

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

MARCELLE MANHÃES TERRA

**GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: TECNOLOGIAS E ESTRATÉGIAS
PARA O ENCERRAMENTO DE LIXÕES E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
CONTAMINADAS**

São Paulo

2024

**GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: TECNOLOGIAS E ESTRATÉGIAS
PARA O ENCERRAMENTO DE LIXÕES E RECUPERAÇÃO DE ÁREAS
CONTAMINADAS**

Versão Original

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para a obtenção do título de Especialista em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields.

Orientador: Mônica Machado Stuermer

São Paulo

2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação

(aguardar instruções)

RESUMO

Terra, Marcelle Manhães. Título. 2024.46 f. Monografia (MBA em Gestão de Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de Brownfields) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024.

A questão dos lixões no Brasil é de extrema importância, não só pela destinação inadequada de resíduos sólidos, mas também pela urgência do encerramento e da recuperação desses locais, que representam uma séria ameaça à saúde pública e ao meio ambiente. Esta pesquisa se propõe a analisar a interseção entre a existência de lixões, as legislações pertinentes, os cenários municipais e os desafios enfrentados pelo poder público na busca pelo fim desses depósitos irregulares. Para isso, serão investigadas as leis relacionadas à gestão de resíduos sólidos, analisados dados específicos dos municípios e identificados os obstáculos para o encerramento dos lixões. Além disso, serão examinadas as consequências socioambientais dos lixões e propostas estratégias para superar os desafios existentes. A implementação de um banco de dados unificado é sugerida como uma medida crucial para promover a transparência e a prestação de contas à sociedade, permitindo um acompanhamento mais eficaz dos projetos de encerramento e recuperação dos lixões, e incentivando a participação cidadã na busca por soluções sustentáveis para o gerenciamento de resíduos sólidos.

Palavras-chave: Gestão de resíduos sólidos, Lixões, Remediação, Transparência, Legislação Ambiental

ABSTRACT

Title. 2024. 46 p. Monograph (MBA in Contaminated Area Management, Sustainable Urban Development, and Brownfield Revitalization) - Polytechnic School, University of São Paulo, São Paulo, 2024.

The issue of landfills in Brazil is of utmost importance, not only due to the inadequate disposal of solid waste but also because of the urgency of closing and recovering these sites, which pose a serious threat to public health and the environment. This research aims to analyze the intersection between the existence of landfills, relevant legislation, municipal scenarios, and the challenges faced by the government in the quest to end these irregular deposits. To achieve this, laws related to solid waste management will be investigated, specific municipality data will be analyzed, and obstacles to closing landfills will be identified. Additionally, the socio-environmental consequences of landfills will be examined, and strategies to overcome existing challenges will be proposed. The implementation of a unified database is suggested as a crucial measure to promote transparency and accountability to society, allowing for more effective monitoring of landfill closure and recovery projects, and encouraging citizen participation in seeking sustainable solutions for solid waste management.

Keywords: Solid waste management, Landfills, Remediation, Transparency, Environmental Legislation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Infográfico do Programa Lixão Zero do MMA

Figura 2 – Impactos ambientais causados pelos lixões

Figura 3 - Etapas para remediação e eliminação de lixões de RSU.

Figura 4 - Percentual de municípios com disposição final ambientalmente inadequada de resíduos sólidos

Figura 5 - Gráficos demonstrativos por região do Brasil do percentual de massa de resíduos sólidos com disposição final ambientalmente inadequada, por meio de dados levantados até 2018 e estimativa para 2023.

Figura 6 – Geração de RSU no Brasil (T/Ano e Kg/Hab/Ano)

Figura 7 – Participação das Regiões na Geração de RSU (%)

Figura 8 - Para ISWA a indústria de resíduos deve ser o centro da economia circular

Figura 9 - Modelo e elementos conceituais de governança de resíduos (ISWA,2022)

Figura 10 - Estágio da Gestão de Resíduos e o Impacto da Indústria 4.0

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Principais diferenças entre os métodos reconhecidos internacionalmente para a remediação de lixões de Resíduos Sólidos Urbanos elencados pelo GOMES e CASTILHOS JUNIOR (2022).

