nas últimas décadas, o país tem desenvolvido legislações e políticas que abordam essa problemática, buscando a proteção ambiental, a saúde pública e o desenvolvimento sustentável (Britto, 2024).

Mesmo diante de esforços legislativos, o Brasil precisa buscar soluções significativas no gerenciamento de resíduos sólidos. Um dos principais obstáculos é a falta de infraestrutura adequada para coleta, tratamento e disposição final dos resíduos. Muitos municípios ainda carecem de políticas eficazes de gestão de resíduos, resultando em problemas como a poluição do solo, da água e do ar, além de impactos negativos na saúde pública (Santos; Santos, 2014).

Além disso, a legislação existente muitas vezes não é devidamente aplicada e fiscalizada, o que contribui para a perpetuação de práticas inadequadas de descarte de resíduos. É essencial fortalecer os mecanismos de controle e fiscalização, bem como promover a conscientização e a educação ambiental para mudar comportamentos e hábitos em relação ao manejo dos resíduos (Matias; Menezes, 2018).

Além da PNRS, outros instrumentos legais, como os acordos setoriais e os planos de resíduos sólidos, têm contribuído para a implementação de práticas mais sustentáveis de manejo de resíduos em diversos setores da economia. No entanto, é fundamental fortalecer a implementação e a efetividade desses instrumentos,

garantindo recursos financeiros e técnicos adequados para sua execução (Britto, 2024).

Olhando para o futuro, é necessário continuar avançando na construção de uma política de resíduos sólidos mais robusta e eficiente no Brasil. Isso inclui a ampliação da infraestrutura de tratamento e disposição final de resíduos, a promoção da economia circular, da valorização dos resíduos como recursos, e o fortalecimento da educação ambiental e da conscientização pública (Santos; Santos, 2014).

Além disso, é importante considerar as questões emergentes, como o aumento da geração de resíduos eletrônicos e a necessidade de regulamentação específica para esse tipo de resíduo, bem como a gestão adequada dos resíduos de saúde, especialmente em contextos de pandemias como a da Covid-19. (Almeida; Brandão; Costa, 2015).

O enfrentamento dos problemas relacionados aos resíduos sólidos no Brasil requer uma abordagem que envolva a atuação coordenada de diversos atores sociais e políticos, bem como a adoção de medidas que promovam a sustentabilidade ambiental, econômica e social (Pozzeti; Caldas, 2019). Esses apontamentos reforçam a necessidade de ampliar o escopo das políticas públicas voltadas à gestão de resíduos sólidos, incorporando novas tipologias que têm ganhado relevância nas últimas décadas, como os resíduos eletrônicos e os resíduos de serviços de saúde.

A pandemia de Covid-19 evidenciou, por exemplo, a fragilidade dos sistemas locais no manejo seguro de materiais contaminantes, revelando lacunas tanto na infraestrutura quanto na legislação específica. Além disso, o crescimento exponencial da tecnologia e do consumo de equipamentos eletrônicos exige a criação de mecanismos eficazes de coleta, reciclagem e destinação final, alinhados à lógica da economia circular.

Para uma melhor exemplificação, será exposto no quadro abaixo as principais legislações do Brasil associadas com os resíduos sólidos:

Quadro 1: Legislação e descrição

Lei	Descrição
-----	-----------

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei nº 12.305/2010	A gestão de resíduos deve seguir uma hierarquia que priorize a não produção, seguida pela redução, reutilização, reciclagem, tratamento e descarte final adequado. A responsabilidade é compartilhada entre todos os envolvidos no ciclo de vida do produto. A logística reversa será introduzida, exigindo o retorno de certos produtos ao fabricante após o consumo. Além disso, está previsto o fechamento gradual de aterros sanitários e sua substituição por aterros sanitários.
Lei de Crimes Ambientais - Lei nº 9.605/1998	A Lei de Crimes Ambientais estabelece disposições penais e administrativas para condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
Resolução CONAMA nº 307/2002	Classificação dos resíduos da construção civil em categorias específicas; Estabelecimento de diretrizes para a gestão dos resíduos da construção civil, mudando a sua redução, reutilização e reciclagem; Responsabilidade dos geradores pelo manejo adequado desses resíduos.
Lei nº 11.445/2007 - Lei do Saneamento Básico	A Lei do Saneamento Básico estabelece que o saneamento envolve serviços, infraestruturas e instalações dedicados à gestão de resíduos sólidos. Um de seus principais objetivos é garantir a universalização desses serviços, promovendo acesso amplo e igualitário.
Resolução CONAMA nº 275/2001	A Resolução CONAMA nº 275 define cores padrão para facilitar a separação de resíduos na coleta seletiva, como azul para papel, vermelho para plástico e verde para vidro.

Decreto nº 7.404/2010	Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos e especifica a implementação das diretrizes previstas na Lei nº 12.305/2010. Detalhamento das obrigações de cada ente federativo e dos setores produtivos na gestão de resíduos sólidos; Estabelecimento de procedimentos para a elaboração de planos de gestão integrada de resíduos sólidos e planos de gerenciamento de resíduos sólidos específicos para empresas e atividades econômicas.
Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)	NBR 10.004: Classificação dos Resíduos Sólidos; NBR 13.221: Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares; NBR 15.100: Resíduos Sólidos - Aterros de Resíduos Não Perigosos - Critérios para Projeto, Implantação e Operação.

Fonte: A autora (2025), adaptada de Santos; Santos (2014)

Estas legislações constituem a base legal para a gestão de resíduos sólidos no Brasil, orientando a implementação de práticas sustentáveis e a proteção do meio ambiente e da saúde pública. A aplicação e fiscalização efetivas dessas leis são essenciais para lidar com as questões associadas à gestão de resíduos no país. (Matias; Menezes, 2018).

Isto posto, passa-se a analisar a classificação dos resíduos sólidos, os principais métodos de tratamento para, em seguida, estudar a Política Nacional dos Resíduos Sólidos e o Novo Marco do Saneamento Básico. Por fim, neste capítulo, apreciam-se alguns aspectos dos resíduos sólidos em relação ao meio ambiente, sustentabilidade e saúde no Brasil.

2.2 Classificação dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos são gerados por uma ampla gama de atividades, pois todo processo produz resíduos, variando em seu potencial poluidor (MARQUES,

2010). Segundo Vanzin *et al.* (2008), o crescimento populacional nas cidades e a expansão das atividades industriais levam ao aumento da demanda por energia e, conseqüentemente, ao aumento da produção de resíduos sólidos, o que gera problemas socioambientais.

Diante desse cenário, há uma preocupação crescente entre instituições acadêmicas, científicas, públicas e privadas em estudar os impactos ambientais decorrentes da interação humana com o meio ambiente, visando diagnosticar e propor soluções eficazes (SILVA, 2009). Entre os principais enfrentamentos, destaca-se a deficiência na gestão de resíduos, que impacta negativamente os sistemas naturais, sociais, econômicos e a saúde humana.

Desta forma, observa-se:

A busca por soluções na área de resíduos reflete a demanda da sociedade que pressiona por mudanças motivadas pelos elevados custos socioeconômicos e ambientais. Se manejados adequadamente, os resíduos sólidos adquirem valor comercial e podem ser utilizados em forma de novas matérias-primas ou novos insumos. A implantação de um Plano de Gestão trará reflexos positivos no âmbito social, ambiental e econômico, pois não só tende a diminuir o consumo dos recursos naturais, como proporciona a abertura de novos mercados, gera trabalho, emprego e renda, conduz à inclusão social e diminui os impactos ambientais provocados pela disposição inadequada dos resíduos. (MMA, 2018, n/p).

A relação entre a atividade humana e o meio ambiente tem sido uma preocupação constante ao longo dos anos. Diversas ações antrópicas têm gerado impactos negativos, afetando não apenas a natureza, mas também a saúde e o bem-estar das populações. Lima (2022) aponta que, desde a antiguidade, o ser humano tem promovido alterações no meio ambiente, tanto de forma direta quanto indireta, impactando negativamente a natureza por meio da geração de resíduos sem descarte adequado, o que contribui para a degradação ambiental.

A autora também destaca que tais mudanças podem comprometer atividades econômicas e representar riscos à saúde pública, incluindo a escassez de água e alimentos, o aumento na frequência de desastres naturais, deslocamentos populacionais e maior incidência de doenças infecciosas. Uma das maiores dificuldades é o consumo descontrolado, muitas vezes incentivado por propagandas que promovem produtos de curta duração, resultando em grande quantidade de resíduos, muitos deles sintéticos, dificultando sua disposição final e afetando a

conservação dos recursos naturais urbanos (Mattos, 2006).

A gestão eficaz de resíduos requer políticas públicas que considerem fatores ambientais, sociais e econômicos. O desenvolvimento de regulamentações técnicas e estratégias de gestão é crucial para a construção de cidades limpas e gestão sustentável de resíduos. Além disso, a educação ambiental é crucial para ensinar as comunidades a reduzir, reciclar e descartar adequadamente seus resíduos. Ao adotar práticas como coleta seletiva, compostagem e consumo responsável, os impactos ambientais podem ser minimizados e contribuir para cidades mais sustentáveis e uma melhor qualidade de vida.

A classificação dos resíduos sólidos é um processo fundamental no gerenciamento adequado, pois permite identificar suas características, origens e potenciais impactos ambientais e de saúde pública (Pozzetti; Caldas, 2019). Assim, no quadro 2 estão alguns conceitos e a importância da classificação dos resíduos sólidos:

Quadro 2: Classificação dos resíduos.

Conceitos	Definição
Identificação das Origens	A classificação dos resíduos sólidos permite identificar de onde esses materiais provêm, seja de residências, estabelecimentos comerciais, indústrias, serviços de saúde, construções, entre outros.
Análise da Composição	Por meio da classificação, é possível identificar os diferentes materiais presentes nos resíduos, como plástico, papel, metal, vidro, materiais orgânicos, entre outros. Isso é essencial para determinar as formas mais adequadas de tratamento e disposição final dos resíduos.
Avaliação da Periculosidade	Alguns resíduos podem apresentar características perigosas, como inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, entre outras. A classificação permite avaliar a periculosidade dos materiais e adotar medidas adequadas para garantir sua gestão segura.

Segregação na Fonte	A classificação dos resíduos também permite a segregação desses materiais na fonte, ou seja, no local onde são gerados. Isso facilita o tratamento posterior dos resíduos, pois materiais semelhantes podem ser agrupados para processos específicos, como reciclagem, compostagem, entre outros.
---	--

Fonte: A autora (2025), adaptado de Almeida; Brandão; Costa (2015).

Como já afirmado, a classificação dos resíduos sólidos é essencial para uma gestão eficiente desses materiais, pois permite direcionar cada tipo de resíduo para o método de tratamento mais adequado, maximizando a recuperação de recursos e minimizando os impactos ambientais (Santos; Santos, 2014).

Ao identificar os resíduos e adotar medidas adequadas de tratamento e disposição final, é possível reduzir os impactos ambientais associados à geração e ao descarte inadequado desses materiais, como a poluição do solo, da água e do ar. Por conseguinte, entende-se que a classificação dos resíduos sólidos é essencial para um adequado gerenciamento, pois permite identificar suas características e determinar os métodos mais adequados de tratamento e disposição final.

A classificação dos resíduos também contribui para a proteção da saúde pública, pois permite identificar materiais perigosos que podem representar riscos à saúde dos trabalhadores envolvidos na coleta, transporte e tratamento dos resíduos, bem como da população em geral, conforme apontado por Nascimento, Freire, Dantas e Giansante (2019). Ao identificar e separar os materiais passíveis de reciclagem, a classificação dos resíduos contribui para promover a economia circular, onde os materiais são reutilizados e reciclados, reduzindo a necessidade de extração de recursos naturais e minimizando o desperdício, conforme observado por Matias e Menezes (2018).

A correta destinação de resíduos revela-se uma prática essencial para a sustentabilidade, reduzindo danos ambientais, protegendo pessoas e impulsionando a economia circular. Estudos demonstram que seu sucesso depende menos de dados técnicos e mais de comprometimento ético e social. A articulação entre ações individuais e sistemas coletivos potencializa impactos positivos, transformando a conscientização em resultados concretos. A gestão responsável de resíduos surge, portanto, como um imperativo técnico e ético, exigindo políticas públicas robustas,

infraestrutura adequada e educação ambiental continuada.

Por outro lado, Reato (2024, p.3), alerta que:

Apesar das dimensões social, econômica e ambiental da sustentabilidade serem as mais conhecidas, inclusive no senso comum, os ideais de sustentabilidade, sobretudo em função da complexidade do raciocínio para definir o termo, precisam ser integralmente difundidos para combater a crise civilizatória que assola a Terra, a qual está sendo experienciada e percebida nas diversas catástrofes climáticas recorrentes. As práticas e os comportamentos sustentáveis exigem que a interpretação, a qual ocorre pela via do círculo hermenêutico, forme um senso crítico. Ocorre que dar sentido para uma informação ambiental, especialmente as que se relacionam com a sustentabilidade, nem sempre é fácil por diversos fatores, como a descontextualização, distorção, polarização, notícias falsas e complexidade dos dados.

No contexto de desafios para a construção de uma consciência ambiental crítica e devidamente fundamentada, é necessário buscar modelos que, além de propor soluções técnicas, favoreçam a compreensão coletiva dos princípios da sustentabilidade. É justamente nesse cenário que surge a economia circular como uma alternativa viável e estratégica.

De acordo com Sehnem *et al.* (2020), a economia circular é um modelo econômico que busca a sustentabilidade ao promover o uso eficiente e responsável dos recursos, em contraste com o modelo tradicional de economia linear, que segue o ciclo no qual os recursos são extraídos da natureza, utilizados para a produção de bens, e, ao final do ciclo de vida desses bens, descartados como lixo.

A economia circular surge como uma alternativa sustentável ao modelo linear tradicional. Prioriza o uso eficiente e responsável dos recursos. Enquanto a economia linear é baseada na extração, produção e descarte, a economia circular busca otimizar o ciclo de vida dos produtos.

A economia circular propõe um ciclo contínuo de reaproveitamento de recursos, materiais e produtos, minimizando o desperdício e os impactos ambientais. Esse modelo envolve a ideia de que os produtos devem ser projetados de forma que possam ser reparados, reutilizados, reciclados ou reconicionados, prolongando sua vida útil, conforme indicado por Sehnem *et al.* (2020).

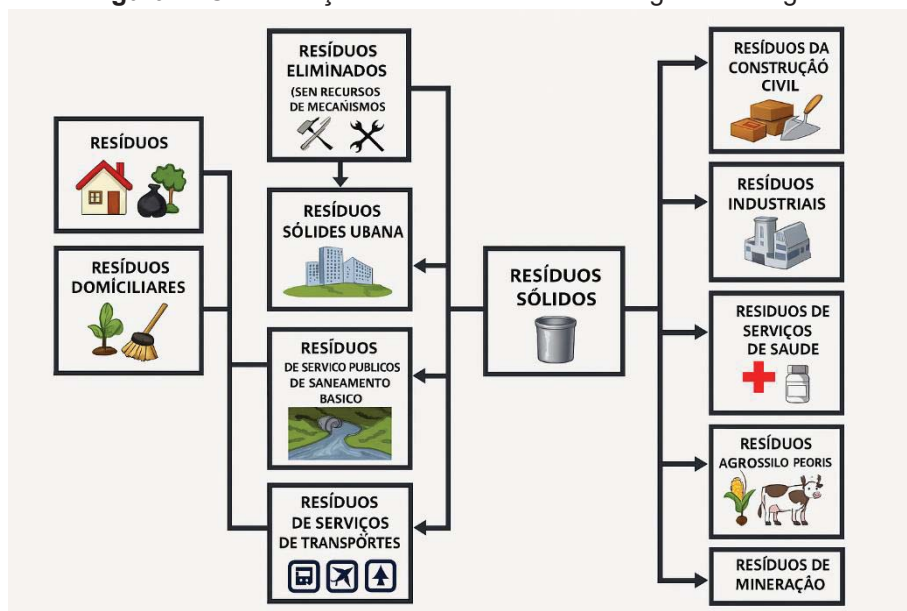
A economia circular apresenta-se como uma alternativa viável frente ao esgotamento progressivo dos recursos naturais. Trata-se de um modelo que transcende tendências pontuais, representando uma transformação sistêmica que

deve ser integrada desde a fase de concepção dos produtos até os padrões de consumo. Tal abordagem possibilita a otimização do ciclo de vida dos materiais, com redução significativa de impactos ambientais, promovendo uma harmonização entre os sistemas produtivos, hábitos de consumo e princípios de sustentabilidade.

A classificação dos resíduos sólidos desempenha um papel crucial no gerenciamento adequado desses materiais, promovendo a sustentabilidade ambiental, a proteção da saúde pública e a promoção de uma economia mais circular e eficiente, conforme apontado por Almeida, Brandão e Costa (2015). A classificação dos resíduos sólidos ocorre por meio da análise de diferentes características dos materiais descartados, visando identificar suas origens, composição, periculosidade e outras propriedades relevantes, conforme observado por Pozzetti e Caldas (2019).

Outro problema da atualidade diz respeito às dificuldades da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Muitos municípios não conseguem lidar com a gestão integrada. Silva, Fugii e Santoyo (2015) destacam que a gestão de resíduos sólidos requer uma ação conjunta entre as pessoas que fazem parte da cadeia de gerenciamento, pois não basta apenas a criação da lei que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, mas sim a participação de todos.

Figura 2: Classificação dos resíduos sólidos segundo a origem.



Fonte: RQ Ambiental (s/d)

O primeiro passo é identificar a origem dos resíduos, ou seja, de onde eles provêm. Isso pode incluir residências, estabelecimentos comerciais, indústrias, serviços de saúde, construções, atividades agrícolas, entre outros (Almeida;

Brandão; Costa, 2015).

Em muitos casos, os resíduos são separados na fonte, ou seja, no local onde são gerados. Isso facilita a classificação posterior, pois permite que diferentes tipos de resíduos sejam direcionados para tratamentos específicos, como reciclagem, compostagem, entre outros (Santos; Santos, 2014).

Os resíduos são, então, analisados quanto à sua composição. Isso envolve identificar os materiais presentes, como plásticos, metais, vidros, papel, materiais orgânicos, entre outros. Essa análise é importante para determinar as possíveis formas de tratamento e destinação final dos resíduos.

Alguns resíduos podem apresentar características perigosas, como inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, entre outras (Nascimento; Freire; Dantas; Giansante, 2019). Nesses casos, é importante avaliar a periculosidade dos materiais para garantir que sejam tratados e dispostos de forma adequada, evitando danos à saúde pública e ao meio ambiente.

Neste contexto, estudos realizados pela Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA) indicam que o custo de atendimento hospitalar a pessoas afetadas pela má gestão de resíduos é estimado entre 10 e 20 dólares por tonelada, equivalente a uma média de 75 reais pelo mesmo peso. Em 28 regiões metropolitanas brasileiras com mais de 10 milhões de habitantes, a economia potencial poderia chegar a 2,4 bilhões de reais por ano, valor que equivale a 72 bilhões de reais em três décadas de gastos com saúde pública. (Abren, 2021).

A classificação dos resíduos sólidos também pode ser feita de acordo com normas e legislação específicas. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, apreciada no próximo fragmento, estabelece diretrizes e critérios para o gerenciamento adequado dos resíduos, incluindo sua classificação. Neste sentido, a referida legislação, sintetiza:

XVI – resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Após a classificação, é importante documentar e registrar as informações

obtidas sobre os resíduos. Isso inclui a elaboração de inventários de resíduos, fichas técnicas, laudos de análise, entre outros documentos que podem ser úteis para o planejamento e execução das atividades de gerenciamento de resíduos. Ainda de acordo com a Lei N° 12.305/2010, são planos de resíduos sólidos:

I - o Plano Nacional de Resíduos Sólidos; II - os planos estaduais de resíduos sólidos; III - os planos microrregionais de resíduos sólidos e os planos de resíduos sólidos de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas; IV - os planos intermunicipais de resíduos sólidos; V - os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos; VI - os planos de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Por fim, é essencial realizar o monitoramento contínuo dos resíduos sólidos, revisando periodicamente sua classificação conforme necessário. Isso permite ajustar as estratégias de gerenciamento de acordo com as mudanças nas características dos resíduos, nas tecnologias disponíveis e nas exigências legais e ambientais.

O que se quer dizer, portanto, é que a classificação dos resíduos sólidos é um processo fundamental para um adequado gerenciamento desses materiais, envolvendo a análise de diversas características e a adoção de critérios específicos para determinar sua origem, composição, periculosidade e outras propriedades.

Acerca dos métodos de tratamento de resíduos sólidos podem variar dependendo das características dos resíduos, dos recursos disponíveis e das exigências ambientais e legais. De tal modo, faz-se imperioso descrever os métodos mais comuns de tratamento de resíduos sólidos (Neto, 2019).

2.3 Métodos de tratamento dos resíduos sólidos

Para entender como a população pode ir além do simples descarte de lixo e buscar soluções mais sustentáveis, é importante conhecer um novo modelo chamado economia circular. Este conceito, fundamental para a gestão moderna de resíduos, tem uma proposta diferente do modelo linear de "extrair, produzir, usar e descartar", a economia circular propõe um sistema onde os recursos são mantidos em uso pelo maior tempo possível, recuperando e regenerando produtos e materiais

ao final de cada ciclo de vida.

