

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL
ÁREA CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

CAMILLA RESENDE VIDIGAL

**ENCERRAMENTO DE LOCAIS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADA
DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: O CONTEXTO BRASILEIRO
FRENTE À PAÍSES DESENVOLVIDOS**

UBERLÂNDIA – MG
2024

CAMILLA RESENDE VIDIGAL

**ENCERRAMENTO DE LOCAIS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADA
DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: O CONTEXTO BRASILEIRO
FRENTE À PAÍSES DESENVOLVIDOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

Prof^ª. Dr^a. Adriane de Andrade Silva
Orientadora

UBERLÂNDIA - MG
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental
BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6717 - www.ppgmq.iciag.ufu.br - ppgmq@iciag.ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Qualidade Ambiental (PPGMQ)				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 01/2024, PPGMQ				
Data:	22 de janeiro de 2024	Hora de início:	14:00	Hora de encerramento:	17:15
Matrícula da Discente:	12112MQA002				
Nome da Discente:	CAMILLA RESENDE VIDIGAL				
Título do Trabalho:	ENCERRAMENTO DE LOCAIS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: O CONTEXTO BRASILEIRO FRENTE À PAÍSES DESENVOLVIDOS				
Área de concentração:	Meio Ambiente e Qualidade Ambiental				
Linha de pesquisa:	Monitoramento e Gestão Ambiental				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	EDUCAÇÃO AMBIENTAL E PROCESSOS AMBIENTAIS COMO FERRAMENTA PARA A QUALIDADE AMBIENTAL				

Reuniu-se por meio de web conferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ), assim composta: Prof.^ª Dr.^ª Adriane de Andrade Silva (Orientadora); Prof. Dr. Deusmaque Carneiro Ferreira (UFTM); Prof. Dr. Mário Sérgio da Luz (UFTM); e Prof. Dr. Marco Aurélio Soares de Castro (UNICAMP).

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa Prof.^ª Dr.^ª Adriane de Andrade Silva apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu à Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir a senhora presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Adriane de Andrade Silva, Professor(a) do Magistério Superior**, em 22/01/2024, às 17:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Deusmaque Carneiro Ferreira, Usuário Externo**, em 23/01/2024, às 10:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mário Sérgio da Luz, Usuário Externo**, em 23/01/2024, às 10:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marco Aurélio Soares de Castro, Usuário Externo**, em 23/01/2024, às 11:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5122235** e o código CRC **63D2A7B3**.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

V653e
2024 Vidigal, Camilla Resende, 1994-
 Encerramento de locais de disposição inadequada de resíduos sólidos
 urbanos [recurso eletrônico] : o contexto brasileiro frente à países
 desenvolvidos / Camilla Resende Vidigal. - 2024.

 Orientadora: Adriane de Andrade Silva.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
 Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental.
 Modo de acesso: Internet.
 Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.5219>
 Inclui bibliografia.
 Inclui ilustrações.

 1. Qualidade Ambiental. I. Silva, Adriane de Andrade, 1972-,
 (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
 graduação em Qualidade Ambiental. III. Título.

CDU: 502.175

 André Carlos Francisco
 Bibliotecário-Documentalista - CRB-6/3408

“Só se pode vencer a natureza obedecendo-lhe.”

Francis Bacon

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, exemplos de caráter, honestidade e trabalho, por formarem a pessoa que sou e me guiarem pelo caminho de Deus, do trabalho, da caridade e dignidade, e por presentearem minha vida com pessoas de igual qualidade. Minha eterna gratidão, amor e respeito.

Ao meu marido e sempre companheiro, obrigada por ser por sempre me apoiar, incentivar e amparar. Você me inspira a buscar cada vez mais para crescermos sempre, juntos.

Aos meus irmãos, obrigada por dividirem a vida comigo e partilharem das minhas conquistas.

Os agradecimentos são extensivos a todos os professores do programa de pós-graduação em Qualidade Ambiental, que durante esse período de formação mostraram-se disponíveis para orientar no que fosse necessário e a todos os demais que tive a honra de aprender ao longo de todo o percurso acadêmico para o meu desenvolvimento pessoal e científico.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo fomento, apoio financeiro e consolidação do programa de pós-graduação stricto sensu em Qualidade Ambiental e demais programas no Brasil.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), à Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPP-UFU), ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) e ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental – UFU pelo incentivo a pesquisa e ao desenvolvimento sustentável e ambiental.

	SUMÁRIO	Pág.
	Lista de Abreviaturas e siglas	6
	Lista de Figuras	8
	Lista de Tabelas	9
	Lista de Gráficos	10
	RESUMO	11
	ABSTRACT	12
1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	HISTÓRICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (GRSU)	14
2.2	RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	16
2.3	DESTINAÇÃO FINAL DE RSU	19
2.4	GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS	23
2.5	REVISÃO SISTEMÁTICA	27
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Etapa 1 – Levantamento e análise das legislações sobre o tema de encerramento de locais de disposição inadequada de RSU no contexto internacional	29
3.2	Etapa 2 – Levantamento e análise das Legislações Federais que regem o tema de encerramento de locais de disposição inadequada de RSU.	30
3.3	Etapa 3 – Levantamento e análise das Legislações Estaduais que regem o tema de encerramento de locais de disposição inadequada de RSU nos sites dos órgãos.	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	CONTEXTO INTERNACIONAL	31
4.2	CONTEXTO NACIONAL – DIRETRIZES FEDERAIS	43
4.3	CONTEXTO NACIONAL – DIRETRIZES ESTADUAIS	48
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTA DE AÇÕES	58
	REFERÊNCIAS	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

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

BDNAC – Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EPA – Environmental Protection Agency

EUA – Estados Unidos da América

FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais

GRSU – Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

MP – Ministério Público

OLUC – Óleos Lubrificantes Usados ou Contaminados

PERS – Plano Estadual de Resíduos Sólidos

PESB – Plano Estadual de Saneamento Básico

PLANARES – Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas

RCC – Resíduos da Construção Civil

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre Gestão dos Resíduos Sólidos

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TCE – Tribunal de Contas Estadual

UE – União Europeia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da metodologia de trabalho.....	29
Figura 2 – Mapa de disponibilidade de informações sobre as diretrizes de encerramento de lições.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das principais legislações ambientais federais – EUA.....	36
Tabela 2 – Tratamento ou disposição final utilizada por país da União Europeia.....	41
Tabela 3 – Quadro das estratégias listadas como parte da Diretriz 1A segundo Planares.....	46
Tabela 4 – Informações acerca da quantidade de áreas contaminadas por estado.....	47
Tabela 5 – Estados brasileiros que apesar de conterem citação sobre o tema no seu interior, não estipulam diretriz de encerramento ou de monitoramento.....	52
Tabela 6 – Estados brasileiros que apresentam o tema estudado em seus PERS e possuem alguma diretriz de encerramento ou de monitoramento.....	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Geração Diária de RSU no Brasil entre 2007 e 2022.....	17
Gráfico 2 – Estimativa da Composição Gravimétrica média dos RSU coletados no Brasil.....	18
Gráfico 3 – Proporção de áreas contaminadas por despejo irregular de RSU nos estados brasileiros.....	56

RESUMO

VIDIGAL, CAMILLA RESENDE. **Encerramento de locais de disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos: o contexto brasileiro frente à países desenvolvidos.** 2023. 68 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia – MG.

A destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) caso seja realizada de forma inadequada (em lixões ou aterros controlados) tem alto potencial de provocar problemas ambientais, entre eles a poluição do solo, da água e do ar, problemas sociais e de saúde, como contaminação com substâncias químicas, potencialmente tóxicas, carcinogênicas ou mutagênicas. O presente trabalho buscou contextualizar e estabelecer um panorama da situação atual do Brasil no que tange às deliberações quanto ao encerramento dos locais inadequados de disposição de RSU, bem como identificar a existência de diretrizes para tal no contexto internacional. Foram percorridas três etapas, sendo a primeira a organização de informações no contexto internacional por meio da busca de legislações, e a segunda e terceira no contexto nacional, analisando, respectivamente, as instâncias federal e estadual. Todas as buscas de documentos com informações a respeito do encerramento ou monitoramento de áreas com descarte irregular de RSU foram realizados em locais oficiais como sites oficiais do governo, normas técnicas e órgãos públicos entre junho e novembro de 2023. Os resultados demonstram que há uma deficiência enorme no Brasil no mapeamento de áreas contaminadas e mais ainda em áreas contaminadas por disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos. A partir da falta de transparência na identificação, conhecimento e estatísticas sobre a dimensão das áreas contaminadas, é fato e esperado que o problema seja agravado e não haja uma solução com diretrizes pré-estabelecidas que viabilizem uma eficaz tomada de ação e planejamento. Quanto aos estados, apenas 5 deles possuem algum conteúdo acerca de diretrizes de encerramento de locais de disposição inadequada de RSU, sendo eles Maranhão, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Rondônia e São Paulo. Já no contexto internacional, apesar do uso de aterros sanitários como disposição final de RSU ser preterida, ainda é uma solução utilizada principalmente nos EUA e países do leste europeu, no entanto, nestes países, existem diretrizes para o alcance de metas de não destinação a aterros que são estimuladas pela alta adesão de outras soluções como reciclagem e compostagem.

Palavras-chave: Resíduos; Destinação e Disposição final; Encerramento de lixões.

ABSTRACT

VIDIGAL, CAMILLA RESENDE. **Closure of inappropriate urban solid waste disposal sites: the Brazilian context compared to developed countries.** University of Uberlândia - MG.

It is known that final disposal of MSW carried out improperly (in Dumps or Controlled Landfills) has a high potential to cause a range of problems ranging from soil, water and air pollution to social and health problems such as contamination with potentially toxic, carcinogenic, or mutagenic chemical substances. The present work aimed to evaluate and establish an overview of the current situation in Brazil regarding the decision on the need to close inappropriate MSW disposal sites with the existence or not of guidelines for action. Information was sought on the subject in selected developed worldwide countries and at the national level, to analyze existing scenarios and propose possible strategies on the matter. During the study the three stages were covered, the first by the search for information in the international context through legislation, and the second and third the search in the national context, respectively in the federal and state context, through searches in legislation and entities. All searches for documents with information regarding the closure or monitoring of areas with irregular disposal of MSW were carried out at official sites such as official government websites, technical standards and public agencies, and the searches were carried out between June and November 2023. Results of the work show that there is a huge deficiency in Brazil in the mapping of contaminated areas and even more in areas contaminated by inadequate disposal of MSW. Based on the lack of knowledge and statistics on the quantity of contaminated areas, it is a fact and expected that the problem will be aggravated and there will be no solution with pre-established guidelines that would enable effective actions to be taken. As for the states, only 5 of them have some content about guidelines for closing sites with inadequate MSW disposal, such as Maranhão, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Rondônia e São Paulo. In the international context, although the use of landfills as final disposal is passed over, it is still a used solution mainly in the USA and Eastern European countries, however, in these countries there are guidelines and closure targets that are encouraged due to the high adherence of other solutions such as recycling and composting.

Keywords: waste; Destination; Final disposition; Open dumps closure.

1. INTRODUÇÃO

O descarte de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em lixões e aterros controlados já foi considerado como um mal necessário, porém há tempo as autoridades federais e estaduais têm o conhecimento e a regulamentação de que é necessário adotar uma destinação ambientalmente correta, sustentável e de acordo com o conhecido marco do saneamento, ou seja, a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 (Brasil, 2020). A produção de RSU é inevitável ao estilo de vida moderno e diretamente proporcional ao crescimento da população mundial e, portanto, deve ser destinado de maneira que promova o menor impacto ambiental possível. Após serem objeto de estudo de muitos trabalhos, sabe-se que a destinação final de cada tipo de resíduo requer cuidados específicos para que a saúde da população e a qualidade ambiental sejam protegidas. Uma vez destinados de forma inadequada, os RSU têm a capacidade de impactar de inúmeras formas o ambiente, poluindo os solos, as águas e a atmosfera, podendo resultar em diversos problemas para a coletividade e para o ecossistema como um todo.

As formas inadequadas de disposição de resíduos sólidos (lixões e aterros controlados) ainda estão significativamente presentes no Brasil. Com a Política Nacional de Resíduos Sólidos publicada pelo Governo Federal Brasileiro em 2010 (BRASIL, 2010), foi estabelecida uma meta para o encerramento destes locais. A princípio estabeleceu-se um prazo até 2014 para que todos os lixões do país estivessem encerrados, porém, após diversos questionamentos sobre o tema e dificuldades encontradas pelos municípios brasileiros.

O Novo Marco do Saneamento (Lei nº 14.026/2020; (BRASIL, 2020) estabeleceu novos prazos para o encerramento de lixões e aterros controlados até 2024, seguindo as seguintes etapas: até agosto de 2021 para regiões metropolitanas, até agosto de 2022 para cidades com mais de 100 mil habitantes, até agosto de 2023 cidades entre 50 e 100 mil habitantes e, finalmente, até agosto de 2024 cidades com menos de 50 mil habitantes. Para que tal meta seja alcançada é necessário que 53,9% dos municípios brasileiros alterem sua forma de destinação final de resíduos (PLANARES, 2022), ou seja, ainda há um grande desafio para um curto intervalo de tempo.

Portanto, o presente trabalho visou avaliar e estabelecer um panorama da situação atual do país, buscando verificar se existem diretrizes para que a meta seja alcançada no

Brasil e se há informações de como a erradicação de lixões foi alcançada em países desenvolvidos selecionados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HISTÓRICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (GRSU)

Resíduos sólidos urbanos (RSU) são as partes que sobram de processos derivados das atividades humanas e de processos produtivos como a matéria orgânica, o lixo doméstico, os efluentes industriais e os gases liberados em processos industriais ou por motores. Os RSU variam conforme os padrões de produção e consumo e na forma de reprodução do capital. Como reflexo da sociedade e do modelo econômico vigente, os bens e produtos são passíveis de um consumo exagerado, sendo rapidamente incorporados aos hábitos da sociedade, programados para uma vida útil reduzida (COOPER, 2004) e apresentam composição cada vez mais problemática em termos ambientais.

Ao avaliar uma perspectiva histórica a respeito dos RSU sabe-se que desde que há vida humana, há a presença e geração dos resíduos e, conseqüentemente, problemas com relação à disposição final deles. Na Idade Média as cidades fediam, e os resíduos e dejetos eram jogados em lugares periféricos, gerando ambientes sujos, poluídos e insalubres. Verifica-se também que desde a história antiga, além da prática do lançamento de resíduos a céu aberto e em cursos d'água, enterrava-se e usava-se o fogo para a destruição de restos inaproveitáveis (BROLLO e SILVA, 2001). E mais de mil anos depois não se pode dizer que essas práticas ficaram no passado.

Com a Revolução Industrial, no século XVIII, a urbanização intensificou-se em escala global, resultando em um crescimento desordenado das cidades com impactos ambientais variados. Assim como em outros assuntos relacionados à saúde da população e ao bom manejo do ambiente, a geração de materiais de consumo seguida da disposição de resíduos não recebeu a devida importância na época (SAHIMAA, 2015).

Somente após a Revolução Industrial que a discussão sobre a necessidade de buscar um desenvolvimento sustentável, onde considera-se o desenvolvimento de três âmbitos de extrema importância em conjunto: econômico, ambiental e social, ganhou mais espaço. O tema então começou a ser discutido, os problemas frente aos RSU

pontuados e notada a importância da disposição final dos resíduos na manutenção da saúde pública (RODRIGUES e REBELATO, 2005; SAHIMAA, 2015).