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 – Unidades de disposição final e suas abrangências do SINIR

Imagem 2 – Situação dos municípios da região sudeste quanto à disposição final dos resíduos em lixões

Imagem 3 – Situação dos municípios da região sudeste quanto à disposição final dos resíduos em aterros controlados

LISTA DE SIGLAS

ABEMA - Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente

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

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CNM - Confederação Nacional de Municípios

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONEMA -Conselho Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBIO -Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INEA- Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro

ISWA- InternationalSolidWasteAssociation

FAD- Ferramenta de Apoio à Decisão

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais

MMA- Ministério do Meio Ambiente

NBR– Norma Brasileira

PAC- Programa de Aceleração do Crescimento

PLANARES- Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos-

PGIRS - Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PRAD- Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas ou Perturbadas

PSGIRS - Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

UGRs- Unidades de Gestão Regional

SINIR– Sistema Nacional de Informações sobre Gestão dos Resíduos Sólidos;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBEJTIVO.....	12
3. JUSTIFICATIVA.....	13
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1. INTRODUÇÃO

A problemática dos lixões no Brasil é um tema de extrema relevância que envolve não apenas a adequada destinação de resíduos sólidos, mas também a necessidade imperativa de encerramento e recuperação ambiental desses locais. Lixões, que historicamente têm servido como destinos inadequados para o lixo gerado pela sociedade, representam uma ameaça crônica à saúde pública, ao meio ambiente e à qualidade de vida das comunidades circunvizinhas.

A existência de lixões representa não apenas uma violação da qualidade ambiental, mas também reflete lacunas nas estruturas legislativas e na capacidade do poder público em implementar e fiscalizar políticas eficazes de gestão de resíduos (LOURENÇATTO, 2006). Esta pesquisa se propõe a analisar de maneira aprofundada a interseção entre a existência de lixões, as legislações pertinentes, os dados dos cenários municipais e os desafios enfrentados pelo poder público na busca pela extinção desses depósitos irregulares.

O estudo das legislações vigentes relacionadas à gestão de resíduos sólidos é fundamental para compreender o arcabouço legal que orienta as ações do poder público. A análise crítica destas normativas permitirá identificar possíveis lacunas, inconsistências e desafios na implementação de políticas que visem a eliminação dos lixões e a promoção de práticas sustentáveis.

Além disso, a investigação dos dados específicos dos cenários municipais propicia uma compreensão mais precisa da dimensão do problema, permitindo identificar variações regionais, pontos críticos e potenciais fatores determinantes para a persistência dos lixões em determinadas localidades. A contextualização dos dados no âmbito das legislações existentes contribuirá para uma análise mais completa e embasada.

A tarefa de encerrar e recuperar esses sítios representa um desafio multifacetado que demanda não apenas esforços técnicos, mas também considerações sociais, econômicas e políticas.

A pesquisa também se dedicará a identificar e compreender os desafios enfrentados pelo poder público na extinção dos lixões, considerando aspectos como conhecimento muitas vezes limitado das equipes de planejamento urbano sobre gestão de resíduos sólidos, limitações financeiras, falta de conscientização da população, carência de infraestrutura adequada e resistências políticas. A compreensão desses desafios é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes e realistas que possam ser implementadas para superar as barreiras existentes.

Assim, ao abordar a problemática dos lixões sob a perspectiva legislativa, da realidade municipal e dos desafios para sua extinção por parte do poder público, esta pesquisa visa contribuir significativamente para o aprimoramento das políticas de gestão de resíduos sólidos, promovendo um ambiente mais saudável e sustentável para as comunidades locais e, por extensão, para o conjunto da sociedade.

2. OBJETIVOS

O objetivo desta monografia é analisar a problemática dos lixões no Brasil, com ênfase no encerramento e na remediação ambiental desses locais, por meio do levantamento e análise de legislações, regulamentações e documentações técnicas pertinentes. Os objetivos específicos são:

- Investigar a evolução histórica dos lixões no Brasil, identificando os principais fatores que contribuíram para sua proliferação.
- Analisar as consequências ambientais, sociais e econômicas associadas à presença de lixões, enfatizando os riscos à saúde pública e ao meio ambiente.
- Examinar as legislações e regulamentações nacionais e locais relacionadas à gestão de resíduos sólidos, com foco especial nas normativas que tratam do encerramento e da recuperação de lixões.
- Realizar uma revisão da literatura para identificar as melhores práticas e estratégias técnicas para o encerramento seguro de lixões e sua subsequente recuperação ambiental.
- Avaliar a efetividade das políticas públicas e práticas de gestão existentes no Brasil em relação ao encerramento e à recuperação de lixões.
- Identificar lacunas, desafios e oportunidades na legislação e práticas vigentes, propondo recomendações para aprimorar a abordagem brasileira em relação aos lixões.