Isso significa que, em vez de descartar, busca-se valorizar os resíduos como recursos, transformando-os em novas matérias-primas ou insumos. Essa abordagem não só reduz a demanda por recursos naturais virgens e a geração de resíduos, mas também fomenta a inovação, cria novos mercados e gera empregos e renda, contribuindo para a inclusão social e a diminuição dos impactos ambientais (MMA, 2018). A transição para a economia circular é um desafio complexo que exige a colaboração entre governo, setor privado e sociedade civil, mas oferece um caminho promissor para um desenvolvimento mais sustentável.

A geração de resíduos é um resultado direto da atividade humana, cujas consequências modificam as características físicas, químicas e biológicas dos materiais descartados. Inúmeras atividades e serviços ilustram como as ações humanas podem levar a impactos ambientais significativos (Telles, 2022).

A gestão de resíduos envolve dois momentos: antes do descarte, com foco em repensar, rejeitar e reduzir; e após o descarte, com ações de reúso, reciclagem, coleta e tratamento. Embora o aterro sanitário ainda seja comum no Brasil, não é visto como solução prioritária. A PNRS destaca a complexidade da gestão de resíduos, abordando o vínculo entre desenvolvimento, consumo, cadeias globais e a dificuldade de internalizar os custos ambientais (Toneto Jr.; Saiani; Dourado, 2014). Observemos um exemplo:

Figura 3: Atividades humanas e seus impactos ao meio ambiente.

Atividade, Serviço	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental
Lavagem de carros	Agente de limpeza na água servida	Potencial poluição da água
	Uso da água	Impacto em recursos naturais
Aquecimento	Emissões de caldeira	Poluição do ar
Armazenamento de combustível em tanque na superfície ou subterrâneo	Potencial para vazamento ou derramamento	Contaminação do solo ou de águas subterrâneas
Emissões atmosféricas	Produção de emissões atmosféricas	Alteração da qualidade do ar
Resíduos sólidos	Descarte de resíduos sólidos	Contaminação do solo

Fonte: Telles (2022).

Desta forma, torna-se relevante investir em políticas públicas e práticas sustentáveis que priorizem a gestão adequada dos resíduos sólidos, reduzindo não apenas os custos com saúde, mas também os impactos ambientais e sociais decorrentes do descarte inadequado. A implementação de sistemas eficientes de

coleta seletiva, reciclagem e tratamento de resíduos, aliada à conscientização da população, pode contribuir significativamente para a diminuição dos problemas associados à má gestão. (Bileski, 2015).

O primeiro deles é a Coleta Seletiva. Trata-se de um método que envolve a separação dos resíduos em diferentes categorias na fonte, como plástico, papel, metal e vidro. Essa separação facilita o processo de reciclagem, onde os materiais são encaminhados para instalações específicas para serem processados e transformados em novos produtos (Pozzeti; Caldas, 2019).

Bileski (2015) esclarece que a coleta seletiva envolve um conjunto de etapas que vão desde a separação inicial dos resíduos até seu reaproveitamento como matéria-prima na produção de novos produtos ou sua destinação correta. Se faz necessário que essa separação ocorra por tipo de material, e que todos os itens recicláveis sejam distintos dos não recicláveis. Em seguida, os materiais recicláveis, como papel, plástico, metais e vidros, são criteriosamente separados e, posteriormente, vendidos a indústrias que os utilizam na fabricação de novos produtos.

A coleta seletiva configura-se como uma das estratégias mais eficientes para a promoção da sustentabilidade urbana. A adoção de práticas simples, como a segregação adequada de resíduos, demonstra potencial para gerar benefícios ambientais e sociais de relevância. Contudo, observam-se desafios significativos na implementação dessa prática, especialmente devido à carência de conscientização pública e infraestrutura adequada em diversas regiões. Nesse contexto, evidencia-se a necessidade de investimentos contínuos em programas de educação ambiental e no desenvolvimento de políticas públicas robustas para a consolidação e ampliação do sistema de coleta seletiva.

Pozzeti e Caldas (2019), dizem que a reciclagem, por sua vez, é um dos métodos mais eficazes de tratamento de resíduos sólidos, onde materiais como papel, plástico, metal e vidro são transformados em novos produtos ou matérias-primas. Esse processo reduz a necessidade de extração de recursos naturais, economiza energia e reduz a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários.

Já sob a ótica do aproveitamento, cabe destacar conforme menciona Cuccato (2014), que a reciclagem é uma importante via de entrada da comunidade para o mercado informal de trabalho e evita a poluição do ambiente, fazendo aumentar a vida útil dos aterros sanitários com a diminuição da quantidade dos resíduos sólidos

e da exploração dos recursos naturais.

Figura 4: Materiais e sua classificação de aproveitamento.

Quantidade	Reciclável	Não-Reciclável	
1 tonelada de papel reciclada evita e corre da 15 a 20 árvores, e excomuna 50% de energia elétrica e 10 mil litros de água	• jornais e revistas • formulários • formulários de computador • cadernos • papel de copê direcia • jornais • froluches • poves • papel de fax	• etiquetas adesivas • papel tãvo • formularias de cerveja • latas • alumínio • embalagens duais • papelagens • carbono • simetico	• etiquetas autoadesiva • cálhées • lata • panelás em geral • icões • panels em geral • tmtas • parrensavos • molas
1 tonelada de alumínio reciclada evita a extração de 95%	• folha de-flandres • latas de cerveja • latas de refrescato • alumínio • embalagens aerias	• clios • talheres • latão • panelas em geral • correm	• percos • resinas epoxi • fenolicos • utensilios em geral
100 toneladas de plástico evita a extração da 1 tormela de petroleo	• canos e tubos • garrafas de bebidas • CDs • embalagens plástica para produtos de limpeza	• cabos de turo • resinas epoxi • fenolicos	• espelhos • vidros lutas • telas de tav
1 tonelada de vidro reciclada evita a extração 1,3 tonnela de areia	• recipientes em geral • jarvos • copos	• espélnos • vidro eplave	• espelhos • vidro fianetas • telas de TV e computadores

Fonte: Unesp (2016)

Ainda, a compostagem é um método de tratamento de resíduos orgânicos, como restos de alimentos e resíduos de jardim, onde os materiais são decompostos por microrganismos em condições controladas, resultando em composto orgânico utilizado como adubo em agricultura e jardinagem. Segundo Milaré e Moraes (2014), a compostagem é considerada a forma mais ambientalmente correta de destinação final para resíduos sólidos domésticos, proporcionando benefícios ambientais consideráveis.

O processo de conversão de alimentos e resíduos de jardim em fertilizante orgânico é um exemplo de ciclo perpétuo. A redução da poluição ambiental é alcançada por meio da atividade microbiana sob condições monitoradas. Usar o composto produzido em atividades agrícolas e hortícolas representa um uso eficiente dos recursos disponíveis. Ao se envolver nessa atividade, você contribuirá para reduzir a quantidade de resíduos em aterros sanitários.

A compostagem pode ser realizada de diversas formas. Siqueira e Assad (2015) destacam em seu estudo sobre os tipos de compostagem existentes no estado de São Paulo que as experiências urbanas em compostagem podem ser sistematizadas em modalidades de gestão, sendo elas compostagem centralizada e descentralizada. No modelo centralizado, incluem-se usinas de triagem e compostagem (UTC) e Usinas de Adubo Orgânico (UAO), geralmente localizadas fora do perímetro urbano, onde os geradores estão distantes da unidade.

No modelo descentralizado, a compostagem é dividida em domiciliar, comunitária, institucional e em pátios de compostagem urbana, geralmente situados dentro do perímetro urbano, próximos aos geradores de resíduos sólidos orgânicos. As UTCs são locais que realizam a triagem de materiais recicláveis, compostáveis e rejeitos, possuindo pátios de recepção de resíduos, centrais para a triagem, pátios de compostagem e aterros para rejeitos com sistemas de tratamento de chorume (Felicori et al., 2016).

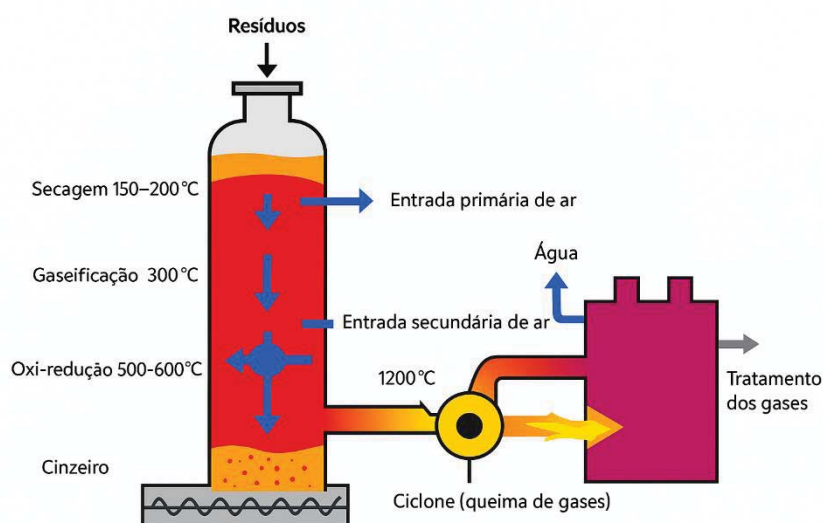
As usinas de triagem e compostagem são um sistema de gerenciamento de resíduos de vários estágios. Materiais recicláveis, resíduos biodegradáveis e resíduos indesejados são separados em locais separados. A compostagem ocorre em áreas designadas, enquanto os resíduos indesejados são enviados para aterros sanitários para tratamento de águas residuais. Localizar CTUs fora das áreas urbanas melhora a logística de transporte de resíduos. A eficácia desses sistemas depende da qualidade da separação de resíduos na fonte.

Além disso, as UAOs representam empreendimentos que recebem apenas resíduos orgânicos rigorosamente segregados, priorizando a qualidade do composto (Siqueira; Assad, 2015). A classificação e gestão desses diferentes tipos de compostagem são essenciais para promover práticas sustentáveis e eficientes no manejo de resíduos, contribuindo para a saúde pública e a preservação ambiental.

Por outro lado, a incineração configura-se como uma alternativa de tratamento térmico para resíduos sólidos. Este método consiste na combustão controlada dos materiais a elevadas temperaturas. O processo acarreta uma diminuição significativa do volume dos resíduos. Além disso, a energia térmica liberada durante a queima pode ser convertida. Essa conversão possibilita a geração de eletricidade ou o aproveitamento para fins de aquecimento.

De acordo com Lopes (2014), a incineração é um processo que consiste em oxidação térmica em altas temperaturas, que normalmente variam de 800 °C a 1300 °C, dependendo do combustível, queimador e o objetivo da incineração. Alguns fatores estão relacionados com o desempenho do incinerador, como a composição dos resíduos que serão queimados, o tempo de residência dos gases na câmara secundária, a temperatura de combustão e o excesso de ar admitido na câmara de combustão.

Figura 5: Representação do processo de combustão.



Fonte: UFSM (s/d).

O processo começa com a secagem dos resíduos a 150-200°C, seguida pela gaseificação a 300°C, convertendo-os em gás. Depois, ocorre a oxidação e redução a 500-600°C, queimando completamente os gases. O calor gerado produz vapor em uma caldeira para geração de energia. Os gases passam por um ciclone para queima adicional de partículas e depois por um tratamento antes de serem liberados. As cinzas finais são coletadas no cinzeiro. Este processo é representado esquematicamente na fonte mencionada (UFSM, s.d).

Há quem defenda a prática da incineração, mas estudiosos alertam que esse método pode acabar causando danos ao meio ambiente. No Japão e nos Estados Unidos, a técnica é bastante antiga e opera sob uma legislação ambiental rigorosa, que busca atender às necessidades energéticas, ambientais e materiais, alinhando-se às demandas da população em termos econômicos e culturais (FADE/UFPE, 2013).

No entanto, no Brasil, esse método é utilizado em uma fração mínima do total de resíduos tratados, sendo mais aplicado no tratamento de resíduos perigosos, como os gerados por indústrias e hospitais, que não podem ser descartados em aterros comuns por exigirem tratamento especial (MCTI, 2013). Ou seja, a incineração se mostra uma técnica pouco recomendável, especialmente em contextos onde a gestão de resíduos pode ser realizada por meio de métodos mais sustentáveis e menos impactantes ao meio ambiente.

Alguns resíduos sólidos podem passar por processos de tratamento químico

e físico para reduzir sua periculosidade ou volume. Isso pode incluir processos como a neutralização de substâncias tóxicas, a separação de materiais por processos físicos, entre outros. Os resíduos hospitalares, que podem ser infectantes ou contaminados, são frequentemente tratados por incineração para garantir a eliminação segura de agentes patogênicos.

O tratamento químico e físico de resíduos perigosos, particularmente os de origem hospitalar, constitui medida essencial para a proteção ambiental e da saúde pública. Entretanto, verifica-se que essa prática ainda apresenta lacunas significativas em sua implementação, decorrentes de deficiências estruturais e de fiscalização. Essa situação expõe tanto profissionais quanto comunidades a riscos evitáveis. Torna-se imprescindível, portanto, a adoção de políticas públicas mais eficazes e o fortalecimento do comprometimento institucional no manejo adequado desses materiais.

Cada método de tratamento de resíduos sólidos tem suas vantagens e desvantagens, e a escolha do método adequado depende das características dos resíduos, das metas de sustentabilidade e das condições locais. Um gerenciamento eficaz dos resíduos sólidos geralmente envolve uma combinação de diferentes métodos para garantir a maximização da recuperação de recursos, a minimização dos impactos ambientais e a proteção da saúde pública (Pozzetti; Caldas, 2019).

Os resíduos decompostos presentes em aterros ou lixões são formados por substâncias orgânicas e inorgânicas. Quando a água entra em contato com esses materiais, origina-se um líquido escuro e de odor intenso, conhecido como chorume ou lixiviado. Esse fluido é resultado da decomposição da matéria orgânica e apresenta altas concentrações de sólidos em suspensão e metais pesados, provenientes da degradação de compostos como carboidratos, proteínas e lipídios.

A composição do chorume pode variar significativamente, influenciada por fatores como o volume de chuvas, o tempo de acúmulo dos resíduos e suas características específicas. Devido à presença de substâncias altamente solúveis, esse líquido possui elevado potencial de contaminação, podendo atingir corpos d'água superficiais e, ao infiltrar-se no solo, comprometer os aquíferos subterrâneos e a qualidade dos recursos hídricos (Diniz, 2016).

Diante das informações apresentadas, constata-se que o chorume representa riscos significativos ao meio ambiente e à saúde pública. Observa-se ainda uma insuficiência de sistemas eficientes para seu controle e tratamento em aterros

sanitários. Torna-se prioritário o investimento em tecnologias de contenção e monitoramento contínuo desse efluente. É preocupante que, mesmo com os avanços na legislação ambiental, essa questão continue sendo negligenciada em diversas regiões.

Não obstante as robustas diretrizes estabelecidas para a gestão de resíduos pela legislação brasileira, a ineficácia na aplicação dos preceitos legais e os desafios de natureza estrutural enfrentados por diversos municípios resultam em práticas inadequadas, tais como o uso de lixões. Torna-se, para tanto, necessário compreender os impactos de tais práticas no meio ambiente e identificar alternativas técnicas viáveis, assunto que será explorado a seguir.

3 LIXÕES E ATERROS: IMPACTOS E SOLUÇÕES AMBIENTAIS

O próximo capítulo abordará temas relevantes sobre a gestão de resíduos sólidos, destacando as implicações ambientais decorrentes de seu manejo inadequado. Inicialmente, serão discutidas as implicações ambientais dos resíduos sólidos, considerando os impactos causados ao meio ambiente e à saúde pública. De seguida, serão apresentados os aterros, focando-se nas definições, conceitos e aspectos gerais que caracterizam este tipo de disposição final.

Além disso, serão explorados os aspectos conceituais e técnicos dos aterros sanitários, destacando suas características, funcionamento e importância como alternativa ambientalmente adequada. Por fim, serão abordados os aterros controlados, destacando suas especificidades e diferenças em relação aos aterros sanitários e aterros sanitários, destacando as vantagens e limitações desse modelo de gestão de resíduos sólidos.

3.1 Implicações ambientais dos resíduos sólidos

Para Reigota (2007), o meio ambiente é composto por fatores sociais, físicos, químicos, culturais e biológicos, que podem provocar efeitos diretos e indiretos a médio ou longo prazo, tanto pelas ações humanas quanto pelas ações dos animais. Em resumo, meio ambiente é sinônimo de natureza e deve ser

preservado, conscientizando-se a importância deste espaço para a vida dos seres vivos.

O meio ambiente é formado por diversos elementos que regulam o ambiente em que vivemos. Com base nas palavras do autor mencionado, o meio ambiente é um conjunto completo de unidades ecológicas que funcionam como um sistema natural, mesmo com significativa intervenção humana e de outras espécies do planeta, incluindo vegetação, animais, microorganismos, solo, rochas, atmosfera e fenômenos naturais. (Miranda, 2010). Com o propósito de definir o termo, Fernandes (2018), sintetiza o seguinte:

O meio ambiente natural (ou físico), formado pelo solo, água, ar atmosférico, energia, flora, fauna (art. 225, da CR/88); o meio ambiente cultural (art. 215 e 216, da CR/88), que se liga à história e cultura de um povo, revelando suas raízes e identidades (na forma do patrimônio histórico, artístico, arqueológico, paisagístico e turístico); o meio ambiente artificial (ou humano), que é o espaço urbano construído pelo homem (edificações, ruas, parques, áreas verdes, praças etc.) e o meio ambiente do trabalho, como espécie de meio ambiente artificial, mas que se destaca pela autonomia, sendo o local no qual o trabalhador exerce sua atividade. (Fernandes, 2018, p. 1772).

Conforme Alves (2019), o meio ambiente é a combinação de componentes naturais, artificiais e culturais que favorecem o crescimento harmonioso da vida em todas as suas manifestações. A integração procura adotar uma visão unificada do ambiente, abrangendo tanto os recursos naturais quanto os culturais. Segundo Salles (2013), a palavra meio ambiente tem sido frequentemente empregada pela mídia de forma equivocada, sugerindo que meio ambiente se refere à natureza ou aos recursos naturais.

Com efeito, a crescente relevância das questões ambientais, conforme apontado por Becker, Huller e Silva (2011), decorre da premente necessidade de transformações em resposta à degradação ambiental. Nesse contexto, a educação ambiental assume papel central como vetor de transformação social, promovendo a construção de uma nova ética que se distancia do paradigma da sociedade de consumo.

Quando se associa a palavra "impacto" ao meio ambiente, tende-se a pensar em algo negativo, mas nem todo impacto é prejudicial. Entende-se por impacto ambiental qualquer alteração no ambiente causada por atividades humanas, quer

sejam ações individuais ou industriais que produzem resíduos. Portanto, qualquer mudança física ou biológica que afete o ecossistema pode ser considerada um impacto ambiental (Alves, 2019).

Assim, afirma-se que o impacto ambiental tem tido maiores proporções no curso da evolução humana, tendo em vista que o homem era dependente do meio ambiente, mas passou a explorá-lo e os impactos ambientais foram aumentando gradativamente (Melo, 2017). Segundo a Resolução n.º 1/86, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o impacto ambiental é classificado quando há:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais. (Brasil, 1986).

Segundo Alves (2019), não há como ignorar que as agressões humanas à natureza causam impactos de longo prazo, prejudicando a qualidade de vida das gerações futuras. Muitas são as consequências que advêm do desenvolvimento econômico irracional, podendo levar à escassez de recursos ambientais ou até mesmo a crises ambientais sem precedentes.

Reforça Jacobi (2003), que a dimensão ambiental emerge como um tema que envolve diversos agentes no campo educacional, promovendo o engajamento de distintas áreas do conhecimento, a formação de profissionais especializados e a mobilização da comunidade acadêmica de maneira interdisciplinar.

Noutra perspectiva, os impactos ambientais positivos são aqueles que, ao contrário dos negativos, trazem algum tipo de benefício ao meio ambiente. Seu aspecto construtivo se fortalece por meio de ações que agregam valor ao ecossistema em que vivemos, como iniciativas de preservação e proteção. Nem sempre que abordamos o tema impacto ambiental estamos nos referindo a eventos danosos ou negativos, já que ele pode se manifestar de ambas as formas. (Alves, 2019).

Segundo o Dinâmica Ambiental (2014), impacto ambiental positivo refere-se a ações que promovem a preservação ou recuperação do meio ambiente, como reflorestamento, recuperação de espaços verdes, despoluição de corpos de água e

construção de estruturas sustentáveis. Já o impacto ambiental negativo é exemplificado pela remoção da vegetação para construção de edifícios, o que aumenta a poluição e a vulnerabilidade a desastres naturais, como inundações (Dinâmica Ambiental, 2014).