Com o passar dos anos, a crescente geração de resíduos sólidos tem se configurado em um dos maiores problemas da sociedade moderna (SOUTO *et al.*, 2013). Todos os bens de consumo têm, em sua composição, recursos naturais em diferentes etapas de seus ciclos de vida. Por isso, o consumo precisa ser minimizado e práticas alternativas de destinação final serem adotadas para que haja o reaproveitamento de resíduos sólidos e a sociedade se adeque ao modelo da economia circular, que substitui o conceito de fim-de-vida da economia linear, por novos fluxos circulares de reutilização, restauração e renovação. Num processo integrado, a economia circular é vista como um elemento chave para promover a dissociação entre o crescimento econômico e o aumento no consumo de recursos (WEF, 2014).

Algumas formas alternativas de destinação final de resíduos sólidos ambientalmente corretas e sustentáveis que são aderentes ao conceito de economia circular são a reciclagem e a compostagem. Ambas estão intimamente ligadas ao conceito de reutilização/reaproveitamento e, ao final do processo, transformam os resíduos sólidos em uma nova matéria prima ou produto.

Estratégias que visam melhorar a qualidade de vida da população e preservação do meio ambiente estão constantemente em debate e com isso o tema a respeito da disposição apropriada destes resíduos sólidos. A ampliação das melhores práticas administrativas e organizacionais leva a uma gestão sustentável, enquanto a racionalização das atividades centrais das organizações dedicadas à gestão de resíduos sólidos urbanos é um elemento crucial para uma gestão eficaz dos referidos resíduos, desde que envolva a população como parte do problema da geração, mas também como peça fundamental para a solução (ALVES & FARINA, 2018).

Hoje no Brasil não é possível falar de gestão de resíduos sólidos sem falar sobre o Novo Marco do Saneamento e das principais legislações que atuam sobre o setor de resíduos atualmente. Traçando uma linha do tempo das legislações atuais tidas como marcos referentes ao tema, primeiramente houve a promulgação da Política Nacional de Saneamento Básico, Lei Federal nº 11.445/2007, que dentre suas principais medidas incluiu as atividades de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos como componentes essenciais do saneamento básico. Em seguida, em 2010, foi promulgada a Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída pela Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, que

criou instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao país no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. E finalmente, em 2020, foi sancionado o Novo Marco do Saneamento Básico pela Lei nº 14.026/2020 que, têm como principais metas o alcance de 100% de destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos até agosto de 2024 e, até dezembro de 2033, uma cobertura de 90% de coleta e tratamento de esgoto e 99% de acesso à água potável (BRASIL, 2020).

Uma das mais importantes inovações legislativas trazidas pelo Novo Marco foi a definição de uma meta clara, concreta e objetiva de que todos os brasileiros tenham acesso ao saneamento pleno até 2033, além de um grande aprimoramento no embasamento legal para ampliar a participação do setor privado no setor visando a sustentabilidade econômico-financeira para viabilizar a prioritária universalização dos serviços, criando condições mais concretas e exequíveis para o cumprimento da política nacional de resíduos sólidos, Lei nº 12.305/2010 que segue sendo de extrema importância, no entanto, com poucos efeitos práticos

2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

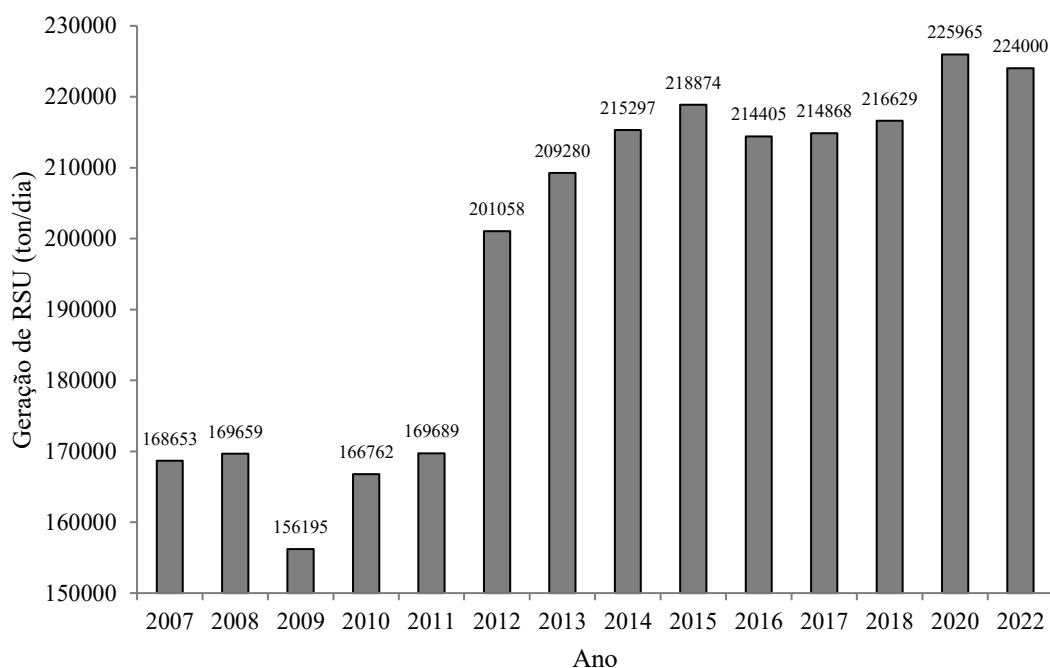
Em 2019 (ABRELPE, 2019) a geração de RSU cresceu em todo o país segundo dados de 2018/2019, quando foram geradas quase 217 mil toneladas/dia de RSU, ou 79 milhões de toneladas/ano, com aumento de quase 1% em relação ao ano anterior. Neste mesmo período, a população brasileira apresentou um crescimento de 0,40%, enquanto a geração per capita de RSU aumentou 0,39%, tendo alcançado 1,039 kg/hab/dia.

O Brasil continua a aumentar sua produção de resíduos, tendo alcançado aproximadamente 82,5 milhões de toneladas geradas no ano de 2020 (ABRELPE, 2020), com isso, cada brasileiro gerou naquele ano, em média, 1,07 kg de resíduo por dia.

De acordo com o Panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2022), a geração de RSU per capita no Brasil em 2022 foi de 1,043 kg/hab/dia. Dada a tendência de crescimento da economia nacional, o esperado é que esses valores aumentem no decorrer dos próximos anos, o que justifica a forte necessidade da existência de políticas públicas mais rigorosas para a regularização das condições de destinação final dos RSU, além de incentivo técnico e econômico para a reciclagem e para o reaproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos.

No ano de 2022, a geração de resíduos diária no Brasil foi de 224 mil toneladas, que totalizaram a quantidade de 81.811.506 toneladas de resíduos sólidos urbanos no referido ano (ABRELPE, 2022). No gráfico 1 é possível observar a evolução da geração diária de RSU do ano de 2007 a 2022, de acordo com os Panoramas dos Resíduos Sólidos no Brasil da Abrelpe, exceto os anos de 2019 e 2021 que não constam dados nos relatórios analisados.

Gráfico 1. Geração Diária de RSU no Brasil entre 2007 e 2022.



Fonte: Adaptado de Silva (2020).

A geração de RSU está diretamente ligada ao local em que as atividades humanas ocorrem, visto que é um resultado direto do processo de compra e consumo de diversos tipos de bens e produtos.

“Enquanto engenheira responsável pela empresa que realiza a coleta e destinação dos RSU de Uberlândia, foi possível observar no ano de 2020 um aumento considerável na geração desses resíduos na cidade, o que se pode inferir ser devido à pandemia do Covid-19, uma vez que com as medidas de quarentena e o consequente aumento do número de pessoas permanecendo em casa, resultou em uma maior geração de resíduos nesses locais, cujos são atendidos pelos serviços municipais de limpeza urbana.

Para haver uma melhor gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos dos municípios brasileiros, primeiramente, é preciso conhecer o que é gerado. A caracterização de resíduos sólidos urbanos se apresenta como uma ferramenta essencial para se definir o que fazer com eles, dimensionar a quantidade de RSU produzido em cada área e auxiliar no planejamento e no desenvolvimento de políticas para o dimensionamento de decisões para uma gestão integrada de resíduos sólidos (COMLURB, 2009).

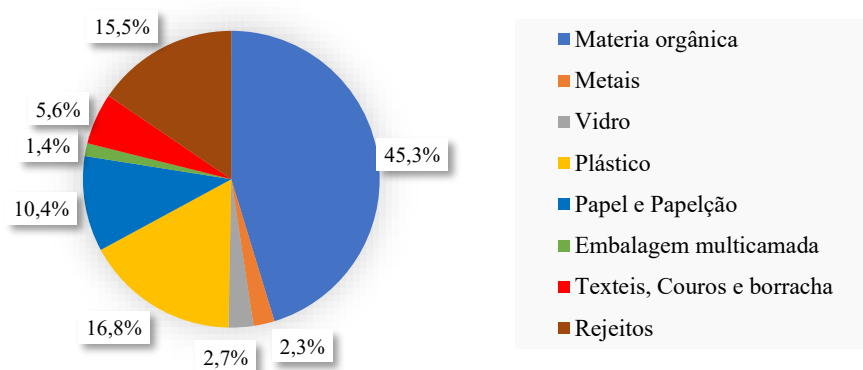
Segundo a ABNT- NBR 10.007/2004, a caracterização gravimétrica é a:

“determinação dos constituintes e de suas respectivas percentagens em peso e volume, em uma amostra de resíduos sólidos, podendo ser físico, químico e biológico”.

O conhecimento da composição gravimétrica permite uma avaliação preliminar da degradabilidade, do poder de contaminação ambiental, das possibilidades de reutilização, reciclagem, valorização energética e orgânica dos resíduos sólidos urbanos. Existe uma variação significativa no percentual dos principais componentes dos RSU de uma região para outra, o que, geralmente, está relacionado com os níveis de desenvolvimento econômico dessas regiões e com as práticas de reciclagem e os hábitos de desperdícios da sociedade. Em geral, a composição do RSU em locais menos desenvolvidos socioeconomicamente há uma maior quantidade de matéria orgânica quando comparada com locais mais desenvolvidos (TAVARES, 2008).

De acordo com o Panorama de Resíduos da Abrelpe, no Brasil, em 2022, a parcela de todos os resíduos sólidos gerada que poderia ser reaproveitada na reciclagem, ou seja, os resíduos recicláveis secos, somaram 33,6%, distribuídos conforme apresentado no Gráfico 2. Já a matéria orgânica que poderia ser destinada para compostagem ou biometanização foi responsável por 45,3% do montante e outros resíduos somam 21,1%, dentre os quais resíduos têxteis, couros e borrachas representam 5,6% e 15,5 %, principalmente, de rejeitos sanitários (ABRELPE, 2022).

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



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2020).

A Política Nacional Resíduos Sólidos foi criada com o intuito de mitigar danos ao meio ambiente decorrente a crescente geração de resíduos e visa, portanto, a de orientar nacionalmente as ações na gestão ambiental dos RSU, conforme o art. 4º da Lei 12.305/2010:

“A Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com os Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vista à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.”

Apresentando seus objetivos, a PNRS inovou ao regulamentar a priorização de produtos reciclados e recicláveis nas aquisições e contratações governamentais, integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto, rotulagem ambiental e consumo sustentável (BRASIL, 2010a).

2.3 DESTINAÇÃO FINAL DOS RSU

Acompanhando a alta geração de RSU, a destinação final destes resíduos deve ser realizada de maneiras adequadas, a fim de mitigar o impacto no meio ambiente e na saúde

da população. Como forma de estipular saídas para o problema na gestão de resíduos sólidos no país, a Lei 12.035 (2010) que instituiu a PNRS no inciso VII do artigo 3º, definiu formas para uma destinação ambientalmente adequada. Dentre elas englobam: a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes, como a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar impactos ambientais adversos.

O aumento de aproveitamento dos resíduos sólidos, por meio de processos como reciclagem e compostagem, além de ampliar a vida útil dos aterros sanitários, auxilia em questões ambientais e segue os preceitos da PNRS (BRASIL, 2010).

O reaproveitamento de materiais pela indústria da reciclagem tem gerado um faturamento próximo a dez bilhões de reais por ano. Ainda assim, materiais aproveitáveis que valem mais de oito bilhões de reais por ano têm sido destinados em aterros sanitários (controlados ? e lixões?) (CEMPRE, 2015).

Apesar de ainda não ser muito realizada no Brasil, a destinação de RSU para a produção de energia já acontece em várias partes do mundo. Devido ao alto custo do seu processo, a incineração também é um processo de destinação de RSU ainda pouco utilizado no Brasil, estando restrito aos resíduos classificados como perigosos (SOARES *et al.*, 2017). Porém, segundo a Frente Brasil de Recuperação Energética de Resíduos (FBRER, 2020), a estimativa é que o setor de resíduos irá requerer cerca de R\$ 15 bilhões de investimentos a partir da implantação de diferentes tecnologias nos próximos dez anos para fomentar a recuperação energética.

Já a tecnologia de biometanização dos RSU geralmente é empregada em Plantas de Tratamento Mecânico-Biológico. Nestas unidades, os RSU são submetidos a processos manuais e mecanizados de triagem para recuperação de materiais recicláveis e tratamento da fração orgânica dos resíduos. A fração orgânica é direcionada a processos biológicos de tratamento para estabilização, geralmente via biometanização ou a compostagem acelerada (ARCHER *et al.*, 2005).

O tratamento dado aos RSU no Brasil está muito aquém aos adotados pelos países desenvolvidos, e ainda causa muitos impactos ambientais, econômicos e sociais negativos. Nestes países o maior foco é zerar a utilização do método de disposição final em aterros sanitários ? como forma de destinação final dos RSU (SOARES *et al.*, 2017).

Em contrapartida no Brasil, a forma de destinação final mais utilizada é justamente a disposição final no solo. Todavia, é importante visualizar a disposição final como alternativa apenas aos rejeitos, isto é, para aqueles resíduos sólidos que já não apresentam mais nenhuma possibilidade de tratamento ou recuperação, que não seja a disposição final em aterros sanitários. Portanto, a destinação final ambientalmente adequada no solo é a última opção na escala de destinação de resíduos, sendo necessário viabilizar avanços nas demais formas consideradas pela PNRS.

No caso desta disposição final, há duas formas possíveis de ser realizada a destinação final de RSU: a ambientalmente adequada e a ambientalmente inadequada. Em ambas os resíduos são dispostos no solo, porém na primeira há a preocupação com compostos lixiviados gerados (coleta e tratamento), impermeabilização de base, resultando em construções preparadas para tal, diferentemente da segunda via.

Na forma inadequada, existem os lixões ou os aterros controlados, onde os RSU têm alto potencial de provocar uma gama de problemas que vão desde a poluição do solo, da água e do ar a problemas sociais e de saúde, como contaminação com substâncias químicas, potencialmente tóxicas, carcinogênicas ou mutagênicas (GUTBERLET *et al.*, 2017).

Em lixões, uma parte do material em decomposição origina o chorume, líquido que percola no solo e atinge águas subterrâneas ou escorre superficialmente atingindo córregos e rios. Este é o pior cenário imaginável, com a descarga dos resíduos sólidos sem quaisquer medidas de proteção ao ambiente ou à saúde pública (BIDONE & POVINELLI, 1999). Atualmente os lixões são proibidos e configuram crime ambiental (PLANARES, 2022).