3. JUSTIFICATIVA

A presença de lixões no país provoca um impacto ambiental significativo, contribuindo para a degradação do solo, a contaminação da água e a emissão de gases de efeito estufa. O encerramento e a remediação desses locais emergem como medidas essenciais para preservar a integridade dos ecossistemas e promover a sustentabilidade ambiental.

Além disso, os lixões representam uma ameaça direta à saúde pública, expondo a população a riscos decorrentes da contaminação do solo e da água por substâncias tóxicas presentes nos resíduos. A análise criteriosa das legislações e regulamentações pertinentes é crucial para avaliar a eficácia das políticas existentes nesse contexto e garantir uma proteção adequada à saúde da população.

A pesquisa também se propõe a explorar os desafios práticos enfrentados na implementação de políticas públicas destinadas ao encerramento e à remediação de lixões. A análise de documentações técnicas e regulamentações relevantes proporcionará uma compreensão mais aprofundada desses desafios, informando sobre obstáculos que podem impactar a eficácia dessas iniciativas.

Ao buscar compreender e propor estratégias eficazes para o encerramento e a remediação de lixões, promovendo a disseminação de práticas sustentáveis, contribuindo assim para a construção de políticas públicas mais efetivas e possibilitando que os municípios possam ter um direcionamento de como realizar a recuperação e revitalização dessas áreas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Rabelo, Tavares e Fisciletti (2017), apesar da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA, 1981) ter por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, somente com a Constituição Federal de 1988 a questão dos resíduos sólidos começou a ser tratada de forma especial, dando autonomia e competências próprias aos municípios e sendo detentores da titularidade dos serviços de limpeza urbana e toda a gestão e manejo dos resíduos sólidos, desde a coleta até a destinação ou disposição final ambientalmente adequada.

Diversas outras leis foram estabelecidas para que fosse possível a execução dos serviços de coleta, transporte e disposição final dos resíduos, porém a Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB de 2007 definiu claramente os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos sendo um conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário de varrição e limpeza de logradouros e vias públicas.

A Política Nacional de Saneamento Básico foi um importante marco legal, por estabelecer diretrizes nacionais, além de propiciar uma gestão consorciada dos serviços de saneamento por meio de convênios de cooperação ou consórcios públicos.

A falta de implantação de infraestruturas e serviços de responsabilidade dos municípios no âmbito dos resíduos sólidos, diferente das demais áreas que rege a Política Nacional de Saneamento Básico (abastecimento de água e esgotamento sanitário), é destacado por Neto e Moreira (2010), foi proveniente da excessiva pulverização do tema resíduos sólidos em diversas leis, decretos, portarias e resoluções.

Os mesmos pesquisadores observam que o processo para aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei nº 12.305/2010), que estabeleceu diretrizes, instrumentos e responsabilidades para a gestão de resíduos sólidos, foi demorada, em virtude da falta de consenso entre o governo, sociedade civil e setor empresarial sobre a responsabilização do pós-consumo, sendo necessária a definição das atribuições aos fabricantes, importadores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana com foco na minimização dos impactos ambientais decorrentes do ciclo de vida dos produtos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos teve como premissa a capacidade de planejamento e cooperação entre os municípios, demarcou a obrigatoriedade de elaboração de Planos Estaduais de Resíduos Sólidos e a elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos vinculando esses instrumentos como condicionantes para acesso a recursos da União, conforme estabelece o Art. 16 da Lei nº 12.305/2010.

Além disso, a Política Nacional de Resíduos Sólidos representa uma mudança significativa nas perspectivas da reciclagem no Brasil, pois não apenas estabelece o estímulo ao reaproveitamento de materiais recicláveis por parte de empresas, tanto públicas quanto privadas, mas também promove a conscientização da população e a inclusão de uma considerável parcela de trabalhadores informais na coleta seletiva, que agora passa a ser regulamentada. Para atingir tais objetivos, a legislação prevê instrumentos como o incentivo à coleta seletiva e à reciclagem, práticas de educação sanitária e ambiental, além de proporcionar incentivos fiscais e a instituição de sistemas de logística reversa. Essas medidas visam não apenas promover a gestão sustentável de resíduos, mas também fomentar a participação efetiva de diversos setores da sociedade na busca por práticas mais responsáveis e ambientalmente amigáveis.