O Pensamento Verde (2014), reitera que o impacto ambiental negativo recebe maior atenção devido ao alarme que causa quando ocorre, mas intervenções positivas também são comuns, especialmente em programas de prevenção ambiental. Entre os impactos negativos, destacam-se o aumento na emissão de dióxido de carbono, o descarte de poluentes em rios e lagos e outros danos aos ecossistemas naturais. Por outro lado, a restauração de florestas, a limpeza de rios e lagos, juntamente com a criação de áreas verdes em áreas urbanas, contribuem para a recuperação do meio ambiente e são considerados impactos ambientais positivos.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), reportada pela Folha de São Paulo (2024), a gestão inadequada dos resíduos sólidos está associada a diversos problemas de saúde pública, incluindo doenças infecciosas, cardiovasculares, respiratórias e endócrinas, resultando em aproximadamente 1 milhão de mortes anuais em nível global. Além disso, a queima de resíduos a céu aberto e a presença de poluentes atmosféricos agravam condições respiratórias, como asma e bronquite, além de elevarem os riscos de doenças cardiovasculares.

Pesquisas recentes também apontam uma possível relação entre a exposição prolongada a microplásticos e problemas cardiovasculares, destacando que um estudo publicado no The New England Journal of Medicine encontrou microplásticos em quase 60% das amostras de pacientes submetidos a cirurgias nas artérias do pescoço, embora os resultados sugiram uma correlação, e não uma causalidade direta (Folha de S.Paulo, 2024).

Apreende-se que o manejo inadequado dos resíduos, tais como os presentes nos lixões, desencadeia sérios danos ambientais, deste modo, é imprescindível para a temática explorar as características desses espaços, seus impactos e as soluções que os aterros sanitários são capazes de ofertar.

3.2 Lixões: definições, conceitos e aspectos gerais

Antes do aprofundamento da discussão, é fundamental analisar as definições relacionadas ao tema. Segundo Figueiredo (2005), os lixões são uma prática antiga nas cidades brasileiras, frequentemente situados às margens de rodovias, em áreas abertas e próximas a comunidades. Essa situação gera impactos ambientais significativos, como a contaminação do solo e dos recursos hídricos subterrâneos.

Ainda corroborando com a conceituação, é importante salientar que o lixão é um local para a disposição final de resíduos sólidos sem qualquer preparação prévia do solo. Ele não possui nenhuma forma de tratamento para efluentes líquidos, como chorume, que pode contaminar o solo e as águas subterrâneas. Animais que habitam esses locais espalham micróbios que causam doenças graves, como a leptospirose, causada por bactérias presentes na urina de ratos. (Ambiente Brasil, 2011).

O tema, embora discutido há muitos anos, continua atual, já que o problema dos lixões afeta diversas gerações e é uma questão relevante para diferentes estratos sociais.

Nos últimos 30 anos, a questão das políticas públicas frente à temática dos resíduos sólidos tem sido palco de debates nas cidades brasileiras. Na maioria dos casos os lixões, depósitos clandestinos que servem para enterramento de resíduos dos mais variados tipos, cresceram em proporção tal que ultrapassaram os limites geográficos dos centros urbanos até atingir as zonas rurais dos municípios. Impulsionada pelo consumo capitalista, a sociedade passou a produzir diariamente restos, entulhos, rejeitos e descartes em escala industrial, cuja proporção polui nas mais diferentes formas (visual, aérea, hídrica, geológica) as paisagens urbanas e rurais (Fernandes, 2015, p. 52).

Todo e qualquer resíduo proveniente de atividades humanas e da concentração urbana é classificado como lixo. Nos dicionários de língua portuguesa, o termo é definido como: coisas sem utilidade, imprestáveis, velhas, sem valor, aquilo que se varre para limpar uma casa ou cidade; entulho; qualquer material produzido pelo homem que, ao perder sua utilidade, é descartado. No entanto, é necessário repensar essa definição, passando a não considerar o lixo como algo completamente sujo e inútil (Sacramento, 2014).

De acordo com Sacramento (2014), a inadequada coleta de lixo pode gerar odores desagradáveis nas ruas e favorecer a multiplicação de insetos e roedores

que transmitem doenças. Além disso, essa situação pode facilitar a propagação de doenças transmissíveis e afetar a contaminação da água subterrânea, por isso, o descarte inadequado acarreta sérios impactos negativos ao meio ambiente.

Desta maneira, não é adequado considerar os resíduos apenas como sujeidade ou lixo, uma vez que tal não está em consonância com as práticas modernas de gestão de resíduos que visam minimizar o impacto ambiental e requerer uma economia circular. Repensar essa definição é um caminho importante para fortalecer as políticas públicas no campo do saneamento e sensibilizar a população para o papel da gestão eficiente de resíduos.

Com o desenvolvimento urbano e o crescimento econômico, novos padrões de produção e consumo surgiram, fragilizando o meio ambiente, realçando a importância de repensar as práticas de consumo da sociedade nos âmbitos ambiental, ecológico e social. A procura por boas práticas e a gestão correta de resíduos tornou-se essencial devido aos danos comprovados à saúde pública, ao equilíbrio ecológico e ao bem-estar dos organismos vivos causados pelo descarte impróprio de resíduos sólidos.

Aquilo que a sociedade descarta em seus processos humanos só passou a se constituir problema com o crescimento da população mundial em direta correlação com o volume de resíduos. A quantidade de lixo gerada no mundo tem sido grande e seu mau gerenciamento, além de provocar gastos financeiros significativos, pode provocar graves danos ao meio ambiente e comprometer a saúde e o bem-estar da população (Pereira et al., 2011, p.49).

É importante ressaltar que existem soluções viáveis, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, para os resíduos. Essas abordagens incluem a reutilização de materiais, o aproveitamento de energia, a redução da produção inicial e a criação de empregos e renda. No Brasil, o problema dos lixões continua sendo um grande obstáculo, já que nem todos os estados e municípios conseguiram se ajustar à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que tinha como meta erradicar os lixões até 2014.

De acordo com dados da Abrelpe (2019), cada pessoa no Brasil produz uma média de 380 quilos de resíduos anualmente, resultando em cerca de 79 milhões de toneladas em 2018. Isso destaca a necessidade de não apenas minimizar a geração de resíduos, mas também de explorar alternativas para descarte adequado para sustentar um ambiente saudável e ecologicamente equilibrado. Existem opções

viáveis, econômicas e ambientalmente sólidas, para abordar questões relacionadas a resíduos, como reciclagem de materiais, recuperação de energia, redução da produção inicial e geração de emprego e renda.

Conforme informações mais recentes, Abrelpe (2022) ressalta que cada brasileiro produz, em média, 343 quilos de lixo por ano, somando aproximadamente 80 milhões de toneladas de detritos. Britto (2024) aponta que 31,9% das cidades brasileiras ainda recorrem a lixões para o descarte final de resíduos, um procedimento visto como altamente prejudicial. Em 28,6% das situações, os detritos são encaminhados para aterros sanitários, ao passo que em 18,7% são empregados aterros controlados.

Defendem Bispo e Paiva (2009), que a educação ambiental é uma opção relevante para a redução da quantidade de resíduos gerados, pois proporciona o conhecimento necessário sobre o impacto dos resíduos sólidos no meio ambiente e na vida das pessoas. Abordagem importante para a preservação do meio ambiente, promovendo mudanças nas atitudes e comportamentos individuais. Dessa forma, as pessoas entendem a importância de separar corretamente os resíduos, utilizar materiais recicláveis e aplicar outras práticas que contribuam para a redução da degradação ambiental.

Pelo senso comum, a educação ambiental é essencial para a sensibilização acerca da gestão de resíduos sólidos e a adoção de práticas sustentáveis. Ela fortalece a responsabilidade socioambiental, estimulando uma postura proativa em relação aos desafios do descarte inadequado. Ao fomentar uma cultura de sustentabilidade, é possível diminuir a degradação ambiental e fortalecer o compromisso individual com a preservação dos recursos naturais, garantindo uma melhor qualidade de vida para as futuras gerações.

Correia e Moraes Júnior (2009) destacam que a resolução dos problemas socioambientais é uma urgência para garantir o futuro da humanidade, o que requer uma interação harmoniosa entre sociedade e natureza, tanto em âmbitos comunitários quanto pessoais. A gestão eficaz dos resíduos sólidos e a adoção da coleta seletiva, orientadas pela cidadania, necessitam de um comprometimento político para lidar com as carências cotidianas. Assim, é crucial que a educação ambiental supere a dicotomia entre o individual e o coletivo.

Mediante essa situação percebe-se a necessidade da

conscientização da população a cerca da responsabilidade pelo meio ambiente, pelos impactos ambientais, principalmente os relacionados e pela geração e destinação do lixo. Nas grandes cidades, os problemas gerados pelo lixo é mais evidente, pois causam impactos observáveis e relatados pelos meios de comunicação. No entanto, nas pequenas cidades esta situação parece não existir, o que é um equívoco, pois silenciosamente acontece a poluição da água, do solo e do ar, sem que a população perceba, não tomando nenhuma atitude para mudar esse cenário, nem colaborando com o programa de gestão de resíduos sólidos do município (Senkowski, 2014, p. 10).

Com o encerramento dos lixões, tornou-se imprescindível encontrar um método mais adequado para o descarte desses detritos. Assim, começaram a ser empregados os aterros. Ao contrário dos lixões, que eram depósitos de resíduos sólidos ao ar livre, no aterro controlado o solo é coberto; e no aterro sanitário, o solo é impermeabilizado para prevenir contaminações (Castioni, 2023).

Diante da explanação supracitada, fica clara a necessidade de melhorar a interação entre o ser humano e o meio ambiente pois a educação ambiental se apresenta como um instrumento essencial para a sensibilização e a criação de uma cultura de respeito à natureza. No entanto, é válido destacar que a educação ambiental é um processo cujos efeitos aparecem a médio e longo prazo, através de ações constantes, que estimulem uma consciência crítica baseada no respeito ao meio natural.

Ressalta-se que existência de lixões pode trazer consequências negativas significativas, tornando essencial um esforço intenso para a completa erradicação desses locais inadequados para o descarte de resíduos. Sem a implementação de medidas práticas e definitivas, essa questão permanecerá sem solução. É fundamental que toda a população participe ativamente do processo, enquanto os governantes assegurem o cumprimento das legislações necessárias para que o encerramento dos lixões siga todos os protocolos legais. Por fim, ressalta-se a importância de continuar trazendo esse tema à discussão nos ambientes sociais.

3.3 Aspectos conceituais e técnicos dos aterros sanitários

Segundo Cavaler (2022), aterros sanitários são espaços projetados especificamente para receber os resíduos produzidos pela população sem agredir o meio ambiente, garantindo que os resíduos sejam eliminados de forma a proteger o

solo, o ar e o meio ambiente. Seu projeto de engenharia visa proteger o material descartado controlando a infiltração de água e ar, reduzindo odores, evitando emissões de gases e criando uma paisagem mais agradável.

Compreender a classificação dos aterros sanitários é fundamental para a otimização da gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Segundo Luz (1981), os aterros podem ser classificados em superficiais e em depressões, cada um com métodos específicos de deposição. A escolha do tipo de aterro deve considerar aspectos como a topografia e as características do solo, visando garantir a eficiência e a segurança do processo.

A correta implementação dessas técnicas contribui para a minimização dos impactos ambientais e para a proteção da saúde pública. Além disso, a adaptação das soluções às condições locais é essencial para assegurar a sustentabilidade dos aterros sanitários. Dessa forma, a gestão adequada dos RSU, por meio desses aterros, configura-se como um elemento vital para a manutenção de um ambiente urbano equilibrado.

A análise da classificação de aterros sanitários revela a complexidade da gestão de resíduos sólidos, que exige técnicas específicas como trincheiras em áreas planas ou aproveitamento de depressões naturais, adaptadas às particularidades locais. A implementação adequada desses métodos, associada a sistemas de monitoramento contínuo de chorume e gases, é determinante para garantir a segurança operacional e a proteção das comunidades vizinhas, reduzindo impactos ambientais e sanitários.

O planejamento dessas estruturas evidencia a interdependência entre tecnologia e sustentabilidade, onde técnicas especializadas — como impermeabilização de solos e tratamento de efluentes — minimizam os efeitos do acúmulo de detritos. Essa abordagem técnica, frequentemente subestimada em políticas públicas, é essencial para transformar a destinação final de resíduos em um fator de equilíbrio ambiental, promovendo uma relação mais harmônica entre urbanização e ecossistemas.

Costa (2015) reforça que os aterros sanitários são projetados para o armazenamento seguro de resíduos sólidos, evitando que líquidos se infiltrem no aterro, evitando a produção de lixiviados e permitindo o uso adequado do biogás gerado ao longo do tempo, possibilitando assim maior eficiência na produção e captura de metano da massa de resíduos.

De acordo com Van Elk (2007), Um aterro sanitário é uma obra de engenharia meticulosamente planejada para receber e tratar os resíduos sólidos das cidades de forma segura e ambientalmente responsável. Seu principal objetivo é proteger a saúde pública e o meio ambiente, evitando a contaminação do solo, da água e do ar. Além disso, apresenta uma economia considerável no tratamento dos resíduos, sendo capaz de acomodar diferentes tipos e quantidades de lixo e adaptável a qualquer localidade, independentemente do seu tamanho.

Os aterros sanitários, quando concebidos como infraestruturas multifuncionais, transcendem sua função tradicional de depósito de resíduos, assumindo papel estratégico no planejamento urbano e na proteção ambiental. Estudos comprovam que seu planejamento adequado possibilita operações seguras e economicamente viáveis, mesmo em regiões com limitações financeiras, integrando soluções técnicas que harmonizam sustentabilidade ambiental, saúde pública e viabilidade econômica no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

Por outro lado, explica Gomes (2001) que se trata de um dos métodos mais adequados para a disposição de resíduos, sejam eles perigosos ou não perigosos, pois utiliza técnicas de engenharia capazes de manusear grandes quantidades de resíduos em um espaço físico limitado, com adição de uma camada de solo ao final de cada operação.

Segundo Lanza e Carvalho (2006, p. 10), o método deve contar com os elementos de segurança ambiental elencados a seguir:

- Impermeabilização da base e laterais;
- Cobrimento diário e cobertura final;
- Coleta e drenagem de líquidos percolados;
- Coleta e tratamentos dos gases;
- Drenagem superficial;
- Tratamento de líquidos percolados;
- Sistema de monitoramento.

Andreoli et al (2017) afirmam que em aterros sanitários os resíduos são compactados em camadas após a impermeabilização do solo, com sistemas de coleta de chorume para evitar contaminação do solo. Nos últimos tempos, a tecnologia de aterros sanitários tem sido impactada significativamente, pois seu objetivo principal não é o tratamento ou a reciclagem, e há escassez de espaço para

a construção de novos aterros sanitários.

Para Yada Júnior (2014), os aterros sanitários também devem incorporar mecanismos para otimizar o uso dos recursos, entre eles: reuso de águas pluviais e chorume, tratamento de efluentes, reciclagem de materiais, reabilitação de áreas degradadas, restauração do solo, controle da erosão e conservação de áreas verdes.

Um aterro sanitário deve também possuir um sistema de monitoramento ambiental (topográfico e hidrogeológico) e pátio de estocagem de materiais. Para aterros que recebem resíduos de populações acima de 30 mil habitantes é desejável também muro ou cerca limítrofe, sistema de controle de entrada de resíduos (ex. balança rodoviária), guarita de entrada, prédio administrativo, oficina e borracharia (D'almeida, 2002, p. 06).

Com base nas informações fornecidas, Moura (2013) sustenta que o aterro sanitário se apresenta como uma opção eficaz de saneamento, uma vez que previne os impactos negativos da disposição inadequada do lixo. O escritor também enfatiza que o biogás extraído dos aterros pode ser reaproveitado na geração de eletricidade, reduzindo simultaneamente a emissão de gases que intensificam o efeito estufa.

Neste contexto, Costa e Ribeiro (2013, p. 53) também ressaltam a norma técnica mencionada, afirmando que “é uma metodologia para o descarte de resíduos sólidos urbanos no solo que não prejudica a saúde pública e a segurança, reduzindo os impactos no meio ambiente”. Essa metodologia visa assegurar que o descarte seja feito de maneira controlada, evitando a contaminação do solo e da água. Além disso, ela promove a decomposição adequada dos resíduos, minimizando a emissão de gases nocivos e odores desagradáveis.

A análise dos dados apresentados demonstra a indissociabilidade entre os centros urbanos de alto consumo e a geração de volumes significativos de resíduos sólidos. Trata-se de um desafio progressivo que demanda a implementação de políticas públicas eficazes, capazes de propor soluções ambientalmente sustentáveis ou, minimamente, de reduzir os impactos ambientais até o desenvolvimento de novas tecnologias.

3.4 Aterros controlados

Aterro Controlado é um tipo de espaço onde os resíduos recebem alguma

cobertura, ou seja, não ficam expostos ao ar livre. No entanto, esse tipo de aterro não possui medidas para controlar a poluição, já que não há uma camada impermeabilizante na base, o que seria ideal para evitar a contaminação do solo e do lençol freático antes da deposição dos resíduos sólidos. A disposição dos resíduos é realizada de maneira similar aos aterros comuns, mas os resíduos são cobertos com material inerte ou terra. No entanto, não há critérios de engenharia ou controle ambiental aplicados. (Cavaler, 2022).

Segundo a ABNT (1985), o Aterro Controlado é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo. Seu objetivo principal é a mitigação dos potenciais impactos ambientais negativos. Para isso, a técnica emprega princípios de engenharia no confinamento dos resíduos. Uma prática essencial é a cobertura diária dos resíduos com uma camada de material inerte.

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2011), o aterro controlado é uma técnica utilizada para a disposição de resíduos sólidos que apresentam potencial de poluição em áreas específicas. Uma característica marcante é a ausência de sistemas de tratamento de lixiviados e de impermeabilização do solo. Essa limitação inerente exige uma elevada qualidade preexistente do solo e das águas subterrâneas na área de implantação. (Brasil, 2011).

Figura 6: Impactos ambientais causados pelos lixões.



(Fonte: FEAM, 2010)

Ainda conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2011), o aterro controlado é considerado uma forma confortável de disposição final de resíduos e rejeitos, sendo sua única medida de controle o recobrimento da massa de resíduos com terra. Já Montagna (2013) explica que o aterro controlado representa um estágio intermediário entre o lixão e o aterro sanitário, caracterizando-se pela preparação de células para receber os resíduos sólidos urbanos (RSUs) e pela cobertura das pilhas de materiais com terra.

Observando as definições apresentadas permite-se constatar que os aterros controlados representam uma etapa de transição relevante na gestão de resíduos sólidos. Embora constituam um avanço em relação aos lixões, observa-se que essa técnica ainda não oferece a plena segurança ambiental requerida. Constata-se a carência de infraestrutura adequada para mitigar os impactos de longo prazo, particularmente no que concerne ao tratamento eficaz de chorume e gases poluentes.

Ao contrário dos aterros sanitários, os aterros controlados apenas cobrem os resíduos com uma camada de solo para prevenir a proliferação de vetores e o escoamento. Eles não possuem impermeabilização, tratamento de chorume, nem coleta e queima de biogás, o que pode comprometer o meio ambiente devido ao chorume não tratado e aos gases da decomposição. (Awada, 2020).

Esse tipo de disposição é mais favorável que o lixão, mas ainda não é considerada a melhor abordagem, pois apenas diminui os impactos ambientais sem prevenir totalmente a poluição (Cetesb, 2012). Em sua estrutura, o aterro controlado recebe uma membrana impermeável para proteger o montante contra a água da chuva, além de uma cobertura de argila e vegetação. Dessa forma, essa proteção resguarda o montante da água da chuva e facilita a captação de chorume e gás.

Em termos simplificados, o aterro é uma construção próxima aos lixões, projetada para receber resíduos de forma controlada, com um sistema de impermeabilização que busca minimizar os impactos negativos. Isso inclui cobrir a pilha de lixo diariamente com terra ou outros materiais, como cascalho ou areia, e a recirculação do chorume coletado para impedir que ele se infiltre no solo (Gonçalves; Fernandes, 2016).

Por fim, observa-se que a discussão sobre os aterros controlados deve ser acompanhada por uma reflexão mais ampla envolvendo políticas públicas, fiscalização e educação ambiental. A transição para soluções mais sustentáveis, como os aterros sanitários adequadamente construídos, demanda mais do que avanços tecnológicos — requer compromisso político e social. Destaca-se a urgência na busca por modelos que integrem eficiência técnica, proteção ambiental e inclusão social.

Superada a abordagem acerca dos aterros sanitários, de seus aspectos técnicos e dos impactos desencadeados pelo manejo inadequado dos resíduos, é importante traçar um panorama sobre a gestão dos resíduos sólidos no contexto brasileiro, com especial ênfase aos desafios enfrentados pelos municípios de pequeno e médio porte.

4 PANORAMA GERAL DA GESTÃO DOS RESÍDUOS

O objetivo deste capítulo é fornecer uma visão geral da gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil, com foco em dados recentes que ajudem a entender a realidade atual dos GRSU no país. São destacados números relevantes, como: B. a quantidade de resíduos gerados, as formas de destinação e os principais entraves à implementação da política nacional de resíduos.