Semelhantes aos lixões, os aterros controlados também são áreas de despejo de resíduos sólidos sem a estrutura necessária, ou seja, sem impermeabilização de base com geomembranas (manta PEAD 2 mm), porém nestes os resíduos sólidos recebem uma cobertura de material inerte diariamente (BIDONE & POVINELLI, 1999). Já nos aterros sanitários, além de haver uma impermeabilização de modo a proteger o solo e a água subterrânea de contaminações provenientes da degradação dos RSU, posteriormente, ao final de sua utilização, a área é coberta com uma camada de solo e com estruturas para adequada drenagem de gases e líquidos (...a referida drenagem não é só no final da utilização do aterro sanitário, desde a implantação e toda operação com construção de drenos verticais para luxo de gases e lixiviado das células superiores e drenos horizontais

para drenagem do lixiviado do aterro, além do tratamento (lagoas, queimadores, POA, ETE...). No final da construção, insere-se uma camada de cobertura para isolamento do aterro e controle da saída de gases e entrada de água (TCHOBANOGLIOUS & O'LEARY, 1994). Do ponto de vista técnico, os aterros controlados apresentam os mesmos problemas dos lixões, já que não atendem aos requisitos necessários para a proteção do meio ambiente contra danos e degradações (ABRELPE, 2022).

A utilização de aterros sanitários pode ser considerada uma técnica adequada para a disposição dos RSU no solo, sem causar danos à saúde pública, porém somente minimiza os impactos ambientais, não os elimina (CARVALHO & OLIVEIRA, 2010). Neste contexto, o impacto ambiental de aterros revestidos quanto não revestidos são reconhecidas fontes de contaminação de acordo com o fluxo de água subterrânea e lixiviado (STEFANIA *et al.*, 2019). Com isto, a avaliação do impacto de um aterro sobre águas subterrâneas é necessária devido ao abastecimento público de água (TENODI *et al.*, 2020).

Mesmo diante de todo impacto a quantidade de RSU dispostos no solo no Brasil é tão grande, que a capacidade dos sistemas tradicionais (aterros e lixões) estaria chegando ao seu limite, sendo necessárias alternativas para a destinação final dos bens após seu consumo, para minimizar seu impacto ambiental (GONÇALVES *et al.*, 2013). No entanto, o descarte inadequado de RSU ainda é realizado por muitos municípios brasileiros, e contribui diretamente com a poluição do meio ambiente e exige fiscalização e atuação punitiva dos poderes públicos em níveis estadual e federal (ABRELPE, 2016).

A fim de mitigar os problemas causados pelas formas inadequadas de disposição final de RSU, o governo brasileiro determinou que os lixões fossem eliminados até o ano de 2014, porém, devido as dificuldades encontradas pelos municípios tanto por investimento quanto por gerenciamento a determinação não foi atendida. Com isto, segundo a Lei 14.026, de 15 de julho de 2020, tal deliberação foi revogada, tendo o prazo para cumprimento alterado para até o ano de 2024.

Mesmo não sendo totalmente cumprido os prazos determinados inicialmente na PNRS, a situação da disposição de resíduos no Brasil vem melhorando gradualmente. Porém, apesar da evolução apresentada, ainda existem muitos problemas referentes à destinação final de resíduos no Brasil, principalmente em municípios de pequeno porte, com restrições financeiras. Segundo informações do Sistema Nacional de Informações sobre Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR) (2019), dos 2.487 municípios declarantes

(44,65% dos municípios brasileiros), 1807 municípios ainda possuem disposição final irregular em suas áreas.

Apesar da existência de várias técnicas de disposição de RSU, mesmo aquelas mais consolidadas, apresentam risco de poluição, como os aterros (DEMAJOROVIC *et al.*, 2005). Ao comparar com os lixões, o problema já é bem mais preocupante. Os lixões não possuem preparação nem acompanhamento ou controle do que é recebido no local, acarretando diversos problemas para o meio ambiente, principalmente para o solo e as águas subterrâneas devido à lixiviação de poluentes.

Dentro da temática da destinação final dos RSU, há uma preocupação maior quando o assunto são os resíduos contaminados. A partir de dados analisados do Planares (2022), é possível observar que o envio de resíduos sólidos contaminados para unidades de disposição final é uma realidade no país, apesar dos riscos de poluição ambiental e de contaminação de pessoas, com comprometimento da saúde pública. Tais resíduos contaminados abrangem originários de serviços de saúde, óleos lubrificantes usados ou contaminados, sucatas, plástico, entulhos, lâmpadas, pilhas e baterias, madeiras, material orgânico, além de defensivos agrícolas também.

Ao citar os problemas causados pelos óleos lubrificantes usados ou contaminados (OLUC), um litro de OLUC tem a capacidade de contaminar mais de 1 milhão de litros de água. Além disso, estes produtos também possuem diversos elementos tóxicos, tais como também metais potencialmente tóxicos que podem causar graves problemas à saúde (PLANARES, 2022).

A contaminação dos solos por vazamentos de óleos como o diesel, de soja e lubrificantes podem acontecer de várias maneiras. A contaminação pelo óleo diesel pode ocorrer devido principalmente por vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneos em postos de combustíveis, acidentes envolvendo veículos transportadores e falhas mecânicas ou humanas nas operações de descarga (DIEMER *et al.*, 2010). Tais resíduos sólidos são contaminantes de extrema importância quando o assunto são as áreas contaminadas no Brasil.

2.4 GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS POR RESÍDUOS SÓLIDOS

Apesar das Leis, instruções normativas e todas as outras determinações legais, a destinação inadequada de resíduos sólidos urbanos está presente em todos os estados brasileiros. Em um panorama geral dos resíduos sólidos no país, áreas de disposição

inadequada de resíduos como lixões e aterros controlados, ainda seguem em operação em todas as regiões do país e receberam 39% do total de resíduos coletados no ano de 2022, alcançando um total de 29,7 milhões de toneladas com destinação inadequada (ABRELPE, 2022).

Reconhecidamente, áreas contaminadas como os lixões, geram elevados prejuízos ambientais que abrangem o meio físico e a economia, sendo necessária uma gestão adequada para que possam ser declaradas aptas para sua função natural original ou para uma função específica a ser indicada. Para realizar a recuperação dessas áreas e remediar as contaminações por poluentes, técnicas de remediação deliberadas em legislações como as do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, devem ser aplicadas.

Neste propósito, em 2009, o governo federal através do Conselho Nacional do Meio Ambiente publicou a resolução CONAMA nº 420, que trata especificamente sobre áreas contaminadas e dispõe sobre valores orientadores de qualidade do solo, além de estabelecer diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas.

Tal resolução dispõe, também, entre outras diretivas, sobre a criação do BDNAC, Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas, com a finalidade de publicar informações sobre áreas contaminadas e suas características, através dos dados disponibilizados pelos órgãos e entidades estaduais de meio ambiente. Nela, o foco é o gerenciamento fundamentado em riscos, onde a saúde humana deve ser priorizada, visto que, a maior parte das áreas contaminadas situa-se em contexto em que há presença de pessoas (CONAMA, 2009).

No artigo 38 da referida resolução é tratada da obrigatoriedade, por parte dos órgãos ambientais estaduais de “dar publicidade principalmente em seus portais institucionais na rede mundial de computadores, às informações sobre áreas contaminadas identificadas e suas principais características” através da instituição de procedimentos, ações de investigação e de gestão, que contemplem as etapas de: Identificação; Diagnóstico e Intervenção (CONAMA, 2009).

Com isso, se faz necessária a utilização de técnicas que possibilitem tal intervenção, sendo a remediação uma das ações de tratamento para reabilitação da área contaminada, que consiste na aplicação de técnicas, visando a remoção, contenção ou redução das concentrações de contaminantes.

Embora a ocorrência de lixões no mundo seja antiga, nos países desenvolvidos eles são proibidos e já foram remediados há muitos anos, porém os países em

desenvolvimento ainda estão em fase de implementação de suas políticas públicas sobre resíduos sólidos, como o Brasil, que enfrenta dificuldades para eliminar seus lixões. Isso implica na necessidade da adoção de estratégias e/ou ferramentas que facilitem a eliminação dos lixões de RSU, sobretudo para municípios de pequeno porte, que constituem a maior parcela dos casos e tendem a ser desprovidos de corpo técnico especializado na gestão de RSU (BOYER et al., 1999).

A remediação como ferramenta de recuperação de área degradada é uma estratégia que pode ser adotada para contribuir e facilitar o encerramento de lixões, dependendo do uso final pretendido para o local. A remediação é a aplicação de uma técnica ou um conjunto de técnicas no local contaminado, promovendo a descontaminação da área, de forma total ou parcial e garantindo o uso futuro da mesma com limites aceitáveis pela legislação do risco à saúde humana (AREND *et al.*, 2011).

2.4.1 TÉCNICAS DE REMEDIAÇÃO

Os processos de remediação devem ser baseados no conhecimento das propriedades dos contaminantes, nas características geológicas e hidrogeológicas da área, no tempo disponível para o processo, na extensão da contaminação, nos mecanismos de transporte, no caminho percorrido e na profundidade do lençol freático (SUGIMOTO, 2004).

De acordo com Riyis (2017), o bom desempenho na aplicação das técnicas de remediação de áreas contaminadas está sujeito à quatro itens: ao diagnóstico do meio físico, a escolha da técnica ou da combinação mais eficiente, a geologia da área e ao tipo de contaminante.

As técnicas de remediação podem ser passivas ou ativas. Na passiva, os processos ocorrem sem a intervenção do homem, por meio da capacidade de recuperação natural do solo, como na atuação de bactérias que degradam os contaminantes em compostos de menor toxicidade. Na ativa, ocorre a interferência do homem no processo natural de degradação com a aplicação de técnicas de remediação (FREIRE, 2011).

Segundo Beli *et al.* (2005), as áreas de disposição de resíduos, quando desativadas, encontram-se, invariavelmente, degradadas e necessitam, portanto, da elaboração de um plano de recuperação, além do monitoramento ao longo dos anos para se avaliar a sua evolução.

Algumas técnicas de remediação em aterros levam em consideração três cenários principais de remediação, em ordem crescente de complexidade de implementação: 1) confinamento dos resíduos sólidos; 2) conversão em aterro sanitário e 3) retirada dos resíduos sólidos. Cada cenário possui um número variável de técnicas de remediação, que por sua vez possuem também um número variável de critérios de escolha (JOSEPH *et al.*, 2008). Os autores citam ao todo dezesseis técnicas de remediação e trinta e quatro critérios de escolha.

Uma das técnicas de remediação existentes é a biorremediação. Nela, o potencial microbiano para a degradação de contaminantes e recuperação ambiental são utilizados para a biorremediação dos contaminantes (BADZINSKI, 2018). Esta pode ser realizada através de bioaugmentação, bioestimulação ou atenuação natural monitorada (ANDRADE; AUGUSTO; JARDIM, 2010).

A biorremediação utiliza microrganismos capazes de reduzir ou eliminar os contaminantes, esta técnica vem se destacando como uma alternativa viável e promissora para o tratamento de solos contaminados por hidrocarbonetos (ANDRADE, 2010). Esta técnica tem se destacado por ser uma tecnologia limpa, de baixo custo e que utiliza a capacidade fisiológica que alguns organismos apresentam em degradar compostos (MACIEL; TAKAKI; GUSMÃO, 2010).

Christensen e colaboradores (2000) pontuaram que o princípio básico da atenuação natural é que os processos naturais no subsolo proporcionam uma redução de massa suficiente de poluentes críticos para que não exista nenhum risco substancial para os usuários de águas subterrâneas ou áreas de descarga a jusante.

Na atenuação natural, a biorremediação ocorre de forma passiva, sem nenhuma forma de intervenção humana, de maneira que apenas os microrganismos específicos do local tenham atuação na biodegradação dos compostos. A atenuação natural costuma iniciar lentamente, pois é necessário que os microrganismos nativos do solo se adaptem às novas condições na presença do contaminante. Microrganismos degradadores passam então a utilizar o contaminante orgânico como fonte alternativa de carbono e energia na produção de biomassa, ocasionando a redução da concentração do contaminante ao longo do tempo (SOUZA, 2013; MEYER, 2015).

A atenuação natural compreende um trabalho de remediação, que inclui uma variedade de processos físicos, químicos e biológicos, os quais, dentro de condições favoráveis, permitem a redução de massa, toxicidade, mobilidade, volume ou

concentrações de contaminantes no solo ou água subterrânea sem intervenção humana (GUSMÃO, 2010).

Este processo ocorre naturalmente em qualquer área contaminada, com variável grau de eficiência, dependendo dos tipos e concentrações de contaminantes presentes e dos processos físicos, químicos e biológicos característicos do solo e da água subterrânea (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1999).

Contudo, este processo natural pode ser limitado pela falta de nutrientes, elétrons receptores ou ambos (THOMAS; WARD, 1989). Em muitos locais, o processo de biodegradação fica limitado às zonas periféricas da área contaminada, pois a presença de contaminante em elevadas concentrações torna o ambiente extremamente hostil à proliferação de micro-organismos (WILSON; JONES, 1993; RABUS; HEIDER, 1998).

Como os prazos geralmente associados à atenuação natural são longos e as evidências fornecidas são principalmente circunstanciais, o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas em declive é geralmente exigido após a implementação da atenuação natural como salvaguarda para os usuários das águas subterrâneas e habitats ecológicos em áreas de descarga (CHRISTENSEN, *et al.*, 2000).

De acordo com Perelo (2010), na atenuação natural monitorada, a degradação do poluente orgânico presente no solo ocorre sem adequação de qualquer condição ambiental, onde a desestruturação do poluente é realizada pelos micro-organismos nativos do local, devido à adaptação natural destes à presença do contaminante. Esses micro-organismos passam, então, a utilizar o composto orgânico poluente como fonte de carbono, ocasionando assim uma redução da sua concentração ao longo do tempo. Nesse sistema não só os processos biológicos estão envolvidos, mas também, processos físicos e químicos podem ser responsáveis pela redução da concentração do poluente (BEZERRA, 2009).

Existem diversos procedimentos de monitoramento de áreas sob atenuação natural, como análises químicas em amostras de águas subterrâneas e solo, medições de gás no solo, medições de gases emanados do aquífero em poços de monitoramento, além da aplicação de métodos geofísicos (GUSMÃO, 2010).

Vários estudos geofísicos têm sido desenvolvidos envolvendo a contaminação do meio físico em subsuperfície por derivados de petróleo. O uso desta ferramenta em estudos ambientais é baseado em alterações nas propriedades físicas resultantes da presença de contaminantes no ambiente geológico, em grande parte detectáveis por meio

do instrumental geofísico. As propriedades elétricas de solos e rochas são fortemente alteradas em presença de contaminantes como gasolina, álcool e diesel, em estado puro ou não diluído.

O gerenciamento de áreas contaminadas, objetiva reduzir, para níveis aceitáveis, os riscos a que estão sujeitos a população e o meio ambiente em decorrência da exposição às substâncias provenientes de áreas contaminadas. Com o auxílio de um conjunto de medidas que assegurem o conhecimento das características das áreas e dos impactos decorrentes da contaminação, pode-se realizar o manejo adequado até se definir as medidas cabíveis e aplicáveis para o encerramento do caso de contaminação (GU *et al.*, 2018).

2.5. REVISÃO SISTEMÁTICA

Uma revisão sistemática, assim como outros tipos de estudo de revisão, é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema. Esse tipo de investigação disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada.

As revisões sistemáticas são particularmente úteis para integrar as informações de um conjunto de estudos realizados separadamente sobre determinada terapêutica/intervenção, que podem apresentar resultados conflitantes e/ou coincidentes, bem como identificar temas que necessitam de evidência, auxiliando na orientação para investigações futuras (LINDE, 2003).