De acordo com a publicação em 2018 dos dados apurados em 2017 pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima, 54% dos municípios têm Plano de Resíduos Sólidos e a presença do plano tende a ser maior em municípios mais populosos, variando de 49% nos municípios de 5mil a 10 mil habitantes para 83% nos municípios com mais de 500 mil habitantes.

Os Planos de Gestão de Resíduos Sólidos devem englobar todo o processo, desde a origem do resíduo com a identificação do responsável pela geração, até a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Isso implica na atribuição de responsabilidades aos setores público, titular ou concessionário, consumidores, cidadãos e setor privado. Esses atores desempenham papéis cruciais na implementação de soluções que visam minimizar ou eliminar os impactos negativos para a saúde pública e o meio ambiente em todas as etapas do "ciclo de vida" dos produtos.

O conteúdo mínimo dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos é delineado no art. 19, incisos I ao XIX, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Importante ressaltar que os Planos Municipais de Saneamento Básico, conforme regulamentados pela Lei nº 11.445/2007, podem incorporar o conteúdo mínimo estipulado pela PNRS para o segmento de resíduos sólidos. Essa sinergia visa otimizar a integração entre a Lei de Saneamento Básico e a PNRS, ampliando o alcance do planejamento para municípios, alinhando-os às diretrizes da Lei nº 12.305/2010.

Adicionalmente, a PNRS prevê a possibilidade de simplificação do conteúdo do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) para municípios de pequeno porte, com população inferior a 20.000 habitantes, conforme dados do último censo do IBGE. Essa condição não se aplica aos municípios que se enquadram em categorias específicas, como os localizados em áreas de especial interesse turístico, na área de influência de empreendimentos com impacto ambiental significativo em âmbito regional ou nacional, e aqueles que abrangem, total ou parcialmente, Unidades de Conservação. O Decreto nº 7.404/2010, que regula a PNRS, estabelece, no artigo 51, § 1º, incisos I a XIV, os requisitos mínimos para um Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PSGIRS).

Ainda, a Lei nº 12.305/2010 no Art. 15 estabeleceu, no inciso V, a meta de eliminação e recuperação dos lixões, com prazo de 4 anos, ou seja, até o fim de 2014, porém de acordo com dados do SINIR em 2019, o Brasil ainda tinha mais de 3mil lixões ativos em todo o território.

A Lei Federal nº14.026/2020 atualizou o Marco Regulatório do Saneamento Básico, instituído pela Lei Federal nº11.445/2007, além de atribuir a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a competência para instituir normas para regularização dos serviços públicos de saneamento básico (abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem urbana).

No âmbito do Marco do Saneamento Básico, o prazo de ajustamento na correta disposição final adequada dos rejeitos ficou estabelecido entre 31 de dezembro de 2020 e

2024 para os municípios que até a data da promulgação da lei tenham elaborado o Plano de Gestão de Resíduos Sólidos e que disponham de mecanismos de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira.

Diversas Normas Técnicas orientam a avaliação de áreas contaminadas, destacando-se a importância da observância da NBR 15515-1:2007, NBR 15515-2:2011 e NBR 15515-3:2013. Estas normas abrangem, respectivamente, a Avaliação Preliminar, a Investigação Confirmatória e a Investigação Detalhada, sendo imperativo aplicá-las em todas as áreas que tenham ou tenham tido lixões ou aterros controlados. Além dessas diretrizes, a NBR 16210:2013 estabelece o modelo conceitual para o gerenciamento de áreas contaminadas, enquanto a NBR 16435:2015 oferece orientações quanto ao controle de qualidade na amostragem para investigação de áreas contaminadas. Complementarmente, a NBR 16209:2013 estipula a avaliação de riscos à saúde humana com vistas ao gerenciamento de áreas contaminadas. Essas normas, quando rigorosamente seguidas, constituem ferramentas fundamentais para a condução de avaliações precisas e abrangentes, promovendo uma gestão adequada e responsável de áreas impactadas por resíduos sólidos.

O lixão representa a forma mais inadequada de disposição final de resíduos, constituindo-se como um extenso depósito a céu aberto desprovido de qualquer forma de controle. Geralmente adotado em municípios de menor porte ou em regiões economicamente menos favorecidas do país, caracteriza-se pela ausência total de planejamento e de medidas de preservação ambiental e saúde pública. Diferentes tipos de resíduos, incluindo domiciliares, urbanos, industriais e hospitalares, são indiscriminadamente depositados sem qualquer supervisão quanto à sua origem ou acesso. A decomposição desses resíduos resulta na formação de chorume, um líquido contaminante capaz de comprometer o solo e os lençóis freáticos.