Em seguida, discute os desafios enfrentados pelos pequenos municípios, que representam a maioria das cidades brasileiras e enfrentam restrições significativas no cumprimento das exigências legais. Questões como falta de infraestrutura, dificuldades técnicas, financeiras e administrativas são analisadas para evidenciar a complexidade da gestão de resíduos no contexto local.

4.1 Dados relevantes sobre a GRSU

Para uma gestão eficaz dos resíduos sólidos e do saneamento básico, a disponibilidade de dados confiáveis é um elemento importante. Nesse contexto, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA) desempenha um papel relevante. Anteriormente conhecido como SNIS, o SINISA é uma ferramenta essencial para o monitoramento e a avaliação dos serviços de saneamento básico no Brasil, incluindo o manejo de resíduos sólidos urbanos, abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

A mudança de nomenclatura de SNIS para SINISA reflete uma atualização e ampliação do escopo do sistema, buscando maior abrangência e detalhamento das informações para subsidiar o planejamento e a tomada de decisões no setor (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021). A disponibilidade de dados confiáveis e atualizados através do SINISA é importante para identificar os desafios e as lacunas na prestação desses serviços, especialmente em municípios de pequeno porte, que frequentemente enfrentam dificuldades na adequação à legislação e na garantia de infraestrutura adequada.

No início da terceira década do século XXI, essa missão se consolidou como uma necessidade estratégica e promove novas abordagens que garantam a proteção ambiental eficiente, desde a eliminação de práticas inadequadas até a promoção da transição para uma economia circular. Esta análise avalia a situação dos resíduos

sólidos em todo o país, avaliando não somente os progressos já alcançados, mas identificando os desafios urgentes para atingir os objetivos fundamentais: 1) reduzir a quantidade de resíduos gerados; 2) eliminar definitivamente os aterros sanitários a céu aberto; e 3) o escopo dos serviços de coleta seletiva, tratamento com novas tecnologias e disposição final de acordo com as normas ambientais.

Nesse contexto, Ferreira e Oliveira (2020) destacam que a descentralização da gestão nas cidades é um dos principais fatores que fragiliza a fiscalização, dificulta a plena implementação da Política Nacional de Resíduos (PNRS) e, conseqüentemente, leva à normalização de práticas que não se conformam aos princípios do desenvolvimento sustentável.

Com mais de 200 milhões de habitantes, o Brasil está entre os países que produzem a maior quantidade de resíduos sólidos, porém a destinação final desses resíduos deveria seguir práticas economicamente viáveis, alinhadas à legislação e às tecnologias atuais. Contudo, uma parte considerável continua sendo lançada em locais abertos, em redes de esgoto ou incinerada, resultando em impactos socioambientais significativos. (Szigethy, Antenor, 2020)

Entre os diferentes tipos de resíduos, destacam-se os provenientes da construção civil, os hospitalares, os radioativos, os agrícolas, os industriais e os minerários, além dos resíduos domiciliares (gerados por atividades domésticas urbanas) e da limpeza urbana (resultantes da manutenção de logradouros), que são classificados como resíduos sólidos urbanos (RSU). Essa situação ressalta a necessidade de desenvolver estratégias integradas para uma gestão sustentável. (Szigethy, Antenor, 2020)

Em 2022, o Brasil destinou de forma inadequada 33,3 milhões de toneladas de resíduos, segundo dados do Panorama dos Resíduos Sólidos 2023, publicado pela Abrelpe (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). No mesmo ano, a média de resíduos sólidos produzidos por habitante foi de 380 kg, totalizando 77,1 milhões de toneladas de lixo geradas no país. Desse montante, 27,9 milhões de toneladas foram enviadas para lixões, enquanto cerca de 5,3 milhões de toneladas sequer foram coletadas. (Abrema, 2024).

Logo após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010), que estabelece prazos para a sustentabilidade ambiental da destinação dos resíduos, 31,9% dos municípios brasileiros ainda utilizam aterros sanitários para a disposição final dos resíduos sólidos, método considerado

menos adequado. Enquanto isso, 28,6% dos municípios utilizam aterros sanitários, e 18,7% preferem aterros controlados. Vale destacar que um mesmo município pode utilizar mais de um método de gerenciamento de resíduos (BRITTO, 2024). Esses números evidenciam as dificuldades atuais na implementação de uma política de resíduos que atenda aos padrões estabelecidos pela legislação nacional.

Quadro 3: Lei 12.305

Prazos estabelecidos pela Lei 12.305	
I. Até 2 de agosto de 2021	As capitais dos Estados e dos Municípios que fazem parte de Regiões Metropolitanas (RM) ou de Regiões Integradas de Desenvolvimento (Ride) de capitais tinham a obrigação de encerrar seus lixões.
II. Até 2 de agosto de 2022	Os Municípios com mais de 100 mil habitantes, segundo o Censo de 2010, e aqueles cuja área urbana da sede municipal estivesse a menos de 20 quilômetros da fronteira com países vizinhos também deveriam finalizar essa transição.
III. Até 2 de agosto de 2023	Os Municípios com população entre 50.000 e 100.000 habitantes no Censo 2010 deveriam cumprir o mesmo objetivo;
IV. Até 2 de agosto de 2024	Os Municípios com população inferior a 50.000 habitantes no Censo 2010 realizarem o encerramento dos lixões.

Fonte: Sant’Anna (2024)

No entanto, de acordo com os dados mais recentes, referentes a 2022, pelo menos 1.593 cidades ainda descartam resíduos em lixões a céu aberto. Além desses municípios, outros 636 utilizam aterros controlados, uma solução intermediária entre lixões e aterros sanitários, onde o lixo é coberto com terra, mas ainda é considerado um método inadequado. Somando esses casos, são 2.229 cidades que realizam a destinação irregular de resíduos no Brasil. (Campos Júnior, 2024).

Já os aterros sanitários são usados por 3.085 cidades. É o único método considerado adequado, uma vez que além dessas estruturas serem cobertas, há impermeabilização do solo e captação dos gases emitidos pela decomposição dos resíduos. (Campos Júnior, 2024, n.p)

Em 2024, conforme relatado pela Agência GOV, 60,5% (3.364) dos municípios brasileiros com serviços de manejo de resíduos sólidos possuíam coleta seletiva, enquanto 56,7% implementaram instrumentos legais sobre o tema, demonstrando uma convergência moderada entre legislação e prática. Contudo, variações regionais são significativas: o Sul lidera com 81,9% dos municípios

oferecendo coleta seletiva e 74,5% com legislação específica, enquanto o Norte apresenta as menores taxas, com 33,5% e 42,2%, respectivamente. (Brasil, 2024).

A logística reversa, pilar central da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), produz resultados contrastantes entre setores. Enquanto o segmento das embalagens de pesticidas atinge taxas de reciclagem significativas de 94%, outros, como os produtos eletrônicos, apresentam rendimentos muito mais baixos, abaixo dos 3% (ABREE, 2021). Segundo Campos e Vilhena (2018), a falta de regulamentação detalhada em alguns setores ameaça a eficácia do sistema.

Por outro lado, as experiências locais têm mostrado caminhos promissores. O programa Catavalue em Minas Gerais destaca como as parcerias público-privadas podem fortalecer a reciclagem e promover a inclusão socioprodutiva dos catadores. No entanto, como refere Dias (2017), a informalidade predominante na cadeia de reciclagem continua a ser um grande obstáculo à consolidação de modelos sustentáveis.

No Nordeste, 38,2% dos municípios possuem instrumentos legais e apenas 33,5% ofertam coleta seletiva, evidenciando a necessidade de esforços para alinhar as políticas públicas com a implementação prática. Esse cenário ressalta a desigualdade na adoção e aplicação da coleta seletiva em diferentes regiões do país, apontando para desafios estruturais e oportunidades de melhoria. (Brasil, 2024).

O impacto de todas essas falhas na gestão de resíduos, somado aos custos ambientais e climáticos da poluição com os correspondentes danos à biodiversidade e à saúde humana, totalizou aproximadamente R\$ 97 bilhões em 2020. Se nada mudar no modelo atual, esses custos indiretos da crise dos resíduos poderão chegar a R\$ 135,9 bilhões em 2050. No total, os custos diretos e indiretos em 2020 somaram R\$ 120,6 bilhões. Da mesma forma, deverão atingir R\$ 168,4 bilhões em 2050, segundo o estudo. (Abrema, 2024).

A resistência na adoção dessas soluções frequentemente está associada a fatores como limitações orçamentárias, carência de capacitação técnica e, em alguns casos, falta de priorização política. No entanto, tais entraves não justificam a negligência diante dos riscos à saúde pública e aos ecossistemas. A transição para modelos sustentáveis de gestão de resíduos exige não apenas investimento em infraestrutura, mas também planejamento integrado, fiscalização eficaz e conscientização dos stakeholders envolvidos.

Consta também que, não apenas no Brasil, mas em diversas partes do

mundo, há uma expectativa de aumento significativo na produção de resíduos nos próximos anos, de acordo com um estudo publicado pela CNN:

Um estudo da International Solid Waste Association (ISWA), uma organização sem fins lucrativos que reúne profissionais do setor de resíduos sólidos, prevê que a geração mundial de lixo chegará a 3,4 bilhões de toneladas, por ano, até 2050. Em 2016, eram cerca de 2 bilhões de toneladas/ano produzidas. Ou seja, pode haver um aumento de 70% nos descartes. A pesquisa mostra que o Brasil é o maior produtor de resíduos urbanos da América Latina e Caribe, representando cerca de 40% do que é jogado fora. Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), a estimativa é que a geração anual no país alcançará 100 milhões de toneladas/ano em 2030. (CNN, 2022, texto online).

O custo do atendimento hospitalar para pessoas afetadas pela má gestão de resíduos fica entre 10 e 20 dólares por tonelada, o que equivale a uma média de 75 reais para o mesmo peso. Em 28 regiões metropolitanas brasileiras com mais de 10 milhões de habitantes, a economia potencial seria de 2,4 bilhões de reais por ano, o equivalente a 72 bilhões de reais e três décadas de saúde pública. (ABREN, 2021).

Um trabalho liderado pelo Ministério Público do Estado (MPPE), em parceria com instituições como o Tribunal de Contas (TCE-PE), por meio do projeto “Lixo quem se Lixa?”, iniciado em 2012. No entanto, em 2019, ainda havia 103 dos 185 municípios pernambucanos utilizando lixões. Diante disso, em 2020, foi lançado o “Projeto Pernambuco Verde: Lixão Zero”, e, em 2021, foi formado um Grupo de Trabalho (GT) envolvendo o MPPE, o TCE-PE, a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) e a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semas) para enfrentar o problema. (CNM, 2024).

Como resultado dessas iniciativas, entre 2020 e 2021, foram firmados 75 Acordos de Não Persecução Penal com gestores municipais. Com a colaboração do MPPE, TCE-PE, Ministério Público de Contas de Pernambuco (MPCO-PE) e Semas, além da participação do setor privado na construção de aterros sanitários, houve uma transformação significativa no cenário dos lixões no estado. Em 2023, Pernambuco conseguiu encerrar todos os lixões, e, atualmente, os 184 municípios e o Distrito Estadual de Fernando de Noronha destinam seus resíduos sólidos para aterros sanitários licenciados. (CNM, 2024).

4.2 Desafios enfrentados por pequenos municípios

Os municípios de pequeno porte no Brasil enfrentam diversos desafios na gestão de resíduos sólidos apesar dos avanços legislativos e da disponibilidade de dados técnicos, a efetividade da gestão de resíduos sólidos e do saneamento básico no Brasil, especialmente em municípios de pequeno porte, revela que o comprometimento social é um fator muitas vezes mais determinante do que a mera existência de dados técnicos. A participação ativa da população, a conscientização sobre a importância da separação de resíduos na fonte, a adesão a programas de coleta seletiva e a pressão social por serviços de saneamento de qualidade são elementos cruciais para o sucesso das políticas públicas (Reis, Soares, Coutinho, 2019; Matias, Menezes, 2018).

A falta de engajamento da população, a resistência a mudanças de hábitos e a percepção de que a responsabilidade pela gestão de resíduos é exclusivamente do poder público são entraves significativos que dados técnicos por si só não conseguem superar. É fundamental que haja um trabalho contínuo de educação ambiental e mobilização social para que as soluções técnicas encontrem terreno fértil para sua implementação e sustentabilidade a longo prazo.

No Brasil, a falta de informações confiáveis sobre a geração de resíduos, especialmente em municípios de pequeno porte que, além disso, carecem de equipes técnicas capacitadas para endereçar soluções regionalizadas, sustentáveis e viáveis para suas realidades, é um dos fatores de alto impacto na aplicação da PNRS (De Alencar Arruda; Trevizan, 2023).

Para compreender os diversos impactos e desafios da implementação desta política, é preciso, primeiramente, entender que as imposições advindas desta nova lei e sua implementação indevida são meramente um reflexo das diferentes realidades vivenciadas nos grandes centros urbanos e nas pequenas cidades. Fatores como tecnologia, conhecimento técnico, estrutura, mão de obra qualificada, recursos financeiros, entre outros, são fatores de impacto fundamental e total quando se pensa na aplicação da PNRS em pequenos municípios (Pisano; Demajorovic; Besen, 2022).

Neste sentido, Medeiros (2022, p.10) destaca que:

As realidades dos grandes e dos pequenos municípios são bastante distintas, sendo os pequenos os mais afetados pelos desafios

impostos. Os pequenos municípios enfrentam, além dos problemas como a limitação financeira e a deficiência de formação técnica do efetivo municipal, a descontinuidade política e administrativa das ações.

Mais de uma década após a promulgação da PNRS, é evidente que persistem inúmeros desafios e inconsistências, que devem ser enfrentados na avaliação de suas características, metas e métricas direcionadas, particularmente no contexto de esforços focados em municípios menores (Padilha; Mesquita, 2022). Os principais aspectos da gestão de resíduos sólidos em municípios de pequeno porte estão diretamente ligados ao descarte desses materiais, muitas vezes realizado em lixões a céu aberto ou aterros sanitários. Tais práticas são extremamente nocivas, causando sérios impactos à saúde humana e ao meio ambiente (Lino et al., 2023).

Em grandes centros urbanos, há um controle e fiscalização mais rigorosos em relação aos locais e mecanismos de destinação adequada de resíduos, uma vez que o ambiente que recebe esses materiais precisa ser preparado de forma adequada para evitar contaminações em outras áreas e minimizar os danos ambientais. No entanto, nos pequenos municípios, a fiscalização muitas vezes não ocorre de maneira eficiente, o que impacta diretamente as questões socioambientais (Santos; Pinto Filho, 2022).

É importante ressaltar que a destinação inadequada de resíduos, já predominante em grandes centros, é ainda mais acentuada nos pequenos municípios. Práticas como reciclagem, reaproveitamento, reuso e compostagem são menos utilizadas nesses locais. Além disso, são comuns práticas como a incineração e a utilização de aterros que não são preparados adequadamente para receber resíduos sólidos (De Alencar Arruda; Trevizan, 2023).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA), entre os 3.468 municípios que reportaram dados ao sistema, não houve avanço significativo no processo de eliminação dos aterros sanitários. Ainda existem cerca de 1.684 aterros sanitários e aterros controlados em operação, o que significa que aproximadamente 50% dos municípios não destinam adequadamente os resíduos (SINISA, 2020). A prioridade na gestão de resíduos sólidos (RGS) em muitas cidades de países em desenvolvimento tem sido a coleta de lixo de residências e empresas, sem dar a devida atenção ao seu destino final.

Na maioria dos países em desenvolvimento, os resíduos coletados nas residências são descartados em aterros ou lixões, sendo que muitos desses locais devem atingir sua capacidade máxima dentro de uma década (Besen; Fracalanza, 2016). Práticas insustentáveis, como o despejo ou a queima de resíduos em áreas abertas, frequentemente próximas a comunidades carentes nas periferias das cidades, ou o descarte de lixo em corpos d'água, foram historicamente vistas como estratégias aceitáveis de eliminação de resíduos (De Lorena Diniz Chaves; Dos Santos Jr; Rocha, 2014).

Além disso, destaca-se que quase 2 mil municípios não possuem dados cadastrados no sistema, o que indica que muitos locais, devido à falta de infraestrutura de saneamento adequada, acabam descartando resíduos em locais inadequados, agravando ainda mais a situação ambiental (Queiroz; Pinto Filho, 2022). Entre alguns problemas Mancini et al., (2021, p.10) destaca:

Os avanços moderados podem ser atribuídos, em esfera federal, à inconstância no processo de estabelecimento de um Sistema Nacional de Informação, bem como à disponibilização de recursos da União para o investimento e custeio do desenvolvimento de quadros técnicos capazes de realizarem planejamentos municipais e auxiliarem os gestores públicos municipais no desdobramento das condicionantes previstas para a obtenção de recursos e apoio para a evolução do sistema de limpeza urbana não evoluíram adequadamente.

A gestão de resíduos sólidos enfrenta desafios significativos em muitos municípios, comprometendo a coleta e o destino adequados dos resíduos (Diniz et al., 2023). Para superar esses obstáculos, é crucial aprimorar os sistemas de fiscalização e implementar tecnologias e mecanismos eficientes que alinhem as práticas locais aos padrões globais de gestão de resíduos (Lino et al., 2023). Um dos principais problemas a ser combatido é a existência de lixões. A erradicação desses locais deve ser priorizada nas políticas públicas, em todas as esferas governamentais (municipal, estadual e federal).

Bitencourt et al. (2013, p.29) destacam a importância de investir em infraestrutura, com a construção de aterros sanitários adequados e a modernização dos sistemas de coleta, promover a educação ambiental, conscientizando a população sobre a importância da separação correta dos resíduos e da redução do consumo, incentivar a reciclagem, criando cooperativas e desenvolvendo mercados para materiais reciclados, e fortalecer a fiscalização, aplicando rigorosamente as leis

ambientais e combatendo o descarte irregular de resíduos.

A elaboração de um manual a partir da Política Nacional de Resíduos Sólidos é um passo crucial para guiar os pequenos municípios na adoção de práticas sustentáveis e na implementação eficaz de suas políticas públicas." (Costa; Pugliesi, 2018). A integração dos Planos Municipais de Saneamento Básico com as diretrizes da PNRS não apenas fortalece a gestão de resíduos sólidos, mas também promove um planejamento estratégico mais robusto, capaz de atender às necessidades específicas de cada município. (Costa; Pugliesi, 2018)

A PNRS prevê a elaboração de um Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PSGIRS) para municípios de pequeno porte, com população inferior a 20.000 habitantes, conforme o censo mais recente do IBGE. Porém, essa condição não se aplica a municípios que: integram áreas de especial interesse turístico; estão em áreas de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional; ou possuem, total ou parcialmente, Unidades de Conservação em seu território. (Costa; Pugliesi, 2018).

Segundo Marchi (2015), a disposição de resíduos sólidos pelas administrações municipais é um dos maiores obstáculos nesta área. Para o autor, a duplicidade de mão de obra, a precariedade dos equipamentos, a escassez de recursos financeiros e a utilização concentrada dos poucos recursos disponíveis são os principais problemas enfrentados pelas prefeituras brasileiras, especialmente nos municípios do Brasil. Este ponto, que representa a maioria dos municípios brasileiros, está em conformidade com a observação no quadro 4.

Quadro 4: Classificação e quantificação dos municípios brasileiros.

Classificação dos municípios	Número de habitantes	Total de municípios
Pequeno porte 1	até 20 mil	3769
Pequeno porte 2	de 20.001 a 50.000	1120
Médio porte	de 50.001 a 100.000	355
Grande porte	de 100.001 a 900.000	307
Metrópoles	Acima de 900.001	19
Total		5570

Fonte: Brasil (2005); IBGE (2021).

Pellegrino (2003) observa que os municípios pequenos, devido à baixa arrecadação, enfrentam dificuldades na gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos (RSU) por falta de recursos financeiros para investimentos e contratação de mão-de-obra comprometida. Essa ideia é reforçada por Heber e Silva (2014), que

destaca que a deficiência de recursos e a capacidade limitada gerencial nesses locais inviabilizam ações efetivas para o manejo dos RSU (Brasil, 2005).

De acordo com Grisa e Capanema (2018), os pequenos municípios enfrentam desafios específicos na gestão de resíduos sólidos, como a dificuldade em encontrar escala para implementar soluções que promovam o aproveitamento econômico, o que torna a coleta seletiva desafiadora. Essa situação é ainda mais complicada pela limitada capacidade técnica e institucional dos responsáveis pelos serviços.

As autoras ressaltam que a constante alternância na governança municipal, que ocorre a cada quatro anos, fragiliza a relação entre gestores públicos e prestadores de serviços, devido à ausência de uma cultura de planejamento. Essa carência de planejamento de longo prazo compromete a eficiência e eleva os custos relacionados à construção, operação e manutenção dos sistemas de coleta seletiva (Grisa; Capanema, 2018).

Silva et al, (2015) relatam que para implementar práticas que visem solucionar esse problema é necessário conhecer as diferentes formas de tratamento e as ações que influenciam dentro de um sistema integrado de gestão de RSU. Supõem que ao optar por práticas mais influentes, será alcançada uma sucessão de benefícios para a sociedade e para o município ao longo do tempo. Esses benefícios, segundo os autores, vão desde a redução ou erradicação de gastos públicos com formas inadequadas de gestão até a geração de empregos por meio da expansão do mercado de reciclagem de resíduos secos e orgânicos e do uso de energia.