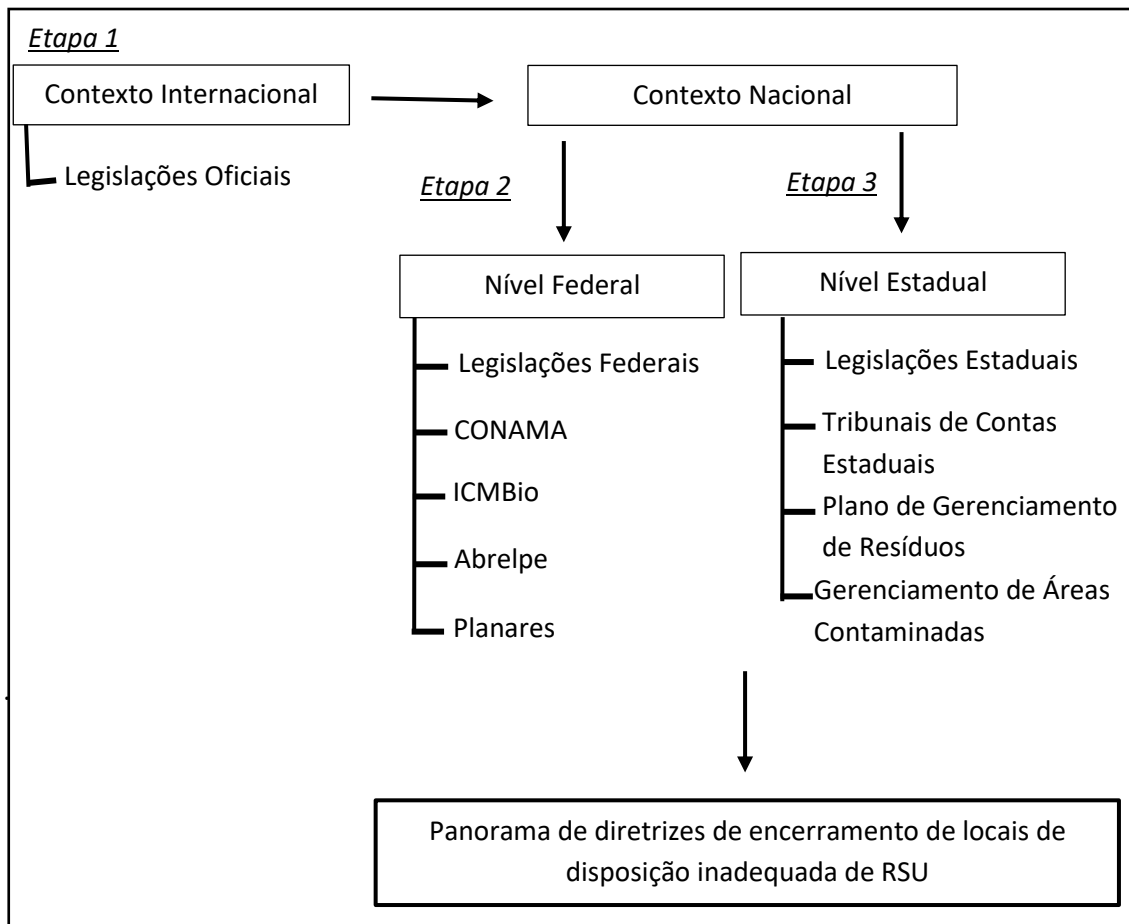
Para Cardoso *et al.* (2005), analisar pesquisas acadêmicas a partir do mapeamento em determinada área por meio de revisões sistemáticas é uma das formas de permitir a avaliação e a reflexão desses trabalhos e da área em questão.

De acordo com Donato (2019), uma revisão sistemática possui diversas vantagens ao ser comparada com uma revisão narrativa tradicional. A revisão narrativa, não sistemática, é normalmente mais rápida e fácil de levar a cabo, mas é subjetiva, portanto, propensa a um maior número de vieses e erros. Este tipo de revisão não descreve o processo de pesquisa da literatura, a seleção dos artigos ou a avaliação da qualidade dos estudos. Costuma ser parcial, representando a visão dos autores sobre o tema. Assim, descreve-se a seguir a metodologia de revisão sistemática para agrupar informações sobre a temática.

3.MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento do presente estudo foram desenvolvidas três etapas, exemplificadas na Figura 1, em que se buscou informações, legislações e políticas em sites oficiais da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos e da Comissão Europeia (instituição que propõe legislações, políticas e programas de ação e é responsável por aplicar as decisões aos países da união) para o contexto internacional (Etapa 1). No contexto nacional (Etapas 2 e 3) as buscas de documentos com informações a respeito do encerramento ou monitoramento de áreas com descarte irregular de RSU foram realizados nos órgãos ambientais oficiais a nível estadual e federal, e nas bases de dados do governo como o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS e Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos – SINIR, no decorrer dos meses de junho de 2023 a outubro de 2023, utilizando as palavras-chave: encerramento de lixões, destinação e disposição final de RSU, aterro controlado, diretrizes para encerramento de lixões, encerramento de locais de disposição inadequada de resíduos.

Figura 1: Fluxograma da metodologia de trabalho.



3.1 - Etapa 1 - Levantamento e análise das legislações sobre o tema de encerramento de locais de disposição inadequada de RSU no contexto internacional

Além disso, foi realizado um levantamento das legislações ambientais frente ao encerramento dos locais de disposição inadequada de resíduos sólidos no contexto internacional. Selecionou-se somente a avaliação nos Estados Unidos e a União Europeia (UE), em função de poderem ser considerado enquanto país e bloco econômico, respectivamente, com maiores avanços no manejo de RSU a nível internacional.

No contexto internacional, foram levantadas legislações voltadas para a destinação nos Estados Unidos, como: a Lei de Disposição de Resíduos Sólidos (SWDA - Public Law 89-272, 1965), a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (RCRA - Public Law 94-580, 1976), a Política Nacional de Meio Ambiente (NEPA: Public Law 91-190, 1975); e na União Europeia através do site da Comissão Europeia utilizando o buscador de legislações referentes a resíduos como: a Diretiva 1999/31/CE relativa à deposição de resíduos em aterros (CE, 1999), o Eurostat (Gabinete de Estatísticas da União Europeia) e de informações coletadas pelo relatório “What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050” elaborado pelo Banco Mundial (KAZA et al., 2018). Tanto para os EUA, quanto para a UE foram retiradas informações apenas de legislações de sites oficiais dos órgãos reguladores responsáveis.

3.2 - Etapa 2- Levantamento e análise das Legislações Federais que regem o tema de encerramento de locais de disposição inadequada de RSU.

A fim de localizar as Legislações Federais, no Brasil, foram realizadas busca sobre diretrizes para o encerramento de locais de disposição inadequada de RSU em diversas fontes: portal digital do Governo Federal; Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio) e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA).

Além destes, também foram buscadas informações sobre o tema presentes em outros documentos a nível Federal, tendo como fontes: Ministérios do Governo Federal; Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE); Normativas do CONAMA e Programas do Governo Federal.

Vale ressaltar, que os locais de disposição inadequada de RSU podem ser considerados áreas contaminadas ou passíveis de contaminação, foram realizadas buscas por informações e dados referentes a áreas contaminadas no país.

Nesse sentido, foram consultados o Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas (BDNAC) que centraliza informações sobre áreas contaminadas e suas principais características, conforme dados disponibilizados pelos órgãos e entidades estaduais de meio ambiente por meio do site: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/banco-de-dados-nacional-sobre-areas-contaminadas-bdnac> e o Planares - Plano Nacional de Resíduos Sólidos, disponível no site <https://sinir.gov.br/informacoes/plano-nacional-de-residuos-solidos/> através do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos – SINIR.

3.3 - Etapa 3 - Levantamento e análise das Legislações Estaduais que regem o tema de encerramento de locais de disposição inadequada de RSU nos sites dos órgãos.

Assim como a busca feita no âmbito federal, também foi realizada a busca por legislação estadual específica para resíduos sólidos que tivessem proximidade com o tema de encerramento das áreas com disposição final inadequada e/ou gerenciamento de áreas contaminadas. Também foi avaliado se o estado possuía Plano Estadual de Resíduos e se neste documento o tema era citado.

Outras fontes de buscas utilizadas foram: Ministérios Públicos Estaduais; Tribunais de Contas Estaduais e Governos Estaduais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONTEXTO INTERNACIONAL

O contexto internacional sobre as diretrizes para encerramento de locais de disposição inadequada de RSU foi analisado considerando países desenvolvidos, sendo selecionado os Estados Unidos, enquanto representante principal da América do Norte e o Bloco econômico da União Europeia, atualmente composta por 27 países, sendo eles: Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, República Tcheca, Chipre, Croácia, Dinamarca,

Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Hungria, Irlanda, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos, Polônia, Portugal, Romênia e Suécia.

4.1.1. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Nos Estados Unidos (EUA) a primeira lei ambiental federal surgiu em 1899, a Lei de Rios e Portos (Rivers and Harbors Act, 1899), na referida lei a questão dos resíduos foi tratada de modo a delegar ao Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA a regulação do despejo de detritos em vias navegáveis e áreas adjacentes, tornando ilícito lançar, descarregar ou depositar, ou causar, sofrer ou tentar ser lançado, descarregado ou depositado de ou para fora de qualquer embarcação (Office for Coastal Management, 1899).

Em 1965 foi criada a Lei de Disposição de resíduos sólidos (Solid Waste Disposal Act), um documento completo que possui 192 páginas e traz desde conceitos até formas de disposição por tipos de materiais, encerramentos de áreas inadequadas e marcou o início da legislação moderna sobre resíduos sólidos no país.

A referida lei trata do fechamento ou atualização/adequação de lixões, deliberando que cada estado deverá prever a eliminação de toda e qualquer instalação de disposição irregular de resíduos, contemplando medidas que eliminem prejuízos à saúde e eliminem potenciais riscos, estabelecendo que qualquer entidade, pública ou privada, que venha a fazer a gestão dos resíduos sólidos deve cumprir a proibição quanto aos lixões sob pena de multa severa e prever um cronograma de remediação para locais contaminados por resíduos, fazendo a atualização do lixão, incluindo uma sequência de ações e operações para transformá-lo em aterro (US Congress, 1965). O prazo estabelecido para tais adequações foi de até 5 anos a partir da data da publicação, ou seja, até 1970.

A Lei de Disposição de resíduos sólidos sofreu alterações após a promulgação da Lei de Recuperação de Recursos (Resources Recovery Act, 1970), que mudou o foco a disposição de resíduos para a adoção da iniciativa de reciclagem e recuperação energética dos resíduos sólidos. A responsabilidade pela aplicação destas leis cabia, até então, ao Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos (U.S. Public Health Service), contudo, esse órgão foi substituído pela Agência de Proteção Ambiental (Environmental Protection

Agency – EPA), que foi criada para ser a principal agência de controle dos danos causados à poluição do ar, da água e dos recursos terrestres no país (GARRIK, 2004).

A sentença de morte dos lixões a céu aberto no país iniciou de fato em 1976, a partir da promulgação da norma federal conhecida como Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act – RCRA).

De acordo com a EPA, apenas 4 anos após a publicação da RCRA e suas principais disposições entrarem em vigor, o número de lixões nos Estados Unidos diminuiu quase pela metade comparando os anos de 1980 e 1976. Esta é a legislação que define a prática de gestão dos resíduos sólidos urbanos nos Estados Unidos atualmente e que, juntamente com a Lei de Disposição de Resíduos de 1965, proibiu os lixões a céu aberto em todo o país e implantou a necessidade de um planejamento regional para uma efetiva gestão dos resíduos (US Congress, 1976).

Além da Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (RCRA) e a Lei de Disposição de Resíduos, outras legislações foram de extrema importância para a destinação ambientalmente adequada nos Estados Unidos, sendo elas: Política Nacional de Meio Ambiente de 1969 ([chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-10352/pdf/COMPS-10352.pdf](https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-10352/pdf/COMPS-10352.pdf)), que tornou obrigatória a elaboração do Environmental Impact Statement (equiparado ao Estudo de Impacto Ambiental – EIA no Brasil) para empreendimentos que causem impacto ambiental e implementou a elaboração de um relatório anual sobre a situação dos resíduos sólidos no país (US Congress, 1969); Lei do Ar Limpo de 1970 (<https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-text>), que regulamentou as emissões atmosféricas de incineradores e aterros de RSU e também as emissões odoríferas de instalações de compostagem de RSU (US Congress, 1970); e Lei de Prevenção à Poluição de 1990 (<https://www.epa.gov/p2/pollution-prevention-act-1990>) que atua na diminuição da quantidade de aterros sanitários no país (US Congress, 1990).

Em 1980 a Lei de Responsabilidade e Compensação Ambiental (Environmental Response Compensation and Liability Act, 1980) criou um fundo para realização de limpeza e recuperação de áreas contaminadas por resíduos sólidos e/ou perigosos. Esse fundo deu à EPA uma poderosa ferramenta para responsabilizar os envolvidos e arcar com os custos de recuperação de áreas e ações de limpeza e para o cumprimento da Lei

de Conservação e Recuperação de Recursos, que procurou fechar os lixões a céu aberto e regulamentar a gestão de resíduos sólidos e perigosos (US Congress, 1980).

De acordo com a Environmental Protection Agency (EPA, 2020), os EUA chegaram a ter 19 mil lixões que, ao longo das décadas, foram sendo substituídos paulatinamente por aterros sanitários, daí a importância de se ter uma legislação federal dê embasamento legal para que os estados penalizem os descartes irregulares, de acordo com suas particularidades, e multe pesadamente os responsáveis por abrirem ou manterem os lixões.

Com relação aos aterros sanitários, pode-se dizer que ainda são uma das principais formas de destinação final de resíduos nos EUA, que conta atualmente com 2.637 aterros espalhados ao longo de todos os 50 estados da federação (EPA, 2023).

Os aterros sanitários dos EUA são regulamentados pela Agência de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency – EPA) e os aterros municipais de resíduos sólidos devem ser projetados com controles ambientais e relatar certas medidas de desempenho, como a geração de metano, bem como a qualidade do ar, da água e do solo.

A EPA também é responsável por criar regulamentos e aplicar as normas ambientais federais que apresenta as metas a serem alcançadas e são referência para todos os estados e municípios, que a partir das leis federais, criam suas legislações de acordo com as particularidades de cada local, bem como as medidas de penalidade e punição para o descumprimento das diretrizes estipuladas, ou seja, cada distrito tem o livre arbítrio de desenvolver o plano de ação e modelar a forma como as metas devem ser atingidas.

Conforme dados do relatório What a Waste 2.0 do World Bank Group (2018), a composição dos resíduos sólidos urbanos é diversa e varia muito de um local para outro. Segundo o relatório, uma particularidade da América do Norte é que a composição dos resíduos, ao contrário de outras regiões em que os resíduos alimentares e verdes representam menos de 30% do fluxo total de resíduos, mais de 55% dos resíduos são recicláveis secos com composição de papel e papelão representando 28% do total de resíduos e plástico 12%. Essa composição gravimétrica possibilita que sejam adotadas tecnologias de tratamento e destinação mais adequadas para cada tipo de resíduo visando o reaproveitamento e o menor impacto ambiental possível.

De acordo com dados da EPA, em 2018 das 146,1 milhões de toneladas de RSU que foram depositadas em aterros sanitários nos EUA o maior componente foram restos

de comida (24%), os plásticos representaram mais de 18%, o papel e papelão cerca de 12% e a borracha, o couro e os têxteis representaram mais de 11% (EPA, 2018).