O aterro controlado representa uma modalidade intermediária entre o lixão e o aterro sanitário, frequentemente configurando-se como uma melhoria operacional e física de antigos lixões. Apesar dessa evolução, persiste a contaminação do solo e das águas superficiais, uma vez que não há implementação de sistema de coleta de chorume e gases prejudiciais, tampouco impermeabilização do solo. A distinção principal em relação ao lixão reside na implementação de medidas como a isolamento da área, controle de acesso e a destinação exclusiva para resíduos não perigosos. Adicionalmente, práticas como a compactação e cobertura do lixo com uma camada de solo após cada depósito são adotadas, e ao término da operação, a área recebe somente uma cobertura de argila e solo, seguida pelo plantio de gramíneas.

O aterro sanitário representa a abordagem técnica mais apropriada para a disposição de resíduos na atualidade, conforme estabelecido pela NBR 8419/1992. Este método contribui significativamente para a diminuição dos impactos ambientais e prevenção de problemas relacionados à saúde pública. A norma mencionada define que a vida útil mínima de aterros sanitários deve ser de 25 anos, devido às especificidades necessárias para sua instalação. No âmbito operacional, os resíduos são integralmente compactados e submetidos a camadas impermeabilizantes. As características fundamentais dos aterros sanitários incluem impermeabilização da base e laterais, recobrimento diário dos resíduos, cobertura final das plataformas de resíduos, coleta, drenagem e tratamento de lixiviados (chorume e água pluvial), coleta e tratamento de gases, drenagem superficial, além de monitoramento técnico e ambiental constante.

Uma pesquisa abrangente, realizada em 4 mil dos 5.568 municípios brasileiros e divulgada pela Confederação Nacional de Municípios (CNM), entidade que desempenha um papel próximo às prefeituras municipais, revelou que, no mínimo, 34,3% das cidades brasileiras ainda adotam a prática de disposição de resíduos em lixões e aterros controlados. É importante ressaltar que, em 2015, esse percentual era significativamente maior, alcançando 50,6%. Essa constatação destaca a persistência desse desafio ambiental em uma parcela substancial do território brasileiro.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) criou em 2019 o Programa Nacional Lixo Zero que tem por objetivo fornecer suporte aos estados e municípios na gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos e está integrado à Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana.

Por meio do Programa Lixo Zero, o Ministério do Meio Ambiente oferece um diagnóstico abrangente da atual situação dos Resíduos Sólidos Urbanos, delineando metas desejadas, fornecendo indicadores para avaliar a eficácia da política pública. Além disso, disponibiliza um Plano de Ação contendo medidas práticas e tangíveis, bem como uma Agenda de Atividades que tem por objetivo periodicamente atualização conforme a evolução do programa.

De acordo com o Infográfico emitido pelo Programa Nacional Lixo Zero, com dados de 2019 do SINIR– Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos, 45% dos municípios declarantes, cerca de 2.517 municípios, não possui o PGIRS, o que abrange 29,4% da população, correspondendo a 61 milhões de habitantes. Ainda de acordo com o Infográfico, 45% dos municípios declarantes do SINIR depositam seus resíduos de forma inadequada e somente 1.254 municípios realizam a Coleta Seletiva.

Figura 1 - Infográfico do Programa Lixão Zero do MMA



Fonte: Site do MMA < <https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/agendaambientalurbana/lixao-zero/infograficos> >