Apesar das dificuldades que os municípios, especialmente os de pequeno porte, enfrentam para se adaptar às exigências da Lei, eles apresentam características facilitadoras para uma gestão eficaz dos resíduos sólidos urbanos (RSU), como a facilidade de comunicação com os munícipes, maior capacidade de fiscalização e acompanhamento das ações, e o menor volume de resíduos gerados. Essas características proporcionam às administrações municipais a oportunidade de implementar “soluções simplificadas, de baixo custo, acessíveis a técnicos e administradores sem especialização no tema e que envolva a população” (Pellegrino, 2003, p. 77).

5 ESTUDO DE CASO: ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE GRAVATÁ/PE

Esta seção aborda a gestão de resíduos na cidade de Gravatá, no interior de Pernambuco, com foco na operação, desafios e impactos ambientais do aterro sanitário local. A pesquisa está dividida em subseções que abordam os seguintes temas: a história e o contexto socioeconômico do município, com foco em seu crescimento urbano e populacional; O funcionamento e a concepção do aterro, incluindo a sua capacidade, a quantidade de resíduos recebidos e os critérios técnicos aplicados; e desafios ambientais e institucionais, como gerenciamento de vazamentos, controle e opções de descarte apropriadas.

Além disso, são examinadas políticas públicas relevantes sobre o tema, com foco no cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) na região. Por fim, o estudo estimula a consideração de alternativas sustentáveis que levem em consideração as condições locais e as melhores estratégias de gerenciamento de resíduos. O objetivo é uma análise crítica que enriqueça a discussão sobre saneamento básico e desenvolvimento urbano em cidades de médio porte.

5.1 Contexto histórico do município de Gravatá/PE

Segundo Carvalho, Sousa e Júnior (2014), o município de Gravatá teve origem em uma fazenda no ano de 1808, de propriedade de José Justino Correia de Miranda. Suas terras serviam de abrigo para viajantes e comerciantes que transportavam açúcar e carne bovina, que eram vendidos no interior do estado. Essas mercadorias eram as mais comercializadas naquele período e eram enviadas pelo Rio Ipojuca. No entanto, essas viagens eram desafiadoras, obrigando os comerciantes a fazerem paradas estratégicas ao longo do rio para garantir que o gado não perdesse peso e para dar descanso aos viajantes.

Reforça Fonseca (2009), que no século XVIII, a região conhecida como Crauatá era um dos pontos do 'caminho das boiadas,' desbravado desde a segunda metade do século XVII. Esse caminho, que seguia o curso do rio Ipojuca em direção a Recife e Olinda, era pouco povoado e inóspito, necessitando de paradas para descanso e pernoite tanto do gado quanto dos boiadeiros, além de todos os viajantes que passavam por essa região.

Em 1816, iniciou-se a construção da capela dedicada a Sant'Ana, concluída em 1822 pelo filho de José Justino. A partir daí, as terras foram divididas em lotes e vendidas aos moradores, estabelecendo o povoado de Gravatá, que se tornou um distrito do município de Bezerros. Em 25 de maio de 1857, a povoação foi elevada a Freguesia de Gravatá, com o padre Joaquim da Cunha Cavalcanti sendo o primeiro vigário encomendado. (Prefeitura de Gravatá, 2025).

Em 13 de junho de 1884, a sede do município foi elevada à categoria de cidade, mas sua emancipação política ocorreu somente após a Proclamação da República, em 15 de março de 1893, quando elegeu seu primeiro prefeito, Antônio Avelino do Rego Barros. No final do século XIX, a inauguração da Ferrovia Great Western Railways, conectando Recife ao sertão pernambucano, impulsionou a cidade. (Silva, 2021). Aprimorando a história do município, em artigo publicado na base de dados da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), ressalta-se:

Foi nos fins do século XVIII - 1797 ou princípios de 1798 que José Justino Carreiro de Miranda tomou posse da Fazenda Gravatá que, por muito tempo, serviu de hospedagem para viajantes e, como consequência natural, surgiram dois arruados, um em cada margem do rio. Se tornou cidade (Lei Provincial nº 1.805), porém sua emancipação política só veio a ocorrer após a Proclamação da República, pela Lei Orgânica do Município, de 15 de março de 1893. (Silva, 2021, p. 14).

Com a construção da BR-232 em 1950, Gravatá consolidou sua vocação para o turismo, beneficiando-se do melhor acesso e da superação das dificuldades impostas pela Serra das Russas. A via já teve diferentes denominações ao longo de sua história. Inicialmente, foi conhecida como Rodovia Tronco Central, posteriormente como Rodovia Transversal de Pernambuco e BR-25. Além disso, também recebeu o nome da Rodovia Agamenon Magalhães. Em 1965, passou a ser oficialmente chamada de BR-232, nome que se mantém até os dias atuais (Tavares, 2023).

Esse processo de formação urbana foi marcado pela divisão de terras em lotes, atraindo novos moradores e fortalecendo o crescimento da comunidade. A partir daí, Gravatá começou a se consolidar como um dos mais importantes polos regionais, preservando traços históricos e culturais que refletem suas origens como ponto de apoio no caminho dos antigos rebanhos de gado.

Ressalta Silva (2022), que o crescimento urbano do município se deu em cinco etapas históricas. A primeira fase, que abrange o período de 1795 a 1830,

refere-se à aquisição de terras e à formação do núcleo inicial, incluindo o surgimento e o início das atividades produtivas. A segunda fase, ocorrida entre 1830 e 1850, foi caracterizada pelo fortalecimento desse núcleo pioneiro e pelo aparecimento de novos povoados. A terceira fase, de 1850 a 1900, envolveu a constituição da cidade, a instalação de infraestruturas públicas e a sua integração à região.

Figura 7: Rua Tenente Cleto Campelo, ano não informado.



(Fonte: Gravatá do Passado, 2023).

Silva (2022) também destaca que, de 1900 a 1950, a cidade passou por expansão física, com empreendimentos públicos que definiram sua feição urbana. Por fim, a quinta fase, de 1950 até os dias atuais, é caracterizada pela diversificação das funções urbanas, com destaque para a consolidação da cidade como estação de veraneio em nível estadual.

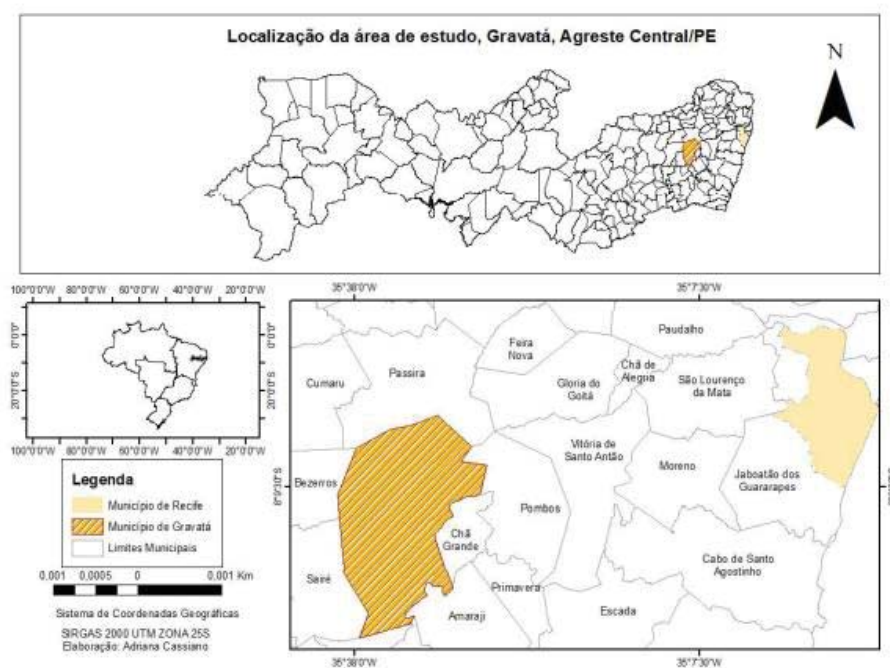
Historicamente, Gravatá destacou-se por seu clima favorável ao tratamento de doenças pulmonares. Após a crise do petróleo de 1973, que aumentou os custos de transporte, a cidade passou a se consolidar como um destino turístico, atraindo visitantes e incentivando a construção de segundas residências. Assim sendo, observa-se o que diz

Segundo relatos da história municipal de Gravatá, antes de se tornar um polo turístico, seu clima representava um atrativo eficaz, para tratamentos de doenças pulmonares e, só posteriormente, após a crise do petróleo de 1973, que elevou os custos de deslocamentos viários, transformou-se também em cidade-destino para passeios e opção para construções de segundas residências. Tal crise tornou Garanhuns, com seu polo turístico interiorano, um destino caro em face da distância, 220 km, do Recife. Data deste período, o início do

“boom” turístico-econômico em direção à Gravatá. Foi nesse período, segundo entrevista realizada com uma dos principais e pioneiros empreendedores turísticos locais, Sr. Antônio Miranda, que foram iniciadas as construções dos primeiros hotéis, pousadas, condomínios e restaurantes temáticos voltados para esta a nova demanda redirecionada de Garanhuns para o município. (Mauro; Selva, 2009, p. 23).

Gravatá está localizada a 81 km da capital pernambucana, com uma população de aproximadamente 86.516 habitantes (Ibge, 2022). Está situada a uma altitude média de 447 m na região do Agreste pernambucano, às margens do Planalto da Borborema, em uma área de transição entre a Zona da Mata e o Sertão. Sua composição florística inclui diversas espécies tanto da Mata Atlântica quanto da Caatinga (Bde, 2006).

Figura 8: Localização geográfica de Gravatá.



(Fonte: Galvão, 2019, adaptado de IBGE, 2018).

O município situa-se na zona de transição entre o clima tropical úmido do litoral nordestino e o clima tropical semiárido do interior do estado. Segundo a classificação de Köppen, é caracterizado como AS, clima tropical com estação seca no verão, tendo temperatura média de 23,9°C. O regime pluviométrico é marcado por chuvas de outono-inverno, com média anual de 945 mm, distribuídas esporadicamente entre março e agosto (Climate-Data, 2021).

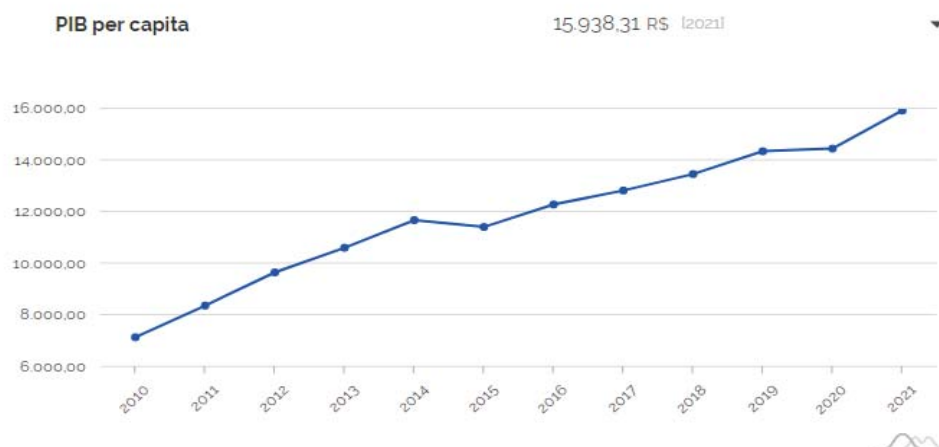
A cidade possui picos de elevadas altitudes, como a Serra das Russas, a Serra do Maroto e o Alto do Cruzeiro, o que proporcionam ao município baixas temperaturas e altas nebulosidades. O clima é um dos atrativos turísticos da região, em conjunto com a culinária local, a produção de artesanato, a produção de móveis em madeira maciça e o estilo arquitetônico suíço dos chalés situados às margens da BR-232. Por causa dessas características, Gravatá ficou conhecida informalmente como “Suíça Pernambucana”, atraindo turistas de diversas partes do mundo e sendo incluída na rota turística do interior pernambucano. (Moura, 2024, p. 14).

A cidade possui fronteiras estratégicas com municípios de diferentes regiões: Passira marca o limite setentrional, enquanto Amaraji, Cortês e Barra de Guabiraba fecham o entorno ao sul. Na porção leste, os municípios de Pombos e Chã Grande delimitam o território, e a oeste, Sairé e Bezerros completam a divisão geográfica. Hidrograficamente, a região está vinculada à Bacia do Rio Ipojuca, que ocupa 51,87% de sua área. (Galvão, 2019).

Outros 45,17% estão conectados a afluentes do Rio Capibaribe, formando uma complexa rede de adutoras (Silva, 2023). O Rio Ipojuca, que se estende por aproximadamente 320 km, apresenta características sazonais: seu fluxo é interrompido na maior parte do seu curso e se torna contínuo apenas no trecho médio, próximo a Caruaru (Silva, 2023). Esse padrão hidrológico impacta diretamente na disponibilidade de água para consumo humano e atividades agrícolas. Além disso, a mudança no fluxo causa uma diluição de poluentes, aumentando o risco de contaminação durante os períodos de seca.

Conforme informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Gravatá demonstrou um aumento contínuo no PIB per capita ao longo dos anos. Em 2010, o valor era inferior a R\$ 8.000,00 e, durante a década, registrou-se um crescimento mais acentuado entre 2010 e 2014, seguido por um aumento mais moderado posteriormente. Em 2021, o PIB per capita alcançou R\$ 15.938,31, indicando uma tendência de crescimento. (IBGE, 2022).

Figura 9: PIB per capita de Gravatá 2010/2021.



Fonte: IBGE (2022).

O perfil socioeconômico da população gravataense reflete uma evolução constante e melhorias históricas, particularmente após o desmembramento do município de Bezerras, quando Gravatá deixou de ser distrito em 1883. Esse marco impulsionou o crescimento do comércio local, atraindo novos moradores e viabilizando o desenvolvimento econômico da região (Silva, 2023).

Carvalho, Sousa e Nascimento Júnior (2014) destacam que a atratividade e a urbanização de Gravatá estão ligadas a um interesse atual: grandes centros urbanos enfrentam desafios de planejamento, como trânsito intenso, altas temperaturas e expansão vertical de construções. Essas questões levam moradores da classe média-alta a buscar, em Gravatá, tranquilidade e comodidade durante finais de semana e feriados prolongados (Valença, 2015).

Afirma NordesteTur (2021), que nos meses de junho e julho, a cidade se destaca por atrair milhares de visitantes com suas temperaturas amenas, atividades rurais e tradições gastronômicas. Além disso, a região oferece infraestrutura variada, como hotéis de campo, chalés, haras, spas, restaurantes especializados em fondues e chocolates, além de opções de culinária típica.

Economicamente, Gravatá se destaca pela produção expressiva de hortaliças, legumes e flores, se consolidando como um grande centro agrícola da região. A cidade também abriga um importante centro de produção de móveis, especializado na produção de móveis rústicos e semirrústicos de madeira maciça. Embora não haja um grande parque industrial, há algumas indústrias voltadas para alimentos, móveis, plásticos e produtos de higiene pessoal (Freitas, 2020).

O setor imobiliário também desempenha um papel importante na economia

local. A proximidade com Recife e o clima agradável têm atraído moradores da capital em busca de casas de veraneio e imóveis para residência permanente, principalmente após a aposentadoria (informação verbal).

Apesar do destaque do turismo na economia, a cidade ainda possui amplo espaço para desenvolvimento. Diversos índices em áreas distintas mostram potencial de melhoria, o que também pode impactar positivamente o bem-estar da população. Mesmo apresentando menor desigualdade em comparação com outras cidades de Pernambuco Gravatá ainda enfrenta dificuldades, como uma parcela significativa da população recebendo salários baixos (Silva, 2023).

5.2 O aterro sanitário de Gravatá/PE

A gestão de resíduos sólidos em Gravatá envolve desafios que vão além da esfera ambiental, alcançando dimensões econômicas, políticas e administrativas. O aterro sanitário do município está situado no bairro Volta do Rio, a cerca de três quilômetros do centro urbano, ocupando uma área de 10 hectares. Desde sua inauguração em 2002, tem operado como a principal estrutura de destinação final de resíduos do município e, atualmente, encontra-se com aproximadamente 80% de sua capacidade comprometida.

Figura 10: Imagem da entrada do aterro sanitário de Gravatá.



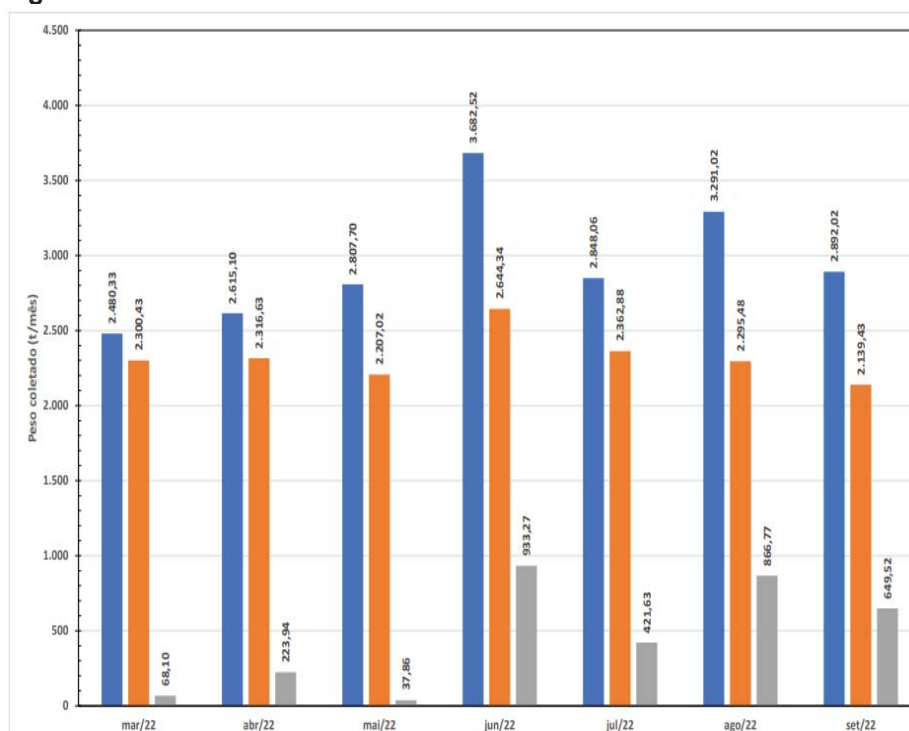
Fonte: Lourenço, 2016.

Instalado no mesmo local onde funcionava o antigo lixão, o aterro foi um

avanço em relação às condições anteriores de descarte. Segundo Lima (2009), a unidade recebe diariamente cerca de 70 toneladas de resíduos sólidos, entre lixo seco, úmido, restos de poda e materiais não recicláveis. Em períodos festivos, como a Semana Santa, o São João e o Circuito do Frio, esse volume pode chegar a 120 toneladas por dia, refletindo a variação sazonal da geração de resíduos.

A estrutura do aterro contempla oito células de compactação em formato trapezoidal, das quais duas já atingiram sua capacidade e uma terceira encontra-se em operação. Além disso, há áreas específicas para o descarte de entulhos (80m x 80m) e resíduos de podas (50m x 40m), organizando o fluxo de entrada dos resíduos urbanos. A Figura 11, a seguir, ilustra a variação mensal dos resíduos destinados ao aterro sanitário entre março e setembro de 2022.

Figura 11: Resíduos destinados ao aterro de Gravatá entre mar. e set. 2022.



Fonte: NRJ Ambiental (2022).

Dentre os resíduos, os de origem domiciliar representam a maior proporção. O mês de julho destacou-se por um pico de descarte superior a 3.900 toneladas, evidenciando a sobrecarga do sistema. A essa realidade somam-se desafios históricos na gestão pública. Em 2015, investigações do Tribunal de Justiça de Pernambuco revelaram irregularidades na contratação de empresas para coleta e destinação de resíduos entre 2013 e 2014, incluindo dispensa indevida de licitação e

operação sem licença ambiental (Tjpe, 2015).

Tais episódios expuseram fragilidades no controle e na fiscalização das atividades, reforçando a necessidade de maior planejamento técnico e transparência administrativa. A governança urbana sustentável requer articulação intersetorial e capacidade institucional, condições nem sempre presentes em municípios de médio porte como Gravatá.

Em 2012, a unidade perdeu sua Licença de Operação (LO) e passou a funcionar de forma inadequada até o início de uma intervenção. A regularização só ocorreu em 2017, com nova licença concedida, conforme registro do jornalista Marivan Melo. No entanto, em 2022, uma matéria jornalística classificou o local como um 'lixão disfarçado de aterro', denunciando a exposição prolongada de resíduos e a presença constante de urubus, atraídos pela decomposição a céu aberto (Martins, 2022).

Em resposta, a gestão municipal informou que o espaço seria desativado gradualmente em até cinco anos. Esse cenário reflete a realidade de muitos municípios brasileiros, que enfrentam dificuldades estruturais na gestão de resíduos sólidos. Segundo o Center for Public Leadership (CLP, 2022), os principais entraves incluem carência de recursos, baixa capacidade técnica, ausência de integração entre políticas públicas, barreiras culturais e limitações legais nos contratos intermunicipais.