De acordo com dados de 2018 da Environmental Protection Agency no relatório “National Overview: Facts and Figures on Materials, Wastes and Recycling” (EPA, 2018), a destinação final de RSU nos Estados Unidos se dá nas seguintes proporções: 50% em aterros sanitários, 23,6% são reciclados, 8,5% são compostados, 11,8% são incinerados com ferramentas para que seja feito o reaproveitamento energético e 6,1% vão para outros tipos de tratamentos.

Nos Estados Unidos, assim como no Brasil, a limpeza urbana incluindo as ações de varrição de ruas, coleta de lixo, transporte, recuperação e disposição final são de responsabilidade dos departamentos municipais de saneamento (City Departments of Sanitation), promovendo a descentralização da responsabilidade da gestão dos resíduos que, para tal, praticam a cobrança de taxas consistentes para garantir viabilidade econômico-financeira da prestação do serviço; dificuldade que é encontrada nos países com alto índice de disposição inadequada de resíduos sólidos.

Após mais de 50 anos da ação de legislações atuantes sobre a destinação adequada de resíduos nos EUA, não foram encontrados registros nos bancos de dados da EPA quanto à quantidade de lixões e/ou aterros controlados em funcionamento no país. No entanto, a EPA ainda realiza o gerenciamento de áreas contaminadas e possui diretrizes para realizar o encerramento de áreas de lixão e/ou aterro controlado onde devem ser considerados requisitos específicos para cuidados pós-fechamento, que consistem em manter a integridade e a eficácia do sistema de cobertura final; sistema de coleta de lixiviados; sistema de monitoramento de águas subterrâneas e sistema de monitoramento de gás metano, uma vez que compreendem a necessidade de que essas áreas sejam remediadas para garantir a proteção ambiental e à saúde.

As áreas contaminadas que se encontram sob supervisão da EPA são locais contaminados por manuseio ou descarte inadequado de materiais e resíduos tóxicos e perigosos, locais onde materiais tóxicos possam ter sido depositados como resultado de desastres naturais ou atos de terrorismo, e locais onde o manuseio inadequado ou acidentes resultaram na liberação de materiais tóxicos ou perigosos que não são resíduos sólidos.

Em 2017, a EPA (2017) relatou supervisionar aproximadamente entre 640.000 e 1.319.100 instalações para evitar liberações de poluentes nas comunidades. Os locais são categorizados de várias maneiras, muitas vezes com base no nível e tipo de contaminação e nos regulamentos sob os quais são monitorados e limpos. Apesar de haver a indicação destas áreas, a EPA não foi encontrado nenhum documento padrão para fazer a recuperação delas.

De acordo com o Relatório Ambiental de Áreas Contaminadas da EPA (EPA, 2023), as lacunas de dados sobre áreas contaminadas decorrem de uma variedade de fatores e desafios, incluindo as responsabilidades multijurisdicionais de identificar, gerenciar e remediar áreas contaminadas, visto que a responsabilidade não é apenas federal.

Na Tabela 1 é possível verificar um resumo das principais legislações ambientais federais que atuam diretamente sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos nos Estados Unidos. De acordo com Garrik (2004), diversas outras regulamentações federais afetam indiretamente a gestão de RSU, bem como as legislações estaduais, cuja maioria adota os mesmos padrões ou excedem os exigidos na legislação federal de origem.

Tabela 1: resumo das principais legislações ambientais federais – EUA

Tipo	Assunto	Ano	Dispõe Sobre	Principais Implicações na Gestão de Resíduos	Referências
Legislação	Lei de Rios e Portos - Rivers and Harbors Act	1899	Impôs a obrigação de pessoas e entidades obterem licença para determinadas atividades envolvendo águas navegáveis nos Estados Unidos.	Definiu que o Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA faria o controle e regulação do despejo de detritos em vias navegáveis e áreas adjacentes.	https://www.fisheries.noaa.gov/inport/item/59646
Legislação	Lei de Disposição de Resíduos Sólidos - Solid Waste Disposal Act	1965	Conceitos e formas de disposição por tipos de materiais, sendo o marco para o encerramento de áreas inadequadas de disposição final de resíduos.	Foi a primeira legislação a de fato tratar sobre a destinação adequada dos resíduos sólidos e marcou o início da legislação moderna sobre o tema no país.	chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-893/pdf/COMPS-893.pdf
Legislação	Política Nacional de Meio Ambiente - National Environmental Policy Act	1969	Exige que as agências federais avaliem os impactos ambientais de suas propostas antes da tomada de decisões.	Tornou obrigatória a elaboração do Environmental Impact Statement (equiparado ao Estudo de Impacto Ambiental no Brasil) para empreendimentos que causem impacto ambiental e a elaboração de um relatório anual de resíduos sólidos no país.	chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-10352/pdf/COMPS-10352.pdf
Órgão	Environmental Protection Agency - Agência de Proteção Ambiental	1970	Agência federal de controle dos danos causados à poluição do ar, da água e dos recursos terrestres no país.	Desenvolver e aplicar regulamentos, fornecer subsídios para programas e projetos ambientais, identificar e propor soluções para questões ambientais, realizar parcerias com patrocinadores para proteger o meio ambiente, idealizar programas de educação ambiental e publicar informações referentes ao tema.	https://www.epa.gov/

Legislação	Lei de Recuperação de Recursos - Resources Recovery Act	1970	Alterou a Lei de Disposição de Resíduos Sólidos e visou fornecer assistência técnica e financeira para o desenvolvimento de planos para a recuperação energética e adoção de outros recursos para materiais descartados, além de regular a gestão de resíduos perigosos.	Mudou o foco a disposição de resíduos para a adoção da iniciativa de reciclagem e recuperação energética dos resíduos sólidos.	chrome-extension://efaidnbmnnnibpc ajpcglclefindmkaj/https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-90/pdf/STATUTE-90-Pg2795.pdf
Legislação	Lei do Ar Limpo - Clean Air Act	1970	Define as responsabilidades da EPA para proteger e melhorar a qualidade do ar do país e proteger a camada de ozônio.	Regulou as emissões atmosféricas das instalações de tratamento e disposição final de RSU.	https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/clean-air-act-text
Legislação	Lei de Conservação e Recuperação de Recursos - Resource Conservation and Recovery Act	1976	É uma combinação dos primeiros estatutos federais de resíduos sólidos e todas as alterações subsequentes, que descrevem o programa de gestão de resíduos determinado pelo Congresso, desenvolvido pela EPA.	Definiu os RSU, estabeleceu padrões para os aterros sanitários e estabeleceu diretrizes de plano de gestão regionais e estaduais, fornecendo requisitos explícitos e legalmente aplicáveis para a gestão de resíduos.	https://www.epa.gov/rcra/resource-conservation-and-recovery-act-rcra-regulations#nonhaz
Legislação	Lei de Responsabilidade e Compensação Ambiental - Comprehensive Environment Response Compensation and Liability Act	1980	Dispõe sobre a limpeza de locais contaminados com custos de recuperação sob estrita, conjunta e elevada responsabilização das partes envolvidas.	A EPA recebeu poderes para responsabilizar as partes envolvidas em qualquer tipo de contaminação e assegurar sua cooperação na limpeza do local. Além disso, foi criado um fundo para realização da recuperação de áreas contaminadas por resíduos sólidos e/ou perigosos	https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-comprehensive-environmental-response-compensation-and-liability-act

Legislação	Lei da Prevenção à Poluição - Pollution Prevention Act	1990	Estabeleceu dentro da EPA um departamento para promover a prevenção da poluição através da redução da geração.	Atua na diminuição da quantidade de aterros sanitários no país.	https://www.epa.gov/p2/pollution-prevention-act-1990
------------	--	------	--	---	---

Fonte: a Autora, 2024.

4.1.2 UNIÃO EUROPEIA

Atualmente na União Europeia há em vigência uma diretiva relativa à disposição de resíduos em aterros, a Diretiva 1999/31/EC (chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0850), que visa reduzir a geração de resíduos e a reutilização de produtos tanto quanto possível e aumentar drasticamente o percentual de reciclagem, compostagem e geração de energia a partir dos resíduos.

A UE estabeleceu um objetivo de 60 % para a reutilização e reciclagem de resíduos urbanos até 2030 (Diretiva 1999/31/EC, UE), meta que foi alcançada em 2020 pelos países: Áustria, Alemanha, Eslovênia e Bulgária (Parlamento Europeu, 2022). Ainda falando sobre a Diretiva 1999/31/EC, essa lei determinou a redução progressiva da disposição de matéria orgânica biodegradável diretamente em aterros sanitários, que deveria ser no máximo 35% da quantidade total dos resíduos biodegradáveis produzidos até o ano de 2016.

Tratando especificamente dos países da União Europeia (UE), informações do Parlamento Europeu (2022), afirmam que embora os resíduos urbanos representem apenas 27% dos resíduos produzidos anualmente na UE, existe uma meta ambiciosa de se reduzir a destinação para aterros para menos de 10% do montante gerado de RSU até o ano de 2035, objetivo que já é cumprido na Áustria, Luxemburgo, Dinamarca, Bélgica, Alemanha, Finlândia, Holanda, Eslovênia e Suécia.

A Alemanha é pioneira na adoção de medidas destinadas a equacionar a questão dos resíduos, iniciando os trabalhos de valoração do resíduo ainda na década de 1990, tendo sido, portanto, um dos primeiros países a introduzir políticas para limitar a quantidade de RS destinados aos aterros. Como resultado, em 2001 o país já reciclava 48% dos seus resíduos urbanos, aumentando para 62% em 2010, ano em que o percentual de aterramento já era de quase 0% (EEA, 2013), estando englobados nesse percentual os tratamentos de reciclagem e compostagem.

Porém, conforme a Tabela 2, a prática da deposição em aterro continua a ser popular nas partes a leste e sul da Europa. Dez países europeus depositam metade ou mais dos seus resíduos urbanos. Esta prática representa mais de 60% em países como Bulgária, Chipre, Croácia, Eslováquia, Grécia, Malta e Romênia; e em torno dos 50% em países como Espanha e Portugal (PARLAMENTO EUROPEU, 2022).

Cudjoe e colaboradores (2021), pontuaram que os aterros ainda são considerados o método mais econômico de descarte de resíduos, sendo provavelmente um dos pontos para ainda ser muito praticado em países em desenvolvimento, como no caso do Brasil.

Tabela 2: Tratamento ou disposição final utilizada por país da União Europeia

País	Aterro Controlado	Aterro Sanitário	Aterro Indeterminado	Reciclagem	Compostagem	Incineração	Outros	Sem Dados	Ano	Fonte
Alemanha			0,2%	47,9%	18,2%	31,7%		2,0%	2015	Eurostat 2017
Áustria			3,0%	25,7%	31,2%	37,9%		2,2%	2015	Eurostat 2017
Bélgica			0,9%	34,3%	19,1%	43,4%		2,3%	2015	Eurostat 2017
Bulgária			66,2%	19,0%	10,3%	2,8%		1,7%	2015	Eurostat 2017
Chéquia			52,6%	25,5%	4,2%	17,7%			2015	Eurostat 2017
Chipre			74,5%	13,3%	4,6%			7,6%	2015	Eurostat 2017
Croácia			79,8%	16,3%	1,7%			2,2%	2015	Eurostat 2017
Dinamarca			1,1%	27,3%	19,0%	52,6%			2015	Eurostat 2017
Eslováquia			68,7%	7,6%	7,3%	10,7%		5,7%	2015	Eurostat 2017
Eslovênia			22,6%	46,4%	7,7%	17,1%		6,2%	2015	Eurostat 2017
Espanha			55,1%	16,8%	16,5%	11,6%			2015	Eurostat 2017
Estônia		7,4%		24,7%	3,6%	51,4%		12,9%	2015	Eurostat 2017
Finlândia			11,5%	28,1%	12,5%	47,9%			2015	Eurostat 2017
França			25,7%	22,3%	17,3%	34,7%			2015	Eurostat 2017
Grécia			80,0%	19,0%	0,0%		1,0%		2014	Min. de Meio Ambiente
Holanda			0,9%	24,6%	27,1%	47,4%			2015	Eurostat 2017
Hungria			53,6%	25,9%	6,2%	14,2%		0,1%	2015	Eurostat 2017
Irlanda	41,0%			33,0%	6,0%	17,0%	2,0%	1,0%	2012	EPA, Irlanda
Itália			26,5%	25,9%	17,6%	19,0%		11,0%	2015	Eurostat 2017
Letônia			57,6%	21,2%	5,5%			15,7%	2015	Eurostat 2017
Lituânia			54,0%	22,9%	10,2%	11,5%		1,4%	2015	Eurostat 2017
Luxemburgo			17,6%	28,4%	19,7%	34,0%		0,3%	2015	Eurostat 2017
Malta		89,5%		6,7%		0,4%		3,4%	2015	Eurostat 2017
Polônia			44,3%	26,4%	16,1%	13,2%			2015	Eurostat 2017
Portugal			49,0%	16,2%	14,1%	20,7%			2014	Eurostat 2017
Romênia			72,0%	5,6%	7,5%	2,4%		12,5%	2015	Eurostat 2017

Suécia		0,0%	0,8%	32,4%	15,6%	51,2%			2015	Eurostat 2017
--------	--	------	------	-------	-------	-------	--	--	------	---------------

Fonte: adaptado de KAZA et al., 2018

4.2. CONTEXTO NACIONAL – DIRETRIZES FEDERAIS

Os Aterros Sanitários se configuram como a principal forma de destinação final ambientalmente adequada no Brasil. Porém, descartes irregulares em Lixões e Aterros Controlados ainda são comuns no território brasileiro alcançando 48% dos resíduos sólidos urbanos gerados, que ainda são dispostos nesses locais inadequados (SINIR, 2019).

Considerando o viés de áreas contaminadas, a resolução CONAMA 420/2009 (BRASIL, 2009) dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Essa resolução, portanto, oferece um norte quanto aos parâmetros e limites de qualidade aceitáveis que devem ser seguidos.

De acordo com o Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União (2017), no Brasil não há normas federais específicas contendo orientações para o encerramento dos lixões e aterros controlados. O MMA informou ainda em 2017, que por se tratar de uma questão complexa que demanda a viabilização da disposição de rejeitos em aterros sanitários, bem como sustentabilidade financeira para manter a operação adequada, tem priorizado apoiar a estruturação da gestão de resíduos sólidos por meio de descentralização de recursos e apoio técnico à elaboração dos planos estaduais de resíduos sólidos (PERS). No entanto, em 2023 ainda há estados que não possuem seu PERS.

Ainda em 2017, documento da ABRELPE (2017) adaptou o “Roteiro para encerramento de lixões – Os lugares mais poluídos do Mundo”, documento publicado originalmente pela Associação Internacional de Resíduos Sólidos – ISWA, que aborda os aspectos políticos, financeiros, técnicos, ambientais e sociais que devem ser considerados no processo de encerramento. Este foi o primeiro documento especificamente voltado para o tema no âmbito federal, publicado, no entanto, por uma entidade que não é ligada a órgãos oficiais.

Contudo, apesar de citar formas de como fazê-lo e o que o plano de encerramento deve conter, o documento apenas cita que deve haver um monitoramento posterior, sem listar quais os parâmetros deverão ser monitorados e trata de maneira ampla sobre o que deve ser monitorado: o solo, as águas subterrâneas e que deve haver um monitoramento de controle, mas infere-se que tais definições ficam a critério de cada município em que

será realizado o processo. Diretrizes amplas dão abertura tanto para que sejam realizados monitoramentos desnecessários, gerando custos elevados, quanto para que nenhum monitoramento efetivo de proteção ao meio ambiente e à saúde humana seja realizado.