Quadro 5: Desafios na gestão municipal de resíduos sólidos.

Desafios	Descrição
Carência de recursos	Altos custos de manutenção impedem que muitos municípios arquem sozinhos com a operação de aterros sanitários.
Baixa capacidade institucional	Falta de profissionais qualificados e estruturas técnicas dificulta o planejamento adequado.
Ausência de integração	A articulação entre logística reversa e execução das políticas ainda é falha.
Questão cultural	Resistência da população e dos gestores à criação de taxas de coleta e à redução da geração de resíduos.
Prazos contratuais	Limitações legais dificultam a formalização de consórcios intermunicipais e o acesso a recursos federais.

Fonte: CLP (2022)

A análise dos dados revela uma lacuna na implementação de políticas públicas de gestão de resíduos. A falta de integração efetiva com mecanismos

operacionais, como a logística reversa, demonstra uma desconexão entre teoria e prática. Essa situação compromete a eficácia das iniciativas e perpetua os desafios no setor.

Adicionalmente, observa-se uma resistência cultural significativa. Tanto a população quanto os gestores demonstram hesitação em adotar medidas consideradas impopulares, a exemplo da imposição de taxas. Questões legais e burocráticas também representam obstáculos relevantes. A dificuldade na formação de consórcios intermunicipais impede o acesso a recursos e a contratação de pessoal especializado, intensificando o complexo cenário da gestão de resíduos no país.

Figura 12: Área de convivência do aterro sanitário de Gravatá.



Fonte: Lourenço, 2016.

Com a finalidade de melhorar as condições de trabalho no aterro, a gestão municipal inaugurou um refeitório destinado aos trabalhadores do local. A estrutura foi pensada para proporcionar dignidade, higiene e conforto durante os intervalos das jornadas de trabalho, substituindo o improvisado anterior que comprometia a saúde e o bem-estar dos agentes de limpeza urbana (Prefeitura de Gravatá, 2024).

A iniciativa da gestão municipal em inaugurar um refeitório no aterro sanitário representou, à primeira vista, um avanço no que diz respeito à valorização dos trabalhadores da limpeza urbana, frequentemente invisibilizados nas discussões

sobre gestão de resíduos sólidos. Ao buscar garantir condições mínimas de dignidade, higiene e conforto, a medida estava alinhada aos princípios constitucionais da dignidade da pessoa humana e às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, que também considera os aspectos sociais da gestão ambiental.

No entanto, o fechamento precoce do espaço revela uma fragilidade recorrente na administração pública: a falta de continuidade e planejamento nas políticas de bem-estar laboral. A iniciativa, embora louvável em sua proposta, tornou-se simbólica da precariedade da gestão, que muitas vezes prioriza ações pontuais para fins de visibilidade política, em detrimento da manutenção e funcionalidade duradoura das estruturas públicas.

Com base no Estudo de Viabilidade da Ampliação do Aterro Sanitário elaborado pela NRJ Ambiental (2022), é possível identificar uma série de problemáticas relacionadas à gestão do atual espaço de disposição final de resíduos sólidos no município. O estudo revela, sobretudo, a iminência do esgotamento da vida útil do aterro, que opera próximo ao seu limite de capacidade. Implantado em área anteriormente utilizada como lixão, o aterro não foi acompanhado, ao longo dos anos, por um planejamento urbano eficaz que garantisse o controle do uso e da ocupação do solo no seu entorno. Isso permitiu a expansão de empreendimentos imobiliários nas proximidades da unidade, gerando conflitos de vizinhança e dificultando eventuais ações de ampliação (Nrj Ambiental, 2022).

Além da saturação física do espaço, o município enfrenta desafios relacionados à variação sazonal da geração de resíduos, especialmente em períodos de alta turística. Nesses momentos, a coleta chega a dobrar, evidenciando uma pressão significativa sobre a já fragilizada infraestrutura. Essa dinâmica exige da administração pública uma capacidade de planejamento mais flexível, especialmente no que se refere à logística de coleta e ao dimensionamento da frota (Nrj Ambiental, 2022).

Mesmo com essas dificuldades, o Índice de Qualidade do Aterro (IQA), que avalia aspectos operacionais e ambientais da unidade, atribuiu nota 8,14 — valor limítrofe para a classificação como "adequado". Embora a pontuação não configure irregularidade grave, evidencia-se a urgência por melhorias estruturais e operacionais, como o reforço no monitoramento ambiental, o controle do chorume e a ampliação das áreas de recobrimento (Nrj Ambiental, 2022).

A determinação de encerramento das atividades pela Agência Estadual de

Meio Ambiente (CPRH), formalizada em maio de 2024, foi baseada em irregularidades e em denúncias da população sobre a poluição do Rio Ipojuca pelo chorume. Contudo, decisão judicial posterior autorizou a reabertura do aterro, garantindo a continuidade dos serviços de coleta e descarte de lixo. A sentença, apesar de favorável à permanência da unidade em funcionamento, condiciona a continuidade à regularização urgente de todas as pendências legais e ambientais (Bezerra, 2024).

A decomposição anaeróbia da matéria orgânica dentro dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) após sua disposição em aterros sanitários leva à formação de biogás, um composto gasoso composto principalmente por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e amônia (NH_3), conforme observado por Borges (2016) e Braida et al. (2016). Essa composição confere ao biogás propriedades que possibilitam seu uso como fonte de energia renovável, sendo o metano o principal componente de interesse devido ao seu alto poder calorífico.

No entanto, observou-se que o aterro sanitário do município de Gravatá-PE emprega práticas que impedem a recuperação energética do biogás. Os resíduos urbanos são encaminhados para incineração, método que elimina o potencial de geração de biogás e, conseqüentemente, o uso do metano como fonte alternativa de energia. Esta falta de valorização energética evidencia uma lacuna na gestão integrada dos resíduos sólidos, nomeadamente à luz das orientações definidas pelo Estatuto Nacional de Resíduos Sólidos.

Segundo uma análise objetiva e técnica, a incineração direta de resíduos sólidos é uma prática que resulta na perda de uma fonte de energia renovável e também viola as diretrizes atuais de sustentabilidade e mitigação das mudanças climáticas. Em contrapartida, a digestão biológica da fração orgânica dos resíduos permite a conversão de até 90% da biomassa em biogás (Leme; Seabra, 2017). Esse processo pode ser realizado com ou sem pré-tratamento, dependendo das características do material utilizado (Senai, 2016; Idae, 2011).

No contexto brasileiro, a experiência existente mostra que o aproveitamento energético do biogás produzido em aterros sanitários é tecnicamente viável e economicamente atrativo. O aterro sanitário Bandeirantes, em São Paulo, é um excelente exemplo do uso do biogás para produzir eletricidade. Ele opera por meio de sistemas de coleta de metano conectados a usinas termelétricas que cobrem parte da demanda energética local (Mma, 2021).

Um exemplo importante é o aterro sanitário Dois Arcos, em São Pedro da

Aldeia, no estado do Rio de Janeiro, onde o biogás produzido é tratado e convertido em gás natural renovável, que depois é vendido para a estatal de gás, demonstrando o valor econômico desse subproduto. Além disso, o projeto NovaGerar, em Nova Iguaçu, também no Rio de Janeiro, combina a produção de eletricidade com a venda de certificados de emissão, contribuindo assim para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Essas medidas demonstram que os aterros sanitários, se adequadamente gerenciados e equipados com sistemas de coleta, tratamento e utilização de biogás, podem desempenhar um papel essencial na produção de energia sustentável. Dada essa situação, fica claro que a cidade de Gravatá é capaz de adotar abordagens semelhantes, aderindo às diretrizes nacionais de transição energética e conversão de resíduos em energia.

A falta de sistemas de utilização de biogás no aterro sanitário de Gravatá prejudica a sustentabilidade da gestão de resíduos na região e revela uma oportunidade econômica e ambiental inexplorada. A implementação de tecnologias de extração e utilização de biogás para produção de energia ofereceria benefícios como redução de emissões de gases de efeito estufa, conformidade com padrões regulatórios e potencial para gerar receita por meio da venda de certificados de energia e emissões (Ibeas, 2021; Santos; Barbosa, 2020).

5.3 Percepções sobre o aterro sanitário de Gravatá

As visitas ao aterro sanitário estudado permitiram à autora analisar de forma prática e crítica o funcionamento da gestão de resíduos sólidos em nível local. A observação direta permitiu identificar aspectos positivos, desafios estruturais e iniciativas em andamento que se alinham, ainda que parcialmente, aos princípios estabelecidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Apesar das limitações técnicas, o aterro apresenta estrutura compatível com os requisitos mínimos para esse tipo de disposição final de resíduos, denotando um aparente esforço da administração em atender às normas ambientais.

Conforme verificado in loco, a coleta periódica de resíduos domiciliares ocorre de forma contínua no município. Essa constatação demonstra o cumprimento de uma etapa essencial da gestão integral de resíduos sólidos, conforme previsto no artigo 9º da PNRS. Além disso, está em andamento um projeto que envolve uma parceria com

a empresa Green Eletron, para a coleta de resíduos eletrônicos, como pilhas e baterias, tendo disposição de dois coletores no Parque da Cidade e no Parque Janela Para o Rio.

Já a coleta de pneus fica por conta de uma empresa do município de Caruaru. Conforme a supervisora Daniella Mello, supervisora da Agência Municipal de Meio Ambiente, há um processo de parceria com a empresa ASA, para a coleta de óleo. A mencionada ação está em consonância com a obrigatoriedade da logística reversa, conforme preconizado pela Resolução CONAMA nº 401/2008.

Durante as visitas, foi identificado que há um planejamento para a implantação de um sistema de compostagem de resíduos orgânicos. Embora ainda não operacionalizado, o projeto representa um avanço importante, pois dialoga com os princípios da não geração e da reutilização de resíduos. A compostagem, como técnica de valorização de resíduos biodegradáveis, é defendida por autores como Siqueira e Assad (2015), que ressaltam sua eficácia ambiental e econômica, sobretudo em municípios de médio porte.

No que diz respeito à produção de biogás, notou-se que ainda é incipiente no aterro. Contudo, existe o controle da emissão de gases através de um sistema que possibilita sua queima, diminuindo a liberação de compostos prejudiciais, como o metano (CH_4). Embora não utilizado como fonte energética, esse processo desempenha uma função ambiental significativa, conforme indicado por Milaré (2014), que ressalta a relevância de mecanismos de contenção de gases em aterros sanitários para mitigar impactos atmosféricos.

Outro ponto observado foi a separação adequada de pneus inservíveis. Essa prática reduz riscos sanitários, como a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, além de evitar a contaminação do solo e da água por substâncias presentes na borracha. A Resolução CONAMA nº 416/2009 estabelece a responsabilidade compartilhada pela destinação ambientalmente adequada de pneus, reforçando a importância da continuidade dessa prática.

Em relação ao lixiviado, observou-se que, devido à inclinação natural do terreno, o líquido se infiltra em áreas de contenção revestidas com chapas de polietileno de alta densidade (PEAD), material que atua como uma geomembrana impermeável. Esta solução técnica está em conformidade com a NBR 13896/1997, que regulamenta a impermeabilização do solo em aterros sanitários. Além disso, o aterro está equipado com um poço de monitorização do lençol freático, que, segundo

observações preliminares, não apresenta sinais de contaminação.

Durante os meses de junho e julho o volume de resíduos no aterro aumenta significativamente pressionando a capacidade operacional do sistema. Esse cenário é comum em cidades com alto fluxo turístico e reforça a necessidade de planejamento sazonal. A falta de coleta seletiva agrava o problema dificultando a triagem e a destinação correta dos recicláveis. Segundo Santos e Santos (2014) a coleta seletiva é uma das principais ferramentas para reduzir a pressão sobre os aterros e impulsionar a economia circular.

Embora o aterro esteja localizado fora da área central da cidade, o crescimento desordenado da região levou a conflitos relacionados à terra e ao meio ambiente. Foram identificadas construções residenciais nas áreas adjacentes ao aterro, o que gerou reclamações por parte da população. Essa realidade revela falhas na inspeção urbana e no controle do uso e ocupação do solo, que contrariam as diretrizes do Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001), que prescreve um planejamento urbano sustentável.

Mesmo com as denúncias, durante o período das visitas não foi identificado mau odor nem sinais aparentes de poluição atmosférica no entorno imediato do aterro, o que indica algum grau de controle das emissões. Todavia, reforça-se a necessidade de um monitoramento contínuo dos gases e líquidos percolados, conforme estabelecem as normas técnicas da ABNT (NBR 8419 e NBR 15515), a fim de garantir a integridade ambiental da área.

A análise do cenário demonstrou a presença de tensões de natureza política e administrativa relacionadas à gestão do aterro, destacando-se a carência de uma política habitacional que seja integrada à gestão ambiental. A ocupação irregular nas proximidades, aliada à ausência de fiscalização preventiva, prejudica o zoneamento da área e eleva os riscos sociais e ambientais. Pozzetti e Caldas (2019) enfatizam a importância de uma articulação eficaz entre as políticas públicas de urbanismo, habitação e meio ambiente, especialmente em regiões que enfrentam um crescimento rápido.

Com base nas observações feitas, propõe-se intensificação de campanhas de educação ambiental e programas contínuos de sensibilização da população sobre a importância da segregação de resíduos na fonte, da coleta seletiva e da destinação correta dos materiais recicláveis. A inserção da temática ambiental nas escolas, conforme determina o artigo 225 da Constituição Federal de 1988, é fundamental para

a formação de uma consciência ecológica crítica e duradoura.

Quanto ao impacto social da implementação do aterro sanitário no local onde antes funcionava o lixão neste município, ao contrário do que ocorre em outras cidades do país, onde há famílias que tiram seu sustento dos lixões, em Gravatá isso não aconteceu. Isso se deve ao fato de que não havia a prática de coleta de materiais recicláveis por pessoas naquele local, possivelmente porque o aterro se localiza distante das áreas periféricas da cidade. Os catadores realizam a coleta desses materiais nas ruas, em frente às residências, aproveitando o momento em que os moradores descartam seu lixo para que seja recolhido pela empresa autorizada.

O impacto social decorrente da situação atual do objeto de estudo repousa mais veementemente na questão da educação da população da cidade, tendo em vista que os atores sociais são a ponta da cadeia que versa sobre o gerenciamento. Desta forma, para que os residentes sejam conscientes de suas atribuições, se faz preciso investimento em campanhas mais efetivas sobre os problemas reais do lixo descartado de maneira inadequada.

Por outro lado, ainda no âmbito dos impactos sociais, faz-se necessária a realização de encontros entre moradores, gestores e partes interessadas na conservação do aterro, com vistas em esclarecer de maneira didática a situação real do local, as ações emergentes e os passos futuros que podem ser traçados de possíveis políticas públicas para o bem comum.

Por último, apesar de o aterro sanitário de Gravatá operar dentro dos parâmetros legais estabelecidos, algumas questões urgentes demandam atenção, como a falta de coleta seletiva, a ineficiência na gestão durante períodos de alta demanda e o crescimento populacional em áreas críticas. A autora acredita que, com determinação política, fiscalização rigorosa e uma melhor colaboração entre os setores público, privado e a sociedade civil, é viável implementar uma gestão de resíduos que seja robusta, eficiente e sustentável.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação teve como propósito central analisar a aplicabilidade da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e do Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020) na gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, tomando como referência empírica o aterro sanitário do município de Gravatá, no Agreste de Pernambuco. Por meio da estratégia metodológica adotada, foi diagnosticado um quadro de avanços e limitações que circundam a gestão local de resíduos, revelando o hiato existente entre a legislação ambiental brasileira, reconhecida pela robustez normativa, e a execução efetiva em escala municipal.

O trabalho demonstrou que, mesmo possuindo arcabouço jurídico avançado, o país convive com prestação de serviços marcada por descompasso entre previsões legais e práticas rotineiras em municípios de pequeno e médio porte. Constatou-se também que, embora princípios de sustentabilidade, responsabilidade compartilhada e participação social estejam previstos em lei, permanecem distantes das ações cotidianas. Em Gravatá a gestão de resíduos sólidos apresenta entraves estruturais, operacionais e institucionais. A precariedade da infraestrutura do aterro sanitário, a falta de políticas públicas consistentes, a escassez de recursos financeiros e humanos e a baixa conscientização socioambiental da população local formam barreiras à concretização dos objetivos de sustentabilidade.

Ainda assim, a experiência municipal reflete padrão visto em inúmeras cidades do país e reforça a necessidade de tratar a temática como componente integrado do planejamento urbano, articulado a políticas de habitação, mobilidade, saúde pública e educação ambiental. A ausência de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos não representa mera omissão administrativa, mas sinaliza descontinuidade política e baixa institucionalização da governança ambiental.

Esse cenário se agrava com a falta de instrumentos de fiscalização e controle social, enfraquecendo a transformação de diretrizes normativas em ações concretas. Apesar desses obstáculos, a pesquisa identificou alternativas capazes de suprir lacunas. O potencial de geração de biogás a partir da decomposição dos resíduos foi destacado como caminho promissor para mitigar impactos ambientais e diversificar a matriz energética local, desde que existam incentivos técnicos, arranjos institucionais

estáveis e mecanismos de financiamento.

As visitas de campo ao aterro respaldaram a análise, revelando práticas importantes, entre elas: regularidade da coleta domiciliar, início de parcerias destinadas à logística reversa de eletroeletrônicos, pneus e óleo de cozinha e adoção de infraestrutura básica coerente com requisitos legais mínimos. Medidas como o controle de gases por combustão de metano e o uso de geomembranas de polietileno de alta densidade para gerenciamento de chorume evidenciam preocupação ambiental, porém não eliminam desafios estruturais que dificultam a aplicação plena das diretrizes previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos, como a inexistência de coleta seletiva e a sobrecarga do sistema em períodos de alta geração de resíduos.

O estudo ainda registrou conflitos relativos ao uso e à ocupação do solo, agravados pelo crescimento desordenado de áreas vizinhas ao aterro. A ocupação irregular e a carência de política habitacional integrada à gestão de resíduos mostram falhas de planejamento. Diante desse quadro, torna-se necessário coordenar políticas de planejamento urbano, habitação, meio ambiente e educação ambiental. Campanhas permanentes de conscientização, fiscalização qualificada e incentivos à participação social podem impulsionar uma gestão de resíduos mais eficiente, inclusiva e sustentável.

A investigação empírica traz resposta objetiva ao problema de pesquisa: mecanismos legais, técnicos e institucionais capazes de otimizar a gestão de resíduos sólidos em Gravatá incluem elaboração de plano municipal de gestão integrada vinculado ao Plano Plurianual, criação de consórcio intermunicipal para compartilhamento de custos operacionais, implantação de unidade de tratamento de biogás com participação de iniciativa privada mediante contratos de desempenho, fortalecimento do órgão ambiental local com equipes multidisciplinares e adoção de indicadores de desempenho que instruem decisões em tempo real.

Ao dialogar diretamente com saberes do Direito, da Engenharia Sanitária, da Ecologia e das Ciências Sociais a presente pesquisa revela uma natureza essencialmente interdisciplinar. Essa integração não é apenas metodológica, mas essencial, pois a gestão de resíduos sólidos não se resolve apenas com normas jurídicas, nem somente com soluções técnicas. É preciso compreender as dinâmicas sociais, culturais e econômicas que interferem tanto na geração quanto no descarte dos resíduos. A intersecção entre esses campos permite formular diagnósticos mais precisos e, sobretudo, propor soluções que sejam viáveis técnica, legal, econômica e

socialmente.

Ao contextualizar Direito, Engenharia Sanitária, Ecologia e Ciências Sociais, a pesquisa constrói uma visão sistêmica que identifica, ao mesmo tempo, exigências legais, soluções tecnológicas, impactos ecológicos e dinâmicas socioculturais; essa convergência sustenta não apenas uma política pública ambiental, mas sim uma política pública socioambiental, capaz de transformar normas em ações concretas, pois oferece parâmetros jurídicos claros para o planejamento, quantifica ganhos ambientais e energéticos viáveis com o aproveitamento do biogás, mapeia gargalos institucionais que inviabilizam a coleta seletiva e propõe estratégias de educação e participação comunitária que legitimam o processo decisório e fortalecem a governança local.

A distinção entre política ambiental e socioambiental é fundamental. Uma política ambiental poderia se restringir à proteção dos recursos naturais e à mitigação de impactos ecológicos. No entanto, quando se fala em política pública socioambiental, há o reconhecimento explícito de que as questões ambientais estão profundamente entrelaçadas aos problemas sociais, como pobreza, exclusão, desigualdade e falta de acesso a serviços públicos essenciais.

Esses instrumentos, quando articulados à legislação federal já existente, produzem condições de reduzir passivos ambientais, gerar receita por meio da comercialização de energia e promover inclusão de catadores em cadeias formais de reciclagem. A aplicação das técnicas identificadas demanda vontade política, gestão pública profissionalizada e arranjos financeiros que distribuam riscos entre poder público e investidores. Ao mesmo tempo, exige educação ambiental continuada que estimule práticas de consumo responsável e descarte adequado.

A ausência de uma gestão adequada dos resíduos perpetua uma lógica de exclusão social, na qual trabalhadores informais da reciclagem atuam sem qualquer proteção social, sem acesso a direitos básicos e frequentemente em condições insalubres. Além disso, o lixão compromete a saúde pública, favorece a proliferação de vetores de doenças e contribui para a marginalização de comunidades inteiras.

A experiência de Gravatá, nesse sentido, serve como alerta para fragilidades e como demonstração de que soluções viáveis estão disponíveis quando há governança colaborativa. Conclui-se, portanto, que enfrentar o desafio da gestão de resíduos sólidos exige muito mais que cumprimento formal da lei; exige mudança cultural, fortalecimento institucional e adoção de práticas integradas que considerem,

ao mesmo tempo, as dimensões ambientais, sociais e econômicas do problema. A construção de uma sociedade consciente e corresponsável depende de processos educativos que ultrapassem limites escolares e alcancem cotidiano das famílias. Os desafios observados indicam que intervenções meramente técnico operacionais são insuficientes.

A pesquisa apresenta limitações que sugerem aprofundamento. O recorte temporal não permite avaliar mudanças posteriores às normas federais complementares promulgadas em dois mil e vinte e quatro. Tampouco foi possível mensurar, com série histórica consistente, o impacto econômico da conversão do metano coletado em energia elétrica sobre a receita municipal. Investigações futuras, apoiadas em séries de longo prazo, deverão aferir o efeito dos créditos de carbono na viabilidade financeira do aterro.

Mesmo com tais restrições, o estudo oferece contribuição prática imediata. Propõe roteiro para implantação do plano integrado, apresenta indicadores para monitorar rotas de coleta e define matriz de responsabilidades entre secretarias. A aplicação desses instrumentos tende a acelerar o cumprimento das metas nacionais que exigem eliminação de lixões, fortalece o protagonismo das cooperativas de catadores na cadeia da reciclagem, reforça compromissos assumidos pelo Brasil perante a Agenda vinte e trinta e amplia a transparência administrativa local.

Diante dos resultados obtidos, é possível afirmar que os mecanismos legais, técnicos e institucionais necessários para aprimorar a gestão de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários, especialmente no município de Gravatá-PE, estão fortemente ancorados na efetivação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, na formalização de consórcios intermunicipais e na utilização dos instrumentos previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e no Novo Marco do Saneamento Básico (Lei nº 14.026/2020). No campo técnico, destaca-se a necessidade de investir na captura e no aproveitamento energético do biogás, no uso de geomembranas para impermeabilização e no controle adequado do chorume, bem como na implementação efetiva da coleta seletiva e na estruturação de cadeias produtivas que incluam os catadores. No âmbito institucional, torna-se indispensável fortalecer o órgão ambiental local, capacitar as equipes técnicas, adotar indicadores de desempenho e estabelecer contratos de desempenho com o setor privado, garantindo segurança jurídica, eficiência econômica e sustentabilidade ambiental.

Portanto, a hipótese de pesquisa evidencia que os desafios na gestão de resíduos sólidos urbanos em Gravatá não se limitam à ausência de infraestrutura ou à escassez de recursos financeiros, mas estão diretamente relacionados à falta de integração entre os instrumentos legais, técnicos e institucionais disponíveis. A superação dessas barreiras demanda uma política pública verdadeiramente socioambiental, que vá além do cumprimento formal da legislação e promova uma governança colaborativa, capaz de articular poder público, setor privado e sociedade civil em torno de objetivos comuns de sustentabilidade. Trata-se, portanto, de uma agenda que combina responsabilidade social, proteção ambiental, desenvolvimento econômico e transição energética, na qual o aterro sanitário deixa de ser um passivo ambiental e passa a ser um ativo estratégico para o município e para a região.

REFERÊNCIAS

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023**. São Paulo: ABRELPE, 2023.

ABRELPE- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022**. São Paulo: ABRELPE, 2022.

ABREMA. **Brasil destinou 33,3 milhões de toneladas de lixo de forma inadequada em 2022**. 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/07/18/brasil-destinou-333-milhoes-de-toneladas-de-lixo-de-forma-inadequada-em-2022/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

ABREMA. **Crise do lixo custa R\$ 97 bilhões por ano ao Brasil, aponta estudo**. 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/06/05/crise-do-lixo-custa-r-97-bilhoes-por-ano-ao-brasil-aponta-estudo/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

ABREN. **Levantamento inédito mostra que o Brasil perde 2,4 bi por ano com a falta de tratamento do seu lixo urbano (Direito & Negócios)**. 2021. Disponível em: <https://abren.org.br/2021/06/04/levantamento-inedito-mostra-que-o-brasil-perde-24-bi-por-ano-com-a-falta-de-tratamento-do-seu-lixo-urbano-direito-negocios/>. Acesso em: 2 dez. 2022.

AGÊNCIA BRASIL. **Geração de lixo no mundo pode aumentar 80% até 2050, diz Pnuma**. Brasília, 28 fev. 2024. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-02/geracao-de-lixo-no-mundo-pode-aumentar-80-ate-2050-diz-pnuma>. Acesso em: 1 abr. 2025.

ALMEIDA, L. F.; BRANDÃO, J. B.; COSTA, H. S. M. A Política Nacional de Resíduos Sólidos e os desafios da gestão integrada no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 7, n. 3, p. 301-315, 2015.

ALVES, José Eustáquio Diniz. **Impacto ambiental no século XXI: desafios e oportunidades**. In: Meio Ambiente e Sociedade. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2019. p. 45-68

AMBIENTE BRASIL. **Lixão: o que é, consequências e como evitar**. 2011. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/lixao_oque_consequencias/. Acesso em: 2 abr. 2025.

ANDREOLI, Cleverson V.; VON SPERLING, Marcos; PHILIPPI JR., Arlindo (Org.). **Resíduos sólidos: gestão e gerenciamento**. Barueri: Manole, 2017.

ARAUJO, Geraldo Jose Ferraresi de; CARVALHO, Cesar Machado de Carvalho. A agenda 21 e a elaboração de políticas públicas para a sustentabilidade urbana. Fórum Ambiental da Alta Paulista, São Paulo, v. 7, n. 4, p. 685-699, 2011. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/index/login?source=%2>

Findex.php%2Fforum%2Farticle%2Fview%2F144%2F145 . Acesso em: 06 jun. 2025.

AWADA, Hani. **Aterro Controlado: o que é, como funciona e diferenças.** Resíduo All, [s. l.], 15 jun. 2020. Disponível em: <https://www.residuoall.com.br/aterro-controlado/>. Acesso em: 15 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8849: Aterro controlado de resíduos sólidos urbanos - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 1985

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15515-1: Componentes do sistema de drenagem de lixiviados em aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - Parte 1: Projeto.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM DE ELETROELETRÔNICOS E ELETRODOMÉSTICOS (ABREE). **Balço da Logística Reversa de Eletroeletrônicos.** São Paulo: ABREE, 2021

BASE DE DADOS DO ESTADO. **Divisão Geopolítica.** 2006. Disponível em: <http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/mesorregioes.aspx>. Acesso em: 3 mar. 2025.

BECKER, D. F.; HULLER, A.; SILVA, T. N. **A educação ambiental como instrumento de transformação da percepção sobre a degradação ambiental.** Educação, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 231-246, 2011.

BESEN, Gina Rizpah; FRACALANZA, Ana Paula. **Challenges for the sustainable management of municipal solid waste in Brazil.** DisP-The Planning Review, v. 52, n. 2, p. 45-52, 2016.

BESEN, Gina Rizpah; JACOBI, Pedro Roberto; SILVA, Christian Luiz. **10 anos da Política de Resíduos Sólidos: caminhos e agendas para um futuro sustentável.** Universidade de São Paulo. Instituto de Energia e Ambiente, 2021. DOI: Disponível em: www.livrosabertos.abcd.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/614. Acesso em: 7 jan. 2025.

BEZERRA, Amsterdan. **Justiça autoriza reabertura de aterro sanitário de Gravatá após interdição da CPRH.** Pernambuco notícias, Caruaru, 28 maio 2024. Disponível em: <https://www.pernambuco noticias.com.br/justica-autoriza-reabertura-do-aterro-sanitario-de-gravata-apos-decisao-favoravel/%3famp=1>. Acesso em: 7 jun. 2025.

BILESKI, Cleriston Edson. **A importância da coleta seletiva como forma alternativa de economia de recursos naturais e geração de emprego e renda.** 2015. 46 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.

BITTENCOURT, Sidney. **Licenciamento e estudo de impacto ambiental**. 2. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2006.

BITENCOURT, Gisele; ALMEIDA, Carlos Alberto de; FUJIHARA, Cláudia Regina. Propostas para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de Santa Maria – RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 17, n. 17, p. 3283-3293, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/11836>. Acesso em: 15 maio 2025.

BISPO, Eliana Lúcia dos Santos; PAIVA, Gisele de Lorena Diniz. **Educação ambiental como ferramenta na redução dos resíduos sólidos**: relato de experiência. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, Rio Grande, v. 22, p. 102-113, jan./jun. 2009. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/2890>. Acesso em: 17 mai. 2025.

BORGES, R. **Aproveitamento energético do biogás em aterros sanitários**. *Revista de Engenharia Ambiental*, v. 13, n. 1, p. 33-45, 2016.

BORTOLUZZI, D. A.; GARCIA, J. P. R.; NORO, G. B.; MEDEIROS, F. S. B. **Comportamento dos líderes no Programa Gaúcho de Qualidade e Produtividade: um estudo com empresas santa-marienses**. *Desafio Online*, v. 2, n. 2, p. 644-661, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/deson/article/view/1156/749>. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRAIDA, W. et al. **Gerenciamento de resíduos sólidos e aproveitamento energético**. São Paulo: Blucher, 2016.

BRASIL. **Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT**. NBR 10.004.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Colaboração de Antonio Luiz de Toledo Pinto, Márcia Cristina Vaz dos Santos Windt e Livia Céspedes. 31. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. **Lei no 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

BRITTO. **Munic 2023: 31,9% dos municípios brasileiros ainda despejam resíduos sólidos em lixões**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41994-munic-2023-31-9-dos-municipios-brasileiros-ainda-despejam-residuos-solidos-em-lixoes/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

BUENO, D. C. F. **Contribuição aos estudos para seleção de áreas para**

construção de aterros sanitários. Periódico Eletrônico "Fórum Ambiental da Alta Paulista". São Paulo: Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, [s.d.].

CAMPOS JR. **Prazo para fim de lixões acaba, mas 1.593 cidades ainda usam modelo.** Poder360, 2024. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/poder-infra/prazo-para-fim-de-lixoes-acaba-mas-1-593-cidades-ainda-usam-modelo/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

CAMPOS, H. K. T.; VILHENA, A. **Logística Reversa no Brasil: Desafios e Oportunidades.** São Paulo: Editora Senac, 2018.

CAMPOS, V. R.; CAZARINI, E. W. **Estudo dos critérios de decisão para localização de aterros sanitários para auxiliar na avaliação de impactos ambientais.** In: SIMPÓSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESÍDUOS, 3.; SEMINÁRIO DA REGIÃO NORDESTE SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2., 2010, João Pessoa. Anais [...]. Castellón de la Plana: Universitat Jaume I, 2010.

CAPINZAIKI, Guilherme. **O ambiente humano e a conferência de Estocolmo de 1972.** 2015.

CARMO, G. N. R. **Aterro Sanitário: Rotina de Operação do Aterro.** Disponível em: www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/AS-_Aula-9.pdf. Acesso em: 28 abr. 2018.

CARVALHO, Camila Rodrigues Ribeiro de. **Análise do perfil socioeconômico de Gravatá-PE e das novas ruralidades no período 2000-2013.** 2016. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2016.

CARVALHO, Josias Ivanildo Flores de; SOUSA, Laryssa de Aragão; NASCIMENTO JÚNIOR, Maurílio Bernardino. **Crescimento urbano do município de Gravatá e suas consequências na sociedade local.** VII Congresso Brasileiro de Geógrafos, Vitória, ago. 2014. Disponível em: <https://docplayer.com.br/75531226-Crescimento-urbano-do-municipio-de-gravata-e-suas-consequencias-na-sociedade-local-josias-ivanildo-flores-de-carvalho1.html>. Acesso em: 6 mar. 2025.

CASTIONI, Juliana Marcela. **Determinação de metais em um lixão desativado.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2023.

CAVALER, Viviane. **Viabilidade econômica da utilização de biogás produzido em aterros sanitários para a geração de energia elétrica.** 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2022.

CIIAGRO. **CIIAGRO online.** Autores: Abramides, P. L. G.; Brunini, O.; Pedro Jr., M. J.; et al. Campinas: Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas/Instituto Agrônomo, 2020.

CENTRO DE LIDERANÇA PÚBLICA (CLP). **Ranking de Competitividade dos**

Estados 2022. São Paulo: CLP, 2022. Disponível em: <https://www.rankingdecompetitividade.org.br/estados/ranking-geral/>. Acesso em: 15 maio 2025.

CLIMATE-DATA. **Gravatá, Pernambuco.** 2021. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/pernambuco/gravata-34677/>. Acesso em: 27 fev. 2025.

CNN BRASIL. **Geração de resíduos no mundo deve chegar a 3,4 bilhões de toneladas por ano até 2050.** São Paulo, 22 ago. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/geracao-de-residuos-no-mundo-deve-chegar-a-34-bilhoes-de-toneladas-por-ano-ate-2050/>. Acesso em: 8 de Jun. 2025.

CNM. **Cartilha encerramento de lixões.** Confederação Nacional de Municípios, 2024. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/biblioteca/2024/Livros/202403_LIV_SANEA_Cartilha_Encerramento_Lixoes.pdf. Acesso em: 1 abr. 2025.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Resíduos Sólidos Urbanos: aterros em valas.** São Paulo: CETESB, 2012. (Informação Técnica, L1.020). Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/res_solidos_urbanos.pdf. Acesso em: 17

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008.** Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias, e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 5 nov. 2008. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?id=570&option=com_sisconama&task=arquivo.download. Acesso em: 8 abr. 2025.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009.** Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?id=597&option=com_sisconama&task=arquivo.download. Acesso em: 8 abr. 2025.

CORREIA, Janeide Souza; MORAIS JÚNIOR, Marconi de Oliveira. **Coleta seletiva, cidadania e educação ambiental:** uma análise da experiência no município de Itabuna – BA. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 10-18, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/500/50012217002.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2025.

COSTA, Aline Marchesin; PUGLIESI, Érica. **Análise dos manuais para elaboração de planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, p. 509-516, 2018.

COSTA, Beatriz Souza; RIBEIRO, José Cláudio Junqueira. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres.** Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013.

COSTA, M. D. **Estudos de camadas de cobertura de aterros sanitários em colunas de solos**. 2015. 144 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

CUCCATO, Marcia. **A reciclagem de resíduos sólidos e a inclusão socioproductiva de catadores de materiais recicláveis**: uma análise das políticas públicas do Governo Federal. 2014. 203 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Sociedade) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/280628>. Acesso em: 26 out. 2023.

CUCCHI, M. B.; BARCELLOS, P. F. P. **O papel da liderança no processo de mudança e aprendizagem organizacional: estudo multicaso nas empresas duradouras do setor metalmeccânico de Marau, RS, Brasil**. Pensamento & Realidade, v. 33, n. 4, p. 97-122, 2018.

D'ALMEIDA, Maria de Lourdes da Silva N.; VILHENA, André. **O lixo na cidade: guia para o gerenciamento de resíduos sólidos**. São Paulo: Pólis, 2002.

DE ALENCAR ARRUDA, Marília Feitosa; TREVIZAN, Ana Flávia Cristina. **Governança na gestão de resíduos sólidos no Brasil**. Recife: Gampe/UFRPE, 2023.

DE LORENA DINIZ CHAVES, Gisele; DOS SANTOS JR, Jorge Luiz; ROCHA, Sandra Mara Santana. **The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: A Brazilian case review**. Waste Management & Research, v. 32, n. 9, p. 19-31, 2014.

DECLARAÇÃO DE ESTOCOLMO. **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano**. Estocolmo, Suécia, 5-16 jun. 1972. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/33/2016/09/Declaracao-de-Estocolmo-5-16-de-junho-de-1972-Declaracao-da-Conferencia-da-ONU-no-Ambiente-Humano.pdf>. Acesso em: 08 de jun. 2025.

DIAS, S. M. **Catadores e Reciclagem: Inclusão Social e Econômica**. Brasília: Ipea, 2017. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/>. Acesso em: 03 abr. 2025.

DINÂMICA AMBIENTAL. **Impacto ambiental positivo e negativo**: entenda as diferenças. [S. l.], 28 maio 2014. Disponível em: <https://www.dinamicaambiental.com.br/blog/o-que-e/impacto-ambiental-positivo-e-negativo/>. Acesso em: 17 mai. 2025.

DINIZ, Laura Carolina. **Avaliação do chorume produzido pelo aterro sanitário da cidade de Ponta Grossa na qualidade das águas da bacia do Rio Cará-cará**. 2016. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.

DINIZ, Bianca Silva et al. Desafios na gestão municipal de resíduos sólidos: da coleta à destinação final. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 410-425, 2023.

EMPRESA DE TURISMO DE PERNAMBUCO - EMPETUR. **Pesquisa do perfil do turismo receptivo no Festival Pernambuco Meu País 2024**. Gravatá: EMPETUR, 2024. Disponível em: https://empetur.pe.gov.br/images/pesquisas/pesquisa_de_perfil/pernambuco-meu-pais/GRAVATA_PERNAMBUCO_MEU_PA%C3%8DS_2024.pdf. Acesso em: 9 mar. 2025.

ENERGÍA. **Biogás: producción y utilización**. Madri: IDAE, 2011.

Estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 24, n. 1, p. 143-155, 2019. DOI: 10.1590/S1413-4152201917112.

FADE/UFPE. **Relatório Técnico sobre Incineração de Resíduos Sólidos**. Recife: FADE/UFPE, 2013.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos: Manual Técnico**. Belo Horizonte: FEAM, 2010.

FELICORI, Ana Paula; LANGE, Liséte Celina; BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. Diagnóstico da geração e gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em usinas de triagem e compostagem de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 657-668, out./dez. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/Z45vHh7Q8XyQfT87hJpQjWc/>. Acesso em: 2 jun. 2025

FERNANDES, Diego da Rocha. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: diretrizes jurídico-ambientais para a sustentabilidade**. 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociências, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente — PRODEMA, Natal, 2015.

FERNANDES, Edésio. **Direito Urbanístico e Política Urbana no Brasil**. 2. ed. Belo Horizonte: Del Rey, 2018.

FERREIRA, J. S. W. **Avanços e recuos na questão urbana rumo ao Habitat III**. In: BALBIM, R. (org.). Geopolítica das cidades: velhos desafios, novos problemas. Brasília: Ipea, 2016. p. 67-76.

FERREIRA, João Victor de Souza; OLIVEIRA, Ludmila de Vasconcelos Machado. **A política nacional de resíduos sólidos e os desafios para os municípios brasileiros**. In: GOMES, José Orlando; TEIXEIRA, Marco Antônio Carvalho (Org.). Serviços públicos municipais: debates, desafios e perspectivas. São Paulo: Alfa-Omega, 2020. p. 115-132.

FIGUEIREDO, Paulo Jorge de. **A sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. 2. ed. Piracicaba: Unimep, 2005.

FOLHA DE S.PAULO. **Má gestão de resíduos promove até doenças cardiovasculares**. São Paulo, 7 mar. 2024. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2024/07/ma-gestao-de-residuos-promove-doencas-infecciosas-cardiovasculares-respiratorias-e-endocrinas.shtml>. Acesso em: 4 de mai. 2025.

FONSECA, Homero. **Pernambuco e sua história: dos engenhos às boiadas**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2009.

FRAZÃO, Adriana Galdino; SILVA, Leonio José Alves da (Orient.). **Aplicabilidade das tutelas jurídicas de proteção ao meio ambiente diante do controle e uso dos venenos no Brasil**. 2019. 53 f. TCC (Graduação em Direito) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

FREITAS, João Victor de Melo. **Análise da competitividade do polo moveleiro de Gravatá-PE**. 2020. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/41023>. Acesso em: 08 Jun. 2025

FREITAS, Juarez. **A&C - Revista de Direito Administrativo & Constitucional**, Belo Horizonte, v. 13, n. 52, p. 35-53, abr./jun. 2013.

GALVÃO, Patrícia Lins de Arroxelas. **Turismo, lazer e segunda residência: as transformações socioespaciais no meio rural de Gravatá-PE**. 2019. 312 f. Tese (Doutorado em Turismo) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

GIANNETTI, B. F. **Urban solid waste plant treatment in Brazil: is there a net energy yield on the recovered materials?** Resources, Conservation and Recycling, v. 73, p. 143-155, 2013. DOI: 10.1016/j.resconrec.2013.02.001

GOMES, Brenda Karla Evangelista. **A importância da política nacional de resíduos sólidos na concretização do meio ambiente ecologicamente equilibrado: avanços e desafios para sua implementação**. 2023. 90 f. Dissertação (Mestrado em Direito) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

GOMES, C. **Projeto de Lei 7535/2017, de 2 de maio de 2017**. Dispõe sobre incentivos para fomentar a indústria da Reciclagem. Brasília: Câmara dos Deputados, 2017. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2132782>. Acesso em: 05 abr. 2025.