Em 2020 o Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020), dentre outras coisas, estabeleceu novos prazos para a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos, no entanto não trouxe diretrizes efetivas para o encerramento dos lixões, apesar de dispor sobre mecanismos importantíssimos para possibilitar o alcance de suas metas, como tornar obrigatório o estabelecimento de um mecanismo de cobrança que garanta a sustentabilidade econômico-financeira da prestação dos serviços de coleta e destinação final aos municípios, visto que os avanços almejados só poderão ser alcançados à medida que essa sustentabilidade dos serviços for assegurada (Planares, 2022).

Uma vez que os instrumentos econômicos e fontes de financiamento são elementos indispensáveis para a viabilidade de uma gestão adequada dos resíduos sólidos, implementar uma cobrança de taxa ou tarifa específica para garantir o cumprimento de contratos de prestação desses serviços é um forte indicador da capacidade institucional dos municípios que está ligada à capacidade do poder público de organizar as ações governamentais por programas, eliminando superposições e fragmentação de ações, com aumento de eficiência, eficácia e efetividade do gasto público (BRASIL, 2019e).

O mais atual dos documentos referentes ao tema é o “Roteiro para Encerramento de Lixões – Para tomada de decisões” publicado em 2021 pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). Este roteiro compila uma série de informações que facilitarão a tomada de decisão por evidenciar a importância do encerramento de lixões apontando oportunidades de valorização, inclusão social e regionalização. O referido roteiro cita que para cada lixão existem soluções próprias que demandam levantamentos e estudos específicos para orientar a definição das medidas adequadas a serem propostas para o seu encerramento (MDR, 2021). Porém, por outro lado, o encerramento de um lixão abre um leque de oportunidades para o aperfeiçoamento da gestão dos resíduos do município.

O documento do MDR (MDR, 2021) lista um passo a passo para o encerramento de áreas de disposição irregulares, como a elaboração de um plano de ação para o encerramento, que deve contemplar, pelo menos:

1. Levantamento topográfico, investigação geológica, geotécnica e hidrogeologia;

2. Representação em planta planialtimétrica, em escala não inferior a 1:2.000, do uso do solo, das águas subterrâneas e das águas superficiais num raio mínimo de 200 m;
3. Reconformação geométrica do maciço e proposição de cobertura final;
4. Sistema de drenagem, acumulação e tratamento de líquidos percolados de águas pluviais e de gases;
5. Plano de monitoramento geotécnico, de gases e das águas superficiais e subterrâneas na região do lixão;
6. Cobertura vegetal;
7. Isolamento físico e visual da área do lixão;
8. Uso futuro da área incluindo, preferencialmente, proposta de legislação que imponha restrições ao uso do solo nas áreas diretamente afetadas;
9. Cronograma de execução;
10. Relatório de Investigação confirmatória.

Por fim, a mais recente publicação do Planares (2022), dispõe delimitações diretas sobre o tema e, inclusive, aborda no item 1.1.6.1 sobre a eliminação e recuperação de lixões e aterros controlados, porém apenas sob o viés de inclusão social de catadores, sem tratar efetivamente sobre técnicas de encerramento ou recuperação dessas áreas de disposição inadequada.

Já em seu item 4.3.1 são trazidas efetivamente diretrizes para a eliminação e recuperação de lixões e aterros controlados em dois passos com suas determinadas estratégias de realização. A primeira delas – citada como Diretriz 1A no documento – é: eliminar lixões e aterros controlados; promover disposição final ambientalmente adequada; recuperar as áreas contaminadas pela disposição inadequada. Como Diretriz 1B, o documento listou seu objetivo como sendo universalizar a cobertura dos serviços de coleta de RSU.

Diferente da primeira diretriz, que possui seis, a segunda proposta possui apenas uma estratégia delimitada, qual seja: estimular a inovação em novos arranjos logísticos e estruturais para expansão dos serviços de coleta de RSU, investindo em pesquisa e mediante cooperação técnica.

A Tabela 3 lista as estratégias trazidas pela Diretriz 1A, conforme consta no documento:

Tabela 3: Quadro das estratégias listadas como parte da Diretriz 1A segundo Planares (2022).

Estratégia	Diretriz 1^a
1	Vedar, após vencimento dos prazos estabelecidos no marco legal do saneamento, o repasse de recursos voluntários a municípios que encaminhem resíduos sólidos para disposição final em lixões e aterros controlados.
2	Definir orientações técnicas e procedimentos para encerramento de lixões e aterros controlados e recuperação de áreas contaminadas pela disposição inadequada.
3	Realizar levantamento e mapeamento de lixões e aterros controlados, incluindo a necessidade de investimentos para recuperação.
4	Disponibilizar e facilitar acesso a recursos para o encerramento de lixões e aterros controlados, com prioridade para municípios localizados em regiões integradas de desenvolvimento, instituídas por lei complementar, em áreas de especial interesse turístico, bem como para soluções consorciadas.
5	Fomentar assistência técnica para a elaboração de projetos de engenharia, processo licitatório e gestão técnica, orçamentária e financeira nos processos de encerramento de lixões e aterros controlados e recuperação de áreas contaminadas pela disposição inadequada.
6	Promover mecanismos para formalização, capacitação e assistência técnica aos catadores de materiais recicláveis com atuação em lixões e aterros controlados.

Estas configuram-se como as informações mais completas e atuais do Governo Federal referente à questão de encerramento e monitoramento de áreas com disposição inadequada de RSU. Apesar de estipular diretrizes e um passo a passo, nenhum dos documentos traz valores de referência que devem ser seguidos, como de análises biológicas, físicas e biológicas, como teor limite de material lixiviado ou técnicas para a recuperação da área contaminada, deixando para o município a responsabilidade de elaborar um plano a partir de diretrizes básicas e genéricas. Percebe-se, portanto, que todos os materiais encontrados tratam sobre o fechamento de lixões, e não propriamente do encerramento; ou seja, preocupam-se apenas de parar de enviar resíduos para locais de disposição inadequada, mas não de recuperar as extensas áreas contaminadas pelo lixo.

4.2.1. Gerenciamento de áreas Contaminadas por RSU no Âmbito Federal

Dados da ABRELPE (2020) relatam que 79 milhões de toneladas de RSU foram geradas em 2019 e, desse montante 29,5 milhões foram despejados no meio ambiente de

maneira irregular, gerando impactos ambientais e para a saúde da população. Lixões e aterros controlados são expressivas fonte de contaminação do solo e das águas subterrâneas no Brasil (PLANARES, 2022), sendo então importantes locais para monitoramento em função de serem áreas contaminadas.

Em busca realizada no sítio eletrônico do Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas (BDNAC) em outubro de 2022, apenas três Estados (Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro) apresentavam informações, com última atualização da página sendo realizada em 19 de agosto de 2021 (BDNAC 2021). No ano de 2017, Canario e colaboradores (2017) realizaram análise crítica referente ao gerenciamento de área contaminadas no Brasil e, na ocasião, apenas os mesmos três estados apresentavam informação, mostrando que não há informações disponíveis de 90% dos estados do país contando com o Distrito Federal.

Tal precariedade de informações inviabiliza que o problema seja solucionado ou sequer observado e monitorado. Sem estatísticas e georreferenciamento não há solução viável, pois não há um mapeamento da quantidade de áreas e muito menos o registro do tipo de poluição encontrada nesses locais que permita que seja feita a remediação.

Na Tabela 4 estão descritas as informações encontradas por estado quanto à quantidade de áreas contaminadas, a quantidade de municípios que contém áreas contaminadas e o percentual de contaminação por RSU. Os dados de Minas Gerais foram disponibilizados pela Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais – FEAM, de Pernambuco pela Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco, em São Paulo pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo e no Rio de Janeiro pela Instituto Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro.

Nos quatro estados listados a maioria das contaminações foi ocasionada por postos de gasolina e o maior percentual de contaminação por RSU foi informado em Pernambuco. Apesar de haver alguma quantidade de informações, em todos os casos a maioria dos municípios possui apenas uma única área cadastrada, o que dificilmente é uma representação da real situação.

Tabela 4: Informações acerca da quantidade de áreas contaminadas por estado.

Estado	Nº Áreas	Nº Municípios	Contaminação por RSU
Minas Gerais	662	175	14%
Pernambuco	18	12	39%
São Paulo	5.942	-	3%
Rio de Janeiro	327	48	3%

Fonte: Autora (2023)

Infelizmente é possível observar que há uma enorme fragilidade quanto às informações captadas pelos órgãos fiscalizadores e pelos bancos de dados nacionais, como o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS que, anualmente, coleta informações e indicadores dos municípios referentes à prestação de serviços de água e esgoto, manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem, e manejo das águas pluviais urbanas, mas, conforme apresentado no Planares (2022), sofre divergências quando comparando declarações de anos diferentes.

Além das informações acima, o documento do Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas (2020) informa também que há um total de 6.969 registros de áreas contaminadas no Brasil distribuídas em dez estados. Nestas áreas, as principais atividades de contaminação originam-se de postos de combustíveis (71,1%), estando essas áreas em sua maior parte concentradas no Sudeste, sendo que 99% delas encontram-se nos estados de São Paulo (85%), Minas Gerais (9,5%) e Rio de Janeiro (4,7%).

Como os postos bandeirados operam sob contrato com uma empresa distribuidora, que fornece o combustível e estabelece diretrizes específicas a serem seguidas como a necessidade de haver licença ambiental de operação, pode-se inferir que este seja o motivo para tantas declarações de áreas contaminadas por postos de abastecimento. Contudo, esse dado mostra uma enorme deficiência no mapeamento destas informações, visto que, segundo o Painel de Destinação de RSU do Ministério do Meio Ambiente (2019), a maior quantidade de áreas contaminadas pela disposição inadequada de resíduos, por exemplo, encontra-se nos estados do Norte e Nordeste.

4.3. CONTEXTO NACIONAL – DIRETRIZES ESTADUAIS

Em relação aos estados da federação, apresenta-se a análise, primeiramente, de todos os sítios eletrônicos de cada um dos respectivos estados da federação mais o Distrito Federal foram consultados, sendo eles: Instituto de Meio Ambiente do Acre, Instituto do Meio Ambiente do Estado do Alagoas, Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas, Instituto do Meio Ambiente e de Ordenamento Territorial do Estado do Amapá, Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia, Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará, Instituto Brasília Ambiental, Instituto Estadual de Meio Ambiente e

Recursos Hídricos do Espírito Santo, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Goiás e Minas Gerais, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão, Secretaria de Estado de Meio Ambiente do Mato Grosso, Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará, Superintendência de Administração do Meio Ambiente da Paraíba, Instituto Ambiental do Paraná, Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Piauí, Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro, Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte, Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia, Fundação Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Roraima, Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Administração Estadual do Meio Ambiente de Sergipe e Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Tocantins.

Baseando-se nas informações obtidas a partir da metodologia, a Figura 2 foi elaborada com dados encontrados nos sites dos 26 estados brasileiros e o Distrito Federal contendo as seguintes informações: os 9 estados marcados em cinza possuem diretrizes de encerramento de locais de disposição inadequada de resíduos no sítio eletrônico do órgão ambiental responsável e em branco estão os estados que não contém essa informação.

Figura 2: Mapa de disponibilidade de informações sobre as diretrizes de encerramento de lixões.



Fonte: a Autora (2023)

Dois estados possuem documentos produzidos por seus respectivos Ministérios Públicos (MP). O relatório “Desafio do Lixo – Problemas, responsabilidade e perspectivas” publicado em 2007 pelo MP da Bahia, apesar de apresentar estatísticas de 4 aterros do estado da Bahia, não apresentou nenhuma indicação, diretriz ou informação condizente sobre o encerramento dos lixões ativos no estado.

Ressalta-se que o MP de Mato Grosso do Sul iniciou o “Projeto Resíduos Sólidos – Disposição Legal” em 2015. Portanto, 5 anos antes da iniciativa do Governo Estadual (PERS-MS 2020), que também trouxe informações sobre o tema, já existia tal projeto que visava buscar alternativas para extinção dos lixões e implementação da Lei de Resíduos Sólidos no Estado.

No intuito de atingir os seus objetivos, o projeto realizou assinatura de convênio de cooperação técnica e científica entre o Ministério Público do estado de Mato Grosso do Sul e a Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, objetivando promover a articulação e a interação de atividades destinadas a orientar os municípios sobre a gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

Por fim, os Estados do Espírito Santo e de Minas Gerais, possuem Programas Estaduais desenvolvidos. O Programa “ES Sem Lixão” foi lançado em 2008, e tem como objetivo a erradicação dos lixões do território capixaba, por meio de sistemas regionais de destinação final adequada de RSU. Nele, apesar de não definir análises específicas que devem ser feitas de solo, água entre outros do local contaminado, há diretrizes para a recuperação dessas áreas, como:

- Reforçar estrutura de apoio nos estudos de avaliação ambiental das áreas degradadas/contaminadas por disposição inadequada de RSU e projetos de uso futuro para as respectivas áreas;
- Fiscalizar os municípios, visando o encerramento e remediação das áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos, incluindo áreas degradadas em decorrência da disposição inadequada de RCC;
- Realizar estudos para verificar a necessidade de investimentos para o encerramento e remediação destas áreas;
- Reforçar a fiscalização da atividade de catação de resíduos sólidos urbanos não segregados em áreas de destinação e disposição de resíduos sólidos;
- Estabelecer um projeto de monitoramento do processo de reabilitação das áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos;
- Fomentar a ampliação de um sistema municipal georreferenciado de fiscalização de uso inadequado do território para a disposição inadequada de resíduos sólidos.

Destaca-se que parte importante do referido documento explicitou alguns pontos fracos presentes no programa, e um deles seria a dificuldade de estabelecer o prazo necessário para o encerramento dos lixões e aterros controlados e realizar a remediação deles, de modo que o acompanhamento desta meta exigirá sensatez e harmonia na forma de atuação a ser adotada pelos órgãos.

O Governo de Minas Gerais, iniciou em 2003 projeto Minas sem Lixões que possui dentre seus objetivos o apoio aos municípios no atendimento às normas de gestão adequada de resíduos sólidos urbanos, após embasar suas definições com um bom material teórico, o documento traz diretrizes práticas para a ação. Cita algumas técnicas que podem ser utilizadas para desativação, adequação e recuperação de áreas degradadas pela disposição de resíduos sólidos urbanos em lixões, como: remoção de resíduos; recuperação simples; recuperação parcial, tida como a adequação provisória de lixão para Aterro Controlado; e recuperação total, realizando a adequação para Aterro Sanitário.

Portanto, apesar dos seus PERS (ES e MG) não trazerem informações referente a diretrizes para encerramento e monitoramento de áreas inadequadas de disposição final de RSU, seus programas de Governo trouxeram.

4.3.1. Planos Estaduais de Resíduos Sólidos Urbanos

Apenas quatro estados brasileiros não possuem Planos Estaduais de Resíduos Sólidos (PERS), sendo: Amapá, Minas Gerais, Piauí e Roraima e, dentre eles, apenas no estado de Minas Gerais o plano está em processo de elaboração. Os demais estados da federação, apesar de possuírem os planos estaduais, cerca de 77% destes possuem documentos anteriores aos anos de 2020, contendo, portanto, informações desatualizadas.

Dentre todos os estados brasileiros, apenas seis estados detêm PERS's com publicações a partir do ano de 2020, sendo eles: Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rondônia e São Paulo. O estado de Minas Gerais, apesar de não possuir um plano relacionado especificamente aos resíduos sólidos, elaborou no ano de 2020 o Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais (PESB-MG), que também engloba a esfera dos resíduos sólidos. Porém, a secretaria do estado de Minas Gerais, divulgou em outubro de 2022, que após onze anos de espera, o estado deu início a elaboração do seu primeiro Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS).

No que se refere aos 23 estados que possuem um PERS, apenas 60% deles possuem informações a respeito de disposição final irregular de resíduos sólidos, mesmo que sucinta. Na Tabela 5 estão identificados os estados que apesar de citarem o tema em seu plano estadual de resíduos sólidos, não apresentam nenhuma diretriz de encerramento ou monitoramento. Na tabela estão exemplificados o conteúdo em que cada documento abordou sobre o assunto.

Tabela 5: Estados brasileiros que apesar de conterem citação sobre o tema no seu interior, não estipulam diretriz de encerramento ou de monitoramento.

Área Geográfica	Informação Presente no PERS
Alagoas	O tema está presente na parte referente ao controle de áreas contaminadas no geral. O PERS-AL cita que as técnicas utilizadas para o encerramento envolvem a remoção e o transporte desses resíduos para outro local, previamente preparado e regularizado no órgão ambiental competente.
Bahia	Determinou que deverão ser feitas revisões periódicas a cada quatro anos, sendo necessário apresentar metas para a erradicação de lixões e requalificação de aterros, associadas à

	inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.
Ceará	Destaca a possibilidade de serem realizados consórcios municipais para a erradicação destas áreas.
Distrito Federal	Cita que apesar de já ter encerrado as atividades do antigamente conhecido como o maior lixão da América Latina, o Lixão Estrutural, ainda há a necessidade de encerrar o aterro controlado do Jóquei.
Paraíba	Delimita que o Estado deve atuar em conjunto com os municípios para tais ações.
Pernambuco	Cita a realização de consórcios públicos como forma de auxílio para diminuir o desafio de eliminar os lixões.
Rio de Janeiro	Cita que apesar de um intervalo de tempo de apenas 3 anos entre sua publicação e o PNRS, o estado já havia encerrado mais de 40 lixões, restando menos de 20 para ainda serem encerrados.
Rio Grande do Norte	Cita que são necessárias estudos e ações para o encerramento dos lixões e recuperação das áreas degradadas.
Santa Catarina	Apresenta diretriz para maximização da prática de destinação final ambientalmente adequada e recuperação contínua das áreas de disposição inadequadas. Estratégia de apoiar a elaborar e implementar projetos para encerramento de áreas de disposição inadequada de resíduos sólidos, bem como para as medidas de recuperação destas áreas.

Fonte: Autora (2023)

É possível observar que grande parte dos estados listados fazem sucintas citações sobre o tema. Com exceção da Bahia, Distrito Federal e Santa Catarina, que publicaram seus PERS em 2018, todos os outros 6 estados elencados possuem planos de anos anteriores a 2016. As informações não seguem uma padronização entre os estados, e cada um traz referências dispersas no decorrer dos documentos, sem muito explorar a questão.

Diretrizes para o encerramento ou posterior monitoramento de áreas com disposição irregular de RSU só foram encontrados no conteúdo dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos de cinco estados brasileiros, que são: Maranhão, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Rio Grande do Sul e São Paulo. Na Tabela 6 é possível visualizar tais estados e as informações trazidas pelos PERS de cada um.

Tabela 6: Estados brasileiros que apresentam o tema estudado em seus PERS e possuem alguma diretriz de encerramento ou de monitoramento.

Área Geográfica	Informações Presentes no PERS
Maranhão	O tema está presente na parte referente ao controle de áreas contaminadas no geral. Cita possíveis ações para recuperação da área: queima pontual de gases, coleta de chorume, drenagem pluvial, compactação da massa e cobertura vegetal. Três das estratégias delimitadas foram: a realização de estudos visando o estabelecimento de critérios de priorização das ações destinadas à recuperação de lixões; o estabelecimento de programa de monitoramento do processo de recuperação dos lixões em curso; e a elaboração de material técnico e realização de ações de capacitação gerencial e técnica dos gestores públicos envolvidos com o tema.
Mato Grosso do Sul	Determinou que para a recuperação das áreas de passivo ambiental diagnosticadas, primeiramente, deveriam ser encerradas as atividades de disposição final de resíduos sólidos e posteriormente elaborados os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas por Disposição Final de Resíduos Sólidos (PRAD-RS) e os Planos de Automonitoramento (PAM) das atuais áreas. Cita técnicas de encerramento das atividades irregulares de disposição final de resíduos sólidos, sendo estipulado o conteúdo mínimo exigido por meio de legislação específica para elaboração dos PRAD-RS. Estipulou que liberação das licenças para implantação de aterros sanitários pelo órgão ambiental responsável, estaria diretamente relacionada com o compromisso de encerramento e recuperação dos lixões municipais (vazadouros a céu aberto), colocando aqui um empecilho para os municípios como forma de incentivo para acatar as novas determinações.
Rondônia	Cita a necessidade de realizar estudos para a definição da melhor técnica, bem como os projetos. As operações de recuperação devem ser realizadas sob a supervisão técnica de profissional habilitado, procedendo-se ao registro das Anotações de Responsabilidade Técnica no respectivo Conselho Profissional. Necessidade de realizar avaliação das condições ambientais. Necessidade de definir melhor a técnica de recuperação a ser aplicada. Necessário estudo que contemple, no mínimo: levantamento planialtimétrico do terreno, estudos de sondagem e caracterização geotécnica, análises de águas superficiais e subterrâneas.
Rio Grande do Sul	É apresentado o objetivo de realizar o levantamento e o mapeamento das áreas degradadas por disposição inadequada de RS, apresentar um banco de dados com informações que subsidiem a escolha de alternativas adequadas para o gerenciamento dessas áreas.
São Paulo	Em casos pontuais são firmados Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta (TAC) com a participação do Ministério Público, onde são consignados compromissos para regularização ou encerramento de aterros irregulares e adoção de solução técnica definitiva e regularmente implantada. Levantamento topográfico, investigação geológica, geotécnica e hidrogeologia.

	Isolamento físico e visual da área do aterro. Sistema de drenagem, acumulação e tratamento de líquidos percolados. Sistema de drenagem de águas pluviais. Plano de monitoramento geotécnico, de gases e das águas superficiais e subterrâneas na região do aterro.
--	---

Fonte: Autora (2023)

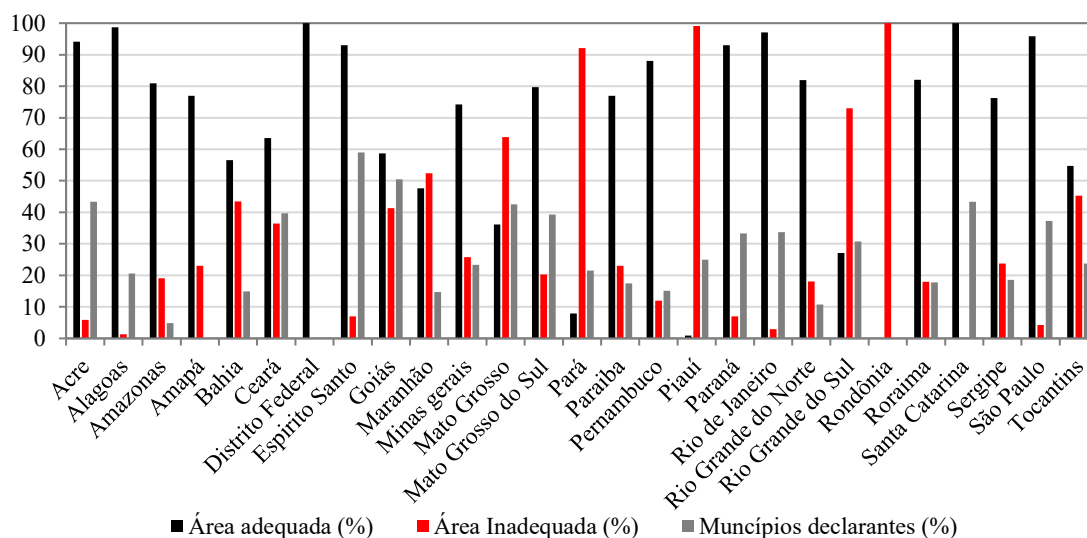
Distinguindo-se dos estados listados que não trazem diretrizes nem monitoramentos e que possuem entre eles os PERS mais atuais, na Tabela 6 estão presentes cinco estados brasileiros, e 60% deles possuem planos publicados no ano de 2020 (Mato Grosso do Sul; Rondônia e São Paulo).

Outro estado que também chama a atenção, é o Rio Grande do Sul, que também apenas 4 anos da publicação da PNRS, apresentou em seu plano estadual algumas orientações sobre o tema. Apesar da presença de diretrizes de encerramento ou monitoramento destas áreas, as informações encontradas nos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos dos estados ainda são generalistas e não possuem valores de referência a serem seguidos, nem técnicas que devem ser adotadas para que seja feita a recuperação do local contaminado para que, de fato, seja feito o encerramento da área contaminada.

4.3.2. Estatísticas Estaduais

O Gráfico 3 apresenta os dados referentes a proporção de áreas contaminadas por despejo irregular de RSU nos Estados brasileiros, sendo os aterros controlados e os lixões. Quando as informações não estavam presentes nem nos Planos Estaduais de RS de cada Estado, ou em outros documentos encontrados, ou apresentavam dados anteriores ao ano de 2019, foram coletados dados do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos, tendo 2019 como o último ano de referência.

Gráfico 3: Proporção de áreas contaminadas por despejo irregular de RSU nos estados brasileiros



Fonte: Autora (2023)

O SINIR é um dos instrumentos da PNRS (2010) e é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente. Sua organização e manutenção são de responsabilidade compartilhada entre os governos municipais, estaduais e Distrito Federal.

Segundo o SINIR, seu Inventário Nacional de Resíduos Sólidos, deve ser preenchido anualmente e trata do conjunto de informações sobre a geração, tipologia, armazenamento, transporte e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias localizadas no país. Sendo assim, os Estados já se encontram com 3 anos de atraso, pois não há dados de 2020, 2021 e 2022. O portal foi lançado em 2019, portanto possui apenas um ano de referência.

Com exceção dos Estados da Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Sul e São Paulo, todos os outros dados foram coletados no SINIR. No entanto, a problemática que existe ao analisarmos os dados deste portal, é a baixa proporção de municípios declarantes em cada estado. As barras em cinza na Gráfico 3 mostram qual a proporção de cidades de cada estado que apresentaram relatório ao SINIR em 2019. Os dados mostram que apenas nos estados do Espírito Santo e Goiás houve um percentual maior que 50% de municípios declarantes, o que é significativamente preocupante. Um instrumento tão importante para o gerenciamento de resíduos no país acaba por oferecer apenas uma perspectiva da problemática, mas deixa muito clara a evidência da deficiência do mapeamento de dados e, consequentemente, a notória dificuldade na resolução do problema.

Além disto, os Estados que possuem informações, apenas dois deles (Espírito santo e Goiás) tiveram representação de mais de 50% dos seus municípios. Por isto, informações publicadas pelos próprios Estados são tão importantes nesta análise. Segundo dados da Abrelpe (2017), os aterros sanitários capixabas receberam 64% dos RSU coletados em 2016, enquanto o restante foi disposto inadequadamente. Portanto comparando os dados de 2016 (Abrelpe) e 2019 (SINIR), houve um aumento de 29% na destinação para aterros sanitários no Espírito Santo.

Como o caso de Pernambuco, que de acordo com dados do Tribunal de Contas de Pernambuco (TCE-PE), os números mostram Pernambuco num cenário de destaque no processo de encerramento dos lixões. Segundo dados de fevereiro de 2022 do órgão, o Estado tem uma média de 88% de descarte correto dos resíduos sólidos contra a média do País, que está na casa dos 48,5%. Portanto, apesar de não possuir diretamente diretrizes estaduais para o encerramento e monitoramento de áreas com descarte irregular de RSU, o estado encontra-se avançado em relação aos demais.

Apesar de não apresentar estatística da quantidade de áreas com descarte irregular em seu documento, o projeto do MP do Mato Grosso do Sul teve enorme sucesso em sua atuação entre os anos de 2016 e 2020. Neste período houve uma redução de 63 (80%) para 16 (20%) municípios com lixões ilegais, e 45 municípios passaram a enviar resíduos sólidos para aterros comuns. Os dados mais recentes do SINIR (2019), mostram que apenas 20,3% dos resíduos ainda são destinados a locais inadequados de disposição final de RS.

Em relação ao Estado do Alagoas, informações já de 2018 do decreto estadual Instrução Normativa IMA/AL No 02 de 10 de agosto de 2018 afirmou que o Estado já havia encerrado todos os seus lixões no ano de 2018. Dados do SINIR mostram que no estado há apenas 1,33% de área de descarte irregular, possivelmente algum lugar que houve esta disposição entre 2018 e 2019.

Dados mais recentes mostram que Minas reduziu de 386 para 283 lixões entre os anos de 2018 e 2022. Precisamente sobre o Triângulo Mineiro, foram apresentados dados onde mostram que 77% da população urbana possui destinação regularizada (MINAS GERAIS, 2022). Sobre o Estado da Paraíba, informações segundo o MP do Estado (2022), afirmam que dos 223 municípios paraibanos, 29 ainda se utilizam de lixões.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS DE AÇÕES

Após o estudo alguns pontos importantes chamaram a atenção:

- Uma gestão de resíduos sólidos eficaz está mais intimamente relacionada com a proporção de resíduos sólidos que é reaproveitada do que com as opções de disposição final. Os países com melhores níveis de gestão de RSU são aqueles em que apenas os rejeitos vão para os aterros sanitários, além disso, outras formas de tratamento são mais utilizadas e bem exploradas, como a reciclagem e a compostagem. Fica clara a necessidade de maior adesão à programas de reciclagem no Brasil para que haja a drástica redução de rejeitos que necessitam de disposição final em aterros sanitários, diminuindo assim a necessidade dos mesmos e, conseqüentemente, seja reduzido o volume disposto de forma inadequada;

- Quanto às diretrizes federais, no Brasil, os documentos mais consistentes encontrados foram propostos pelo Ministério de Desenvolvimento Regional (2021) e pelo Planares (2022). Em ambos os documentos são disponibilizadas diretrizes ou um guia básico dos primeiros passos para o encerramento dos lixões, no entanto, não ficam evidentes os parâmetros de referência, limites de qualidade, proposta de técnicas de remediação/recuperação, um registro oficial de áreas contaminadas que permita o mapeamento, fiscalização e controle, e o incentivo fiscal para que os municípios arquem com os custos de recuperação destas áreas;

- No Brasil, em grande parte das buscas os sites dos órgãos estaduais apresentam obstáculos para encontrar conteúdos sobre determinado tema. Seja pela falta de documentos disponibilizados ou mesmo pela presença de tantos deles que não seja possível filtrar; há uma alta dispersão das informações que são em sua maioria generalistas sobre o assunto, tratando contaminação de áreas de maneira genérica, não havendo nenhum tópico específico para o gerenciamento de áreas contaminadas por RSU;

- Os Planos de Resíduos Sólidos Estaduais, quando existentes, são atualizados com um grande lapso de tempo um do outro, o que faz com que as ações percam continuidade e as medidas muitas vezes se tornem ineficientes e se percam com o tempo ou a cada nova gestão de governo. A maioria dos estados que possuem ao menos duas edições de Planos de Resíduos Sólidos, possuem diferença média de 4 anos entre cada uma delas;

- A ação realizada pelo órgão ambiental do estado do Mato Grosso do Sul que condicionou a concessão de licenças ambientais de instalação e operação de aterros

sanitários ao encerramento e recuperação dos lixões municipais é, provavelmente, uma ótima estratégia para o tema, uma vez que as condicionantes de uma licença são fatores determinantes para a permissão de funcionamento do empreendimento. No entanto, caso a operação destes aterros seja de responsabilidade dos municípios e não haja participação da iniciativa privada por meio de concessões ou Parcerias Público Privadas, é certo e claro que tal medida não irá funcionar devido à falta de recursos;

- O estado do Mato Grosso do Sul possui o melhor e mais completo projeto de ação para o encerramento de áreas com disposição irregular de resíduos sólidos. A utilização do PRAD (PERS – MS, 2020), como também citado no estado de Pernambuco, é um bom material para que outros estados brasileiros se embasem ou até mesmo para o Governo Federal delimite diretrizes mais eficazes;

- Em estados onde não há mais uma grande quantidade de áreas de disposição final inadequadas de RSU é mais importante que haja diretrizes e parâmetros para o monitoramento destas áreas já encerradas do que diretrizes para o encerramento delas. Uma vez que, “encerrado” é diferente de “remediado” ou “recuperado”, sendo, então, de extrema importância acompanhar e fazer o monitoramento de tais áreas. Ou seja, é necessário que as diretrizes disponíveis para a tomada de ações sejam personalizadas para a situação de cada estado;

- Nos documentos encontrados que continham diretrizes para o encerramento de áreas com disposição inadequada de resíduos sólidos, nenhuma estipulou valores de referência a serem seguidos ou quais as técnicas de remediação mais adequadas. Assim como em resoluções do CONAMA existem quantidades máximas permitidas de muitos contaminantes, a falta de uma norma do mesmo modelo para o presente tema chama a atenção. Como é possível que os governos, Federal e Estaduais, se organizem para enquadrar e remediar as áreas contaminadas de maneira adequada e eficaz uma vez que não existem padrões a serem seguidos?