GOMES, Luiz Péricles. **Técnica de aterro sanitário em valas**. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

GONÇALVES, Iramar; FERNANDES, Franciele. Análise da destinação final dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Dom Pedrito/RS. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 192-205, jan./abr. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/20697>. Acesso em: 15 maio 2025.

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 17, p. 1503-1510, 2012.

GOVERNO FEDERAL. **Munic 2023: 31,9% dos municípios brasileiros ainda despejam resíduos sólidos em lixões**. Agência Gov, 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202411/munic-2023-31-9-dos-municipios-brasileiros-ainda-despejam-residuos-solidos-em-lixoes>. Acesso em: 1 abr. 2025.

GRAVATÁ. **História do Município**. Disponível em: <https://gravata.pe.gov.br/historia-do-municipio/>. Acesso em: 10 mar. 2025.

GRAZHDANI, D. **Assessing the variables affecting on the rate of solid waste generation and recycling: An empirical analysis in Prespa Park**. Waste Management, v. 48, p. 3-13, 2016.

GRISA, D. C.; CAPANEMA, L. **Resíduos Sólidos Urbanos**. In: PUGA, F.; CASTRO, L. B. (org.). Visão 2035: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para alcance da meta. Rio de Janeiro: BNDES, 2018. p. 415-438.

HEBER, Florence; SILVA, Elvis Moura da. **Institucionalização da Política Nacional de Resíduos Sólidos: dilemas e constrangimentos na Região Metropolitana de Aracaju (SE)**. Revista de Administração Pública, v. 48, n. 4, p. 913-937, 2014.

HOANG, T. T. P.; KATO, T. **Measuring the effect of environmental education for sustainable development at elementary schools: A case study in Da Nang city, Vietnam**. Sustainable Environment Research, v. 26, n. 6, p. 274-286, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS E DE SANEAMENTO (IBEAS). **O potencial do biogás na matriz energética brasileira e os desafios regulatórios**. Relatório Técnico. São Paulo: IBEAS, 2021.

IEA (International Energy Agency). **World Energy Outlook 2024**. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>. Acesso em: 7 jun. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades e estados**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html>. Acesso em: 6 mar. 2025.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Biogás causa impacto positivo na matriz, diz executivo da EPE**. Rio de Janeiro: EPE, 2017. Disponível em: <https://www.agrimidia.com.br/biomassa-e-bioenergia/biogas-causa-impacto-positivo-na-matriz-diz-executivo-da-epe/>. Acesso em: 7 jun. 2025.

EPE (Empresa de Pesquisa Energética). **Panorama de Biometano**. Rio de Janeiro: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-781/Panorama%20de%20Biometano.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2025.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). **Biogás: diseño y cálculo de instalaciones**. Madrid: IDAE, 2011.

IVAN, M. V.; TERRA, L. A. A. **A influência da liderança na dinâmica organizacional**. Caderno Profissional de Administração da UNIMEP, v. 7, n. 1, p. 137-159, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022: primeiros resultados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/gravata.html>. Acesso em 8 Jun. 2025.

JACOBI, Pedro Roberto. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. Cadernos de Pesquisa, n. 118, p. 189-205, 2003.

LANZA, Vera C. V.; CARVALHO, André L. **Orientações básicas para operação de aterro sanitário**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2006.

LASARIDI, K.; MANIOS, T. **Organic resources & Biological Treatment**. [S.l.], 2016.

LEITÃO, A. **Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o século XXI**. Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting, v. 1, n. 2, p. 150-171, 2015.

LANZA, Vera C. V.; CARVALHO, André L. **Orientações básicas para operação de aterro sanitário**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2006.

LEME, R. C.; SEABRA, J. E. A. **Eficiência da biodigestão anaeróbica em diferentes substratos orgânicos**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 6, n. 3, p. 30-41, 2017.

LIMA, Emmanuel de Freitas. **O ecoponto na gestão de resíduos sólidos do município de Fortaleza - CE**. 2022. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Economia Ecológica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

LINO, Fátima A. M.; ISMAIL, Kamal A. R.; CASTAÑEDA-AYARZA, Juan A. **Municipal solid waste treatment in Brazil: A comprehensive review**. Energy Nexus, p. 100232, 2023.

LINO, I. C. **Seleção de áreas para implantação de aterros sanitários: análise comparativa de métodos**. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e

Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2007.

LOPES, E. J. **Desenvolvimento de sistema de gaseificação via análise de emissões atmosféricas**. 2014. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LUZ, F. X. R. **Aterro sanitário: características, limitações, tecnologia para implantação e operação**. São Paulo: CETESB, 1981.

MANCINI, Sandro Donnini et al. **Circular economy and solid waste management: challenges and opportunities in Brazil**. Circular Economy and Sustainability, v. 1, n. 1, p. 261-282, 2021.

MARCHI, Cristina Maria Dacach Fernandez. **Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos**. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 7, n. 1, p. 91-105, 2015.

MELO, Marivan. Exclusivo: **CPRH concede licença para aterro sanitário de Gravatá funcionar**. Blog do Marivan Melo, [s. l.], Disponível em: <https://www.marivanmelo.com.br/2016/12/prefeitura-de-gravata-consegue.html?m=1>. Acesso em: 10 out. 2017

MARQUES, J. R. **Meio Ambiente Urbano**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

MARTINS, Elton. **Aterro sanitário de Gravatá é alvo de denúncias: "lixão disfarçado"**. NE10 Interior, Caruaru, 26 maio 2022. Disponível em: <https://interior.ne10.uol.com.br/noticias/2022/05/14878589-aterro-sanitario-de-gravata-e-alvo-de-denuncias-lixao-disfarcado.html>. Acesso em: 25 maio 2025.

MATIAS, T. M.; MENEZES, J. S. **Gestão pública e resíduos sólidos: panorama e perspectivas**. *Revista de Direito Ambiental e Sociedade*, v. 8, n. 3, 2018.

MATTOS, J. C. P. **Poluição ambiental por resíduos sólidos em ecossistemas urbanos: estudo de caso do aterro controlado de Rio Branco - AC**. 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2006.

MAURO, Ferreira Lima; SELVA, Vanice Santiago Fragoso. **Desenvolvimento e sustentabilidade da atividade turística em Gravatá-PE: posicionamento do segmento hoteleiro local**. 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/3217>. Acesso em: 10 mar. 2025.

MELO, Willian de. **Análise dos impactos ambientais causados pela implantação do Aterro Sanitário no município de Campo Mourão - PR**. 2017. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2017. Disponível em: <http://repositorio.unicentro.br:8080/jspui/handle/123456789/541>. Acesso em: 26 out. 2023.

MEDEIROS, Thais Lorrane de. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em pequenos municípios: um estudo de caso no município de Patu/RN**. 2022. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/2222>. Acesso em: 7 de Jun.2025

MILARÉ, Édis; MORAIS, Roberta Jardim de. A tutela constitucional do meio ambiente e o princípio da vedação do retrocesso. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, DF, v. 51, n. 202, p. 81-100, abr./jun. 2014. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/504958>. Acesso em: 7 jun. 2025

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Resíduos Sólidos**. Brasília: MCTI, 2013.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA)**. Brasília, DF: MDR, 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Aproveitamento Energético do Biogás de Aterro Sanitário**. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidadessustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamentoenergetico-do-biogas-de-aterro-sanitario>. Acesso em: 28 fev. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Economia circular**. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/enec/economia-circular> Acesso em: 28 mai. 2025.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Aproveitamento energético do biogás de aterro sanitário**. Brasília: MMA, 2021. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/aproveitamento-energetico-do-biogas-de-aterro-sanitario.html>. Acesso em: 1 abr. 2025

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Plano nacional de resíduos sólidos**. 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

MIRANDA, Fernando L. G. de. **Meio Ambiente & Cidadania**. São Paulo: Cortez, 2010.

MONTAGNA, Tainara B. **Biogás produzido em aterro sanitário como fonte de energia - uma revisão bibliográfica**. 2013. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/biogas_produzido_em_aterro_sanitario_como_fonte_de_energia.pdf. Acesso em: 9 mar. 2025.

MOURA, Débora Eduarda Silva. **Municipal Memorial of Gravatá: analysis of memory traces in its long-term exhibition**. 2024. Dissertação (Mestrado em

Museologia) - Universidade Federal da Bahia, 2024.

MOURA, Luana Dias de. **Aterro sanitário como alternativa para a destinação final dos resíduos sólidos urbanos**. 2013. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2013. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/13253>. Acesso em: 15 maio 2025.

NASCIMENTO, A. L. L. do. **Análise da gestão integrada dos resíduos sólidos do município de Pacajus - CE**. 2018. 79 f. Monografia (Graduação em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

NASCIMENTO, M. C. B., FREIRE, E. P., DANTAS, F. de A. S., & GIANANTE, M. B.. (2019). **Estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no Brasil**. Engenharia Sanitaria E Ambiental, 24(1), 143–155. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019171125>

NETO, José Walter V. de M. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2019.

NORDESTE TUR. **Gravatá, a queridinha do Agreste**. [s.d.]. Disponível em: <https://nordestetur.com.br/gravata-a-queridinha-do-agreste/>. Acesso em: 1 abr. 2025.

NRJ AMBIENTAL. **Estudo de Viabilidade da Ampliação do Aterro Sanitário de Gravatá**. 2022.

OLIVEIRA, Magalice Cruz de. **O Papel do Direito Ambiental na Sustentabilidade: Desafios e Perspectivas**. Conteúdo Jurídico, Brasília, 17 out. 2024. Disponível em: <https://conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/66764/o-papel-do-direito-ambiental-na-sustentabilidade-desafios-e-perspectivas>. Acesso em: 30 mar. 2025.

PADILHA, Jessé Luís; MESQUITA, André Luiz Amarante. **Waste-to-energy effect in municipal solid waste treatment for small cities in Brazil**. Energy Conversion and Management, v. 265, p. 115743, 2022.

PELLEGRINO, Stefânia Aparecida Custódio. **Gestão de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte: sistematização de diretrizes e procedimentos**. 2003. 171 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.

PEREIRA, Carlos B. **Políticas Ambientais no Brasil: da redemocratização aos dias atuais**. 2019. Tese (Doutorado em Ciência Política) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

PISANO, Viviane; DEMAJOROVIC, Jacques; BESEN, Gina Rizpah. **The Brazilian National Solid Waste Policy: perspectives of the waste pickers' cooperative networks**. Ambiente & Sociedade, v. 25, 2022.

PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS. **Projeto NovaGerar - Geração de energia e crédito de carbono.** Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/aproveitamento-energetico-do-gas-de-aterro-no-brasil>. Acesso em: 1 abr. 2025.

POZZETI, Valéria; CALDAS, Ricardo. Articulação entre políticas de habitação e meio ambiente: desafios para o planejamento urbano integrado em áreas de expansão metropolitana. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, e20180126, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/qQ8hY7JpP3N8cZ5fN4W3Q4g/>. Acesso em: 17 out. 2023. PREFEITURA DE GRAVATÁ. História. Gravatá, [2023]. Disponível em: <https://gravata.pe.gov.br/a-cidade/historia/>. Acesso em: 8 Jun. 2025

PREFEITURA DE GRAVATÁ. **Prefeitura de Gravatá inaugura refeitório para trabalhadores do aterro sanitário.** Gravatá, 5 mar. 2024. Disponível em: <https://gravata.pe.gov.br/prefeitura-de-gravata-inaugura-refeitorio-para-trabalhadores-do-aterro-sanitario/>. Acesso em: 7 Jun. 2025

PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil: 2017.** São Paulo, 2018. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 30 ago. 2019

QUEIROZ, José Henrique; PINTO FILHO, Jorge Luis. **Desafios dos municípios brasileiros de pequeno porte para atendimento à lei nº 12.305/2010.** Enciclopédia Biosfera, v. 19, n. 41, 2022.

RODRIGUES, Juliana. **Gestão e Política de Resíduos no Brasil: desafios e alternativas.** Revista Meio Ambiente, v. 9, n. 2, p. 41-56, 2023.

REATO, T. T. Impactos da interpretação sobre sustentabilidade e informações ambientais no Rio Grande do Sul: dados resultantes da aplicação de formulário do Projeto ATIA. **Revista Direito Mackenzie**, São Paulo, SP, v. 18, n. 3, e17289, 2024. <http://dx.doi.org/10.5935/2317-2622/direitomackenzie.v18n317289>. Acesso em: 5 jun. 2025.

REATO, Talissa Truccolo; GRANDO, Morgan Stefan. A influência da ótica ambiental do constitucionalismo latino-americano no direito humano ao meio ambiente. **Anais do Seminário Internacional em Direitos Humanos e Sociedade**, Criciúma, v. 2, p. 1-13, 01 abr. 2020. ISSN 2675-2808. Disponível em: <https://periodicos.unesc.net/ojs/index.php/AnaisDirH/article/view/5786>. Acesso em: 08 jun. 202

REIGOTA, Marcos. **O que é educação ambiental.** 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 2007.

Reis, L., Soares, R. M., & Coutinho-Silva, R. (2019). **Estudantes diante da problemática dos resíduos sólidos urbanos: uma experiência em um curso técnico em meio ambiente.** Ensino, Saúde E Ambiente, 12(2). <https://doi.org/10.22409/resa2019.v12i2.a21543>. Acesso em: 15 maio 2025.

RUFFATTO, J.; PAULI, J.; FERRÃO, A. R. **Influência do estilo de liderança na motivação e conflitos interpessoais em empresas familiares.** Revista de Administração FACES Journal, v. 16, n. 1, p. 29-44, 2017.

SALLES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental: em busca da sustentabilidade.** São Paulo: Editora Saraiva, 2013.

SACRAMENTO, Izabella Thaís. **Análise da percepção e do comportamento da comunidade acadêmica do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo em relação ao lixo e à coleta seletiva.** 2014. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/4462>. Acesso em: 17 out. 2023.

SALGADO, Eduardo Gomes. **Revista Gestão e Secretariado (GeSec)**, São Paulo, v. 14, n. 8, p. 14218-14240, 2023.

SANT'ANNA, Renato dos Santos. **14 anos da PNRS e fim dos lixões no Brasil: realidade ou horizonte distante.** Ministério Público do Paraná, [s.d.]. Disponível em: <https://mppr.mp.br/Noticia/14-anos-da-PNRS-e-fim-dos-lixoes-no-Brasil-realidade-ou-horizonte-distante>. Acesso em: 1 abr. 2025.

SANTOS JÚNIOR, José Ivan dos. **Aterro sanitário de Brasília: um estudo de caso sobre a estabilidade de taludes.** 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

SANTOS, Maria Lúcia dos; SANTOS, João Paulo dos. A importância da coleta seletiva na redução do volume de resíduos em aterros sanitários e o fomento à economia circular. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 1, n. 1, p. 45-57, 2014. SANTOS, F. B.; BARBOSA, A. R. **Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos: um olhar sobre as capacidades locais.** Revista de Políticas Públicas, v. 24, n. 2, p. 200-215, 2020.

SANTOS, Francisca Kennia; PINTO FILHO, Jorge Luís. **Revisão integrativa sobre a gestão ambiental de resíduos sólidos em pequenos municípios.** Enciclopédia Biosfera, v. 19, n. 41, 2022.

SEHNEM, S. , NDUBISI, N. O. , PRESCHLAK, D. , BERNARDY, R. J. , & SANTOS JUNIOR, S. (2020). Circular economy in the wine chain production: maturity, challenges, and lessons from an emerging economy perspective. Production Planning & Control, 31(11-12), 1014-1028. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1695914>. Acesso em: 15 maio 2025.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI). **Manual de biogás: tecnologias e aplicações.** Brasília, DF: SENAI, 2016.

SENKOWSKI, Sabrina Thais Vieira Santos. **Um estudo sobre a deposição dos resíduos sólidos no município de Formosa do Oeste e a educação ambiental.** 2014. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade

Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

SILVA, Christian Luiz da; FUGII, Gabriel Massao; BASSI, Nadia Solange Schimdt; SANTOYO, Alain Hernández. **O que é relevante para planejar e gerir resíduos sólidos? Uma proposta de definição de variáveis para a formulação e avaliação de políticas públicas.** Biblio3W: Revista Bibliográfica de Geografia e Ciências Sociais, v. 20, n. 1114, p. 1-25, 2015.

SILVA, Tássio de Almeida et al. Avaliação de práticas de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos utilizando análise multicritério. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 1005-1011, out. 2015.

SILVA, Hugo Nonato Vasconcelos. **Desenvolvimento econômico de Gravatá - PE: evolução e perspectiva.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2023.

SILVA, M. M. P. da. **Gestão ambiental e desenvolvimento sustentável: refletindo conceitos.** Portal do Meio Ambiente, v. 11, n. 1, p. 1-5, 2009.

SILVA, Marcelo Augusto da. **Aterros sanitários sustentáveis para pequenos municípios.** Revista Engenharia e Meio Ambiente, v. 13, n. 1, p. 78-87, 2016.

SILVA, Roberto Wagner Pedrosa da. **As contribuições da comunicação visual e semiótica para o desenvolvimento do brasão de Gravatá: um estudo de caso.** 2021. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Artes Visuais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Gravatá, 2021.

SILVA, Yan. **Clima em Gravatá PE, BR.** Clima Today, 2022. Disponível em: <https://clima.today/BR/PE/Gravata/marco.html>. Acesso em: 3 mar. 2025.

SIQUEIRA, T. M. O.; ASSAD, M. L. R. C. L. **Composting of municipal solid waste in the state of São Paulo (Brazil).** Ambiente & Sociedade, v. 18, n. 4, p. 243-264, 2015.

SIRVINSKAS, Luís Paulo. **Manual de direito ambiental.** 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

SINISA. **Saneamento.** 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/pmss/snis>. Acesso em: 13 mar. 2025.

SCHMITT, Jenifer et al. **A atuação do governo brasileiro em termos de sustentabilidade relacionando a Rio+ 20 (Conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável).** Relações Internacionais-Florianópolis, 2014.

SUSTENTÁVEIS. **Mercado de carbono: oportunidades para o setor de resíduos.** Brasília: IBEAS, 2021.

SZIGETHY, Antenor. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios**

tecnológicos, políticos e econômicos. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 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: 1 abr. 2025.

TAVARES, William. **BR-232: quilômetros de histórias.** Folha de Pernambuco, 2023. Disponível em: <https://www.folhape.com.br/noticias/br-232-quilometros-de-historias-e-desenvolvimento>. Acesso em: 6 mar. 2025.

TELLES, D. A. **Resíduos Sólidos: gestão responsável e sustentável.** São Paulo: Blucher, 2022.

TONETO JR, R.; SAIANI, C. C. S.; DOURADO, J. (ed.). **Resíduos Sólidos no Brasil - Oportunidades e Desafios da Lei Federal nº 12305 (Lei de Resíduos).** Barueri: Manole, 2014.

TRIBUNAL DE JUSTIÇA DE PERNAMBUCO (TJPE). **Justiça determina bloqueio de bens de ex-prefeito e empresários em Gravatá. G1 Caruaru e Região**, 10 set. 2015. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2015/09/justica-determina-bloqueio-de-bens-de-ex-prefeito-e-empresarios.html>. Acesso em: 8 Jun.2025

TRENNEPOHL, Letícia. **Resíduos sólidos e a efetividade da PNRS.** Revista de Direito Ambiental, v. 19, n. 3, p. 23-34, 2024.

UNIT - UNIVERSIDADE TIRADENTES. **Biogás: uma alternativa sustentável e econômica.** Aracaju: UNIT, 2022.

VALENÇA, Mariana Rabêlo. **A apropriação mercadológica da natureza na produção do espaço pelo turismo de segunda residência em Gravatá-PE.** Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais, v. 4, n. 1, 2015.

VANZIN, E. et al. **Análise da viabilidade econômica do uso do biogás de aterros sanitários para geração de energia elétrica: aplicação no aterro metropolitano Santa Tecla.** Fortaleza, CE: XXVI ENEGEP, 2008.

VAN ELK, A. G. The use of geosynthetics in landfills. In: GEO-DENVER 2007: NEW PEAKS IN GEOTECHNICS, 2007, Denver. Proceedings [...]. Reston: **American Society of Civil Engineers (ASCE)**, 2007. p. 1-15. (Geotechnical Special Publication, n. 159).

VILANOVA NETA, M. A. **Atlas de Saneamento 2011.** Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

WOLF, L.; CABRAL, P. M. F.; LOURENÇO, P. R. M. R. S. **O papel da liderança na eficácia de equipes de trabalho.** Revista Gestão & Tecnologia, v. 13. 2013.

YADA JÚNIOR, Milton Massayuki. **Proposta de aterro sanitário com**

reaproveitamento de materiais, efluentes e biogás. 2014. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/964>. Acesso em: 16 maio 2025.

ZANATTA, Eliane Limper; DIAS, Mariana Andreotti. **Gestão ambiental e desenvolvimento sustentável.** Centro Universitário Internacional Uninter, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://repositorio.uninter.com/handle/1/673>. Acesso em: 25 maio 2023.