Por fim, ao realizar essa pesquisa pelos sites dos órgãos responsáveis pela regulação, fiscalização e controle das áreas de disposição de RSU, as legislações pertinentes ao tema e entender como a gestão de resíduos sólidos é realizada nos Estados Unidos e na União Europeia, podemos concluir que no Brasil há ferramentas que permitem o mapeamento dos problemas para que sejam buscadas soluções para uma gestão adequada dos RSU: como o SNIS, o SINIR, o Banco de Áreas Contaminadas, no

entanto as informações são incompletas, dispersas, divergentes e, portanto, se tornam quase que inutilizáveis, pois não representam a situação de forma fidedigna.

É preciso que haja um empenho geral para que os bancos de dados sejam preenchidos com responsabilidade para que, a partir dele, busquem-se soluções. Além disso, a formulação de um documento que ofereça contribuição técnica com parâmetros a serem seguidos e técnicas de recuperação/remediação a serem utilizadas para que seja feito o encerramento dos lixões e não apenas o fechamento dessas áreas, seria de uma contribuição ímpar para caminharmos para uma solução ambientalmente adequada.

Nota-se que ainda existe de forma muito arraigada na cultura brasileira o traço cultural distorcido e o dogma de que o estado é obrigado a coletar gratuitamente os resíduos sólidos gerados pela sociedade e que a gestão desses é de responsabilidade exclusiva do poder público, quando na realidade sabemos que sem a colaboração e mínima educação ambiental da sociedade, responsabilidade compartilhada, não há serviço e recursos que vençam os maus hábitos da população.

A contribuição da sociedade é imprescindível para que, por exemplo, o serviço de coleta seletiva/reciclagem funcione. É de vital importância também que se vislumbre a participação da iniciativa privada na prestação de serviços de obrigação da gestão pública, uma vez que só assim será possível viabilizar economicamente a universalização dos serviços de saneamento no Brasil.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. Amostragem de Resíduos Sólidos – NBR 10.007/2004.

ALVES, D. S., & FARINA, M. C. (2018). Disposal and reuse of the information technology waste: A case study in a Brazilian university. *European Business Review*, 30(6), 720-734.

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, I. C. S. F.. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. *Ecletica Química*, v.35, n.3, 2010.

AREND, K.K., BELETSKY, D., DEPINTO, J.V., LUDSIN, S.A., ROBERTS, J.J., RUCINSKI, D.K., SCAVIA, D., SCHWAB, D.J., & HÖÖK, T.O. (2011). Seasonal and interannual effects of hypoxia on fish habitat quality in central Lake Erie. *Freshwater Biology*, 56, 366-383.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE (2022). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil ano base 2022.

BELI, EUZEBIO et al. Recuperação da área degradada pelo lixão areia branca de Espírito Santo do Pinhal - SP. *Eng. Ambiente. - Espírito Santo do Pinhal*, Espírito Santo do Pinhal – Sp, v. 2, n. 1, p.135-148, 2005.

BIDONE, F.R.A. & POVINELLI, J. (1999) Conceitos básicos de resíduos sólidos. São Carlos: EESC/USP, Projeto Reenge. 120 p.

BOYER, I. et al. Decision Tool For Landfill Remediation. Brooks AFB, TX 78235-5363: [s.n.].

BRASIL. Lei n ° 12.305/2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.

BRASIL. Ministério da Economia, Secretaria de Gestão. Manual de Estruturas Organizacionais do Poder Executivo Federal. 2. Ed. Brasília: ME. 2019e. 100 p. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/manual-de-estruturas-organizacionais-do-poderexecutivo-federal/arquivos/manual-de-estruturas-organizacionais_2edicao.pdf/view>. Acesso em out. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Painel de Destinação de Resíduos Sólidos Urbanos. 2019. Disponível em: <<https://sinir.gov.br/paineis/destinacao/>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Decreto 11.043/22. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos conforme disposto no art. 15 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Decreto 7404/10. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa. 2010b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Manual para Implantação de Compostagem e Coleta Seletiva no Âmbito de Consórcios Públicos. Brasília, 2010c.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2014. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2016.

BRASIL. Senado Federal. PLS 425/2014. Prorroga o prazo para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos de que trata o art. 54 da Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010.

BROLLO, M. J.; SILVA, M. M. Política e Gestão Ambiental em resíduos sólidos: revisão e análise sobre a atual situação no Brasil. In: c\Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, 21., 2001, João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABES, 2001. p. 1-27.

CEMPRE. Um panorama da reciclagem no Brasil. 2015. Disponível em: <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>.

COMLURB, 2009. Caracterização gravimétrica e microbiológica dos resíduos sólidos do município do Rio de Janeiro. Centro de Informações Técnicas - CITE da COMLURB, Rio de Janeiro, RJ.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. (2005) Procedimento para implantação de aterro sanitário em valas. São Paulo: CETESB. 34 p.

COOPER T. Inadequate life? Evidence of consumer attitudes to product obsolescence. Consum Policy. 2004; 27:421-49.

CUDJOE, D., HAN, M.S., CHEN, W. Power generation from municipal solid waste landfilled in the Beijing-Tianjin-Hebei region. 2021. Energy 217, 11939.

DEMAJOROVIC, J.; BESEN, G. R.; RATHSAM, A. A. Os desafios da gestão compartilhada de resíduos sólidos face à lógica do mercado, 2005.

DIEMER, F.; SPECHT, L. P.; LAUTENSCHLAGER, C. E.; CONSOLI, N. C. Estudo da permeabilidade do solo da região de Ijuí-RS percolando água e óleo diesel. Teoria e Prática na Engenharia Civil, Rio Grande, n. 16, p. 29- 41, 2010.

EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Managing municipal solid waste: a review of achievements in 32 European countries. Copenhagen: Luxembourg: Publications Office OF The European Union, 2013.

EPA – Environmental Protection Agency. Landfill Methane Outreach Program – Landfill Data Files. Disponível em: <<https://www.epa.gov/lmop/landfill-technical-data>>. Jul. 2023.

EPA – Environmental Protection Agency. Facts and Figures about Materials, Waste and Recycling. Disponível em: <<https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials#:~:text=In%202018%2C%20about%20146.1%20million,less%20than%2010%20percent%20each>>. 2018.

EPA – Environmental Protection Agency. Handbook on in situ treatment of hazardous waste-contaminated soils. EPA/540/2- 90-W2, Ada, Oklahoma, 1990.

EPA – Environmental Protection Agency. Report on the Environment – Contaminated Land. Disponível em: < <https://www.epa.gov/report-environment/contaminated-land>>. Jul. 2023.

EPA – Environmental Protection Agency. The solid waste dilemma: An agenda for action. Final Report of the Municipal Solid Waste Task Force. EPA/530 - SW-89-019, Feb. 1989.

EUROSTAT. Waste statistics. 2021. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Waste_statistics#Waste_treatment. Acesso em: 20 out. 2023.

FREIRE, P. A. C. Bombeamento e tratamento de plumas de hidrocarbonetos em diferentes aquíferos contaminados por postos de combustíveis, Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia de Bauru, 142p. Bauru, 2011.

GARRIK, L. A Historical Context of Municipal Solid Waste Management in the United States. Waste Management & Research. 2004; 22 (4): 306 - 322. DOI: 10.1177/0734242X04045425

GONÇALVES, M. A., TANAKA, A. K., AMEDOMAR, A. A. A destinação final dos resíduos sólidos urbanos: Alternativas para a cidade de São Paulo através de casos de

sucesso. 2013. Future Studies Research Journal: Trends and Strategies. Volume 5, n. 1, pag. 96-129.

GUTBERLET, J., KAIN, J. H., NYAKINYA, B., OLOKO, M., ZAPATA, P., & CAMPOS, M. J. Z. Bridging weak links of solid waste management in informal settlements. 2017. Journal of Environment and Development, 26(1), 106-131. doi: 10.1177/1070496516672263.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS - IBGE. (2010) Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008. Rio de Janeiro: IBGE. 219 p.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos - Relatório de Pesquisa. Brasília: IPEA, 2012.

JARDIM, N.S. Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: Konrad, O.; Casaril, C.E.; Schmitz, M. 2010. Estudo dos resíduos sólidos domésticos de Lajeado-RS pela caracterização gravimétrica. Revista Destaques Acadêmicos, n. 4, p. 57 – 62.

JOSEPH, K. et al. Dumpsite Rehabilitation Manual. Chennai, Chennai-600 025, India: Anna University Chennai, 2008.

JUCÁ, J.F.T. (2003) Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no brasil. In: V Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental, Anais REGEO 2003. Porto Alegre: ABMS.

KAZA, Silpa, Lisa Yao, Perinaz Bhada-Tata, and Frank Van Woerden. 2018. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1329-0. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO. 2018.

KONRAD, O.; CALDERAN, T. B.; SCHMEIER, N. P.; CASARIL, C. E.; LUMI, M. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos destinados para uma central de triagem, compostagem e disposição final. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v. 5, n. 1, p. 284-292, 2014.

LINDE K, WILLICH SN. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. J R Soc Med. 2003; 96:17-22.

MEIRA, R.C. Estudo biodegradativo dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande – PB em escala experimental. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande (2009).

Office for Coastal Management, 1899: Rivers and Harbors Act, <https://www.fisheries.noaa.gov/inport/item/59646>. Acesso em: 20/11/2023.

PLANARES (Plano Nacional de Resíduos Sólidos), 2022. Governo Federal. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/conesan/sites/253/2020/11/pnrs_2020.pdf.

RAZAVIAN, F., KHOSMANESH, B., & IZADYAR, S. Participation of people in waste source separation program. 2016. Journal of fundamental and Applied Sciences, 8(2), 1017-1025. doi: 10.32388/361986.

RIYIS, M. T. Amostragem de Solo para Reabilitação de Áreas Contaminadas. ECD Ambiental, 2017.

RODRIGUES, A. M., RODRIGUES, I. C. & REBELATO, M. G. Gestão ambiental e responsabilidade social: uma discussão sobre os novos papéis da gestão empresarial. Anais do Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais (Simpoi), 2005.

SAHIMAA, O.; HUPPONEN, M.; HORTTANAINEN, M.; SORVARI, J. Method for residual household waste composition studies. Waste Management, v. 46, p. 3-14, 2015.

SILVA, C.S.S.; et.al. Análise histórica da geração, coleta e destinação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. R. Tecnol. Soc., Curitiba, v.16, n.41, p. 125-138, Ed. Especial. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico de Resíduos Sólidos. Site institucional, 2020.

SOARES, E. L. S. F. Estudo da Caracterização Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, COPPE) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

STEFANIA, G.A., ROTIROTI, M., BUERGE, I.J., ZANOTTI, C., NAVA, V., LEONI, B., FUMAGALLI, L., BONOMI, T., 2019. Identification of groundwater pollution sources in a landfill site using artificial sweeteners, multivariate analysis and transport modelling. Waste Manag. 95, 116–128.

SUGIMOTO, L. Sensores detectam e monitoram contaminação de águas subterrâneas. Jornal da Unicamp, ed. 274, 2004.

TAVARES, J. C. L. Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos da Cidade de Maceió-AL. 2008. 116f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

TENODI, S., KREMAR, D., AGBABA, J., ZRNI, K., RADENOVIC, M., UBAVIN, D., DALMACIJA, B. Assessment of the environmental impact of sanitary and unsanitary parts of a municipal solid waste landfill. J. Environ. Manag. 258, 1100. 2020.

UNIÃO EUROPEIA. (1999) Diretiva Europeia 1999/31/EC do Conselho, de 26 de abril de 1999. Relativa à deposição de resíduos em aterros.

UE - UNIÃO EUROPEIA UE. Conselho da União Europeia. Diretiva 2006/12/EC - Relativa aos resíduos. 05 de abril de 2006.

US Congress, 1980. Comprehensive Environment Response Compensation and Liability Act. Disponível em: < <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-comprehensive-environmental-response-compensation-and-liability-act#:~:text=The%20Comprehensive%20Environmental%20Response%2C%20Compensation%2C%20and%20Liability%20Act%20%2D%2D%20otherwise,and%20contaminants%20into%20the%20environment>> Acesso em: 24 set.2023.

US Congress, 1990. Pollution Prevention Act. Disponível em: <https://www.epa.gov/p2/pollution-prevention-act-1990>> Acesso em: 28 set.2023.

US Congress, 1976. Resource Conservation and Recovery Act. (RCRA). 42 U.S.C. §6901 et seq. (1976). United States Environmental Protection Agency – EPA. Disponível em: < <https://www.epa.gov/rcra/resource-conservation-and-recovery-act-rcra-regulations#nonhaz> > Acesso em: 24 set.2023.

US Congress, 1970. Resources Recovery Act. Disponível em: <<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.govinfo.gov/content/pkg/STATUTE-90/pdf/STATUTE-90-Pg2795.pdf>> Acesso em: 22 set.2023.

US Congress, 1965. Solid Waste Disposal Act. Disponível em: < <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-893/pdf/COMPS-893.pdf>> Acesso em: 22 set.2023.

US Congress, 1970. The Clean Air Act. 42 U.S.C. §7401 et seq. (1970). United States Environmental Protection Agency - EPA. Disponível em: < <http://www.epw.senate.gov/envlaws/cleanair.pdf>> Acesso em: 24 set.2023.

US Congress, 1969. The National Environmental Policy Act. 42 U.S.C. §4321 et seq. (1969). United States Environmental Protection Agency-EPA. Disponível em: < <http://www.epw.senate.gov/nepa69.pdf>> Acesso em: 24 set.2023.

WEF – World Economy Forum. Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. (2014).