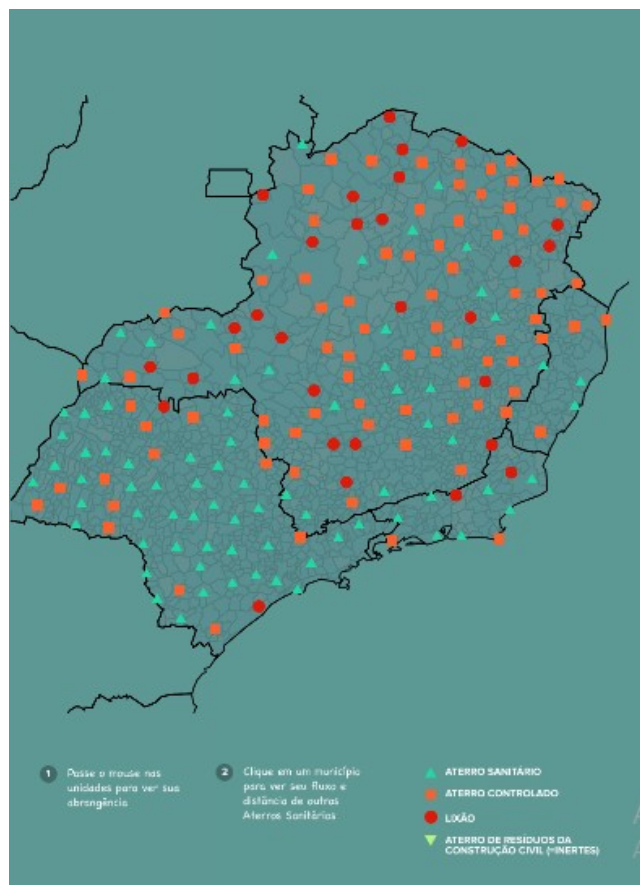
De acordo com o último relatório emitido pelo SINIR referente ao ano de 2020, e atualizado em 10 de agosto de 2021, dos municípios declarantes, 1.110 municípios destinam seus resíduos para lixões, porém cerca de 30% dos municípios não fizeram a declaração, o que corresponde o quantitativo de 1.690 municípios, sem quaisquer informações.

A região sudeste é a macrorregião que detém o maior índice de geração de resíduo, sendo que de acordo com o Painel de Destinação dos resíduos liberado pelo SINIR, referente ao ano

de 2019, aproximadamente 22 mil ton/ano são destinadas adequadamente, conforme declarado por 885 municípios que dispõe 100% dos resíduos coletados para Aterro Sanitário, contra aproximadamente 3 mil ton/ano dispostos inadequadamente, declarado por 526 municípios são classificados em situação inadequada, por não possuem 100% da disposição adequada. Ressalta-se que 257 municípios não declararam seus dados ao SINIR sendo estimado um volume de 3,7 mil ton/ano sem informações sobre sua destinação.

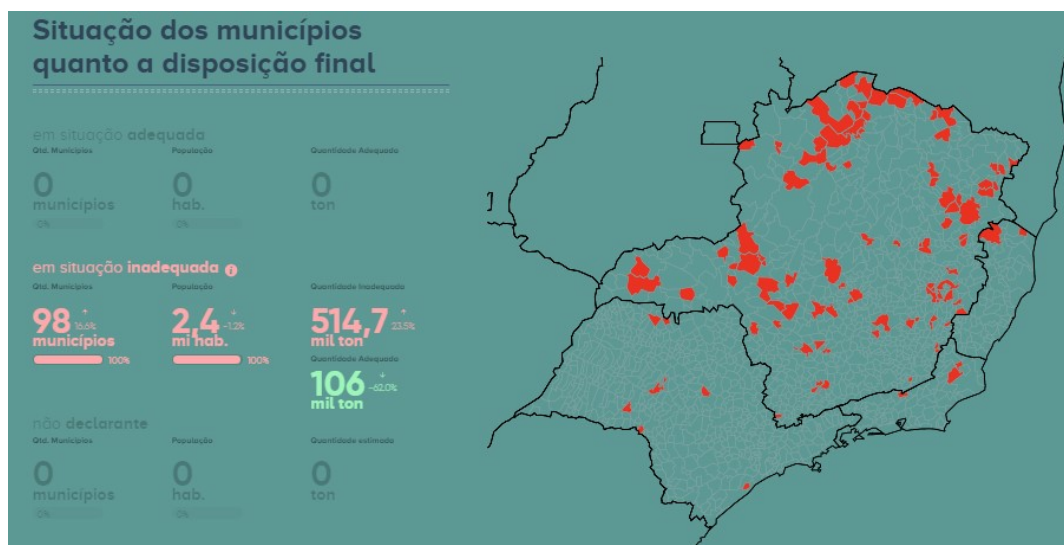
Com base nos dados fornecidos de 2018 e 2019, ocorreu um aumento de 29% dos municípios que destinaram corretamente seus resíduos, sendo em 2018, 774 municípios e em 2019 e 885 municípios. Dos 1411 municípios que declaram ao SINIR em 2019, 98 municípios despejam seus resíduos em lixões e 428 municípios em aterros controlados, conforme demonstram as imagens abaixo.

Imagem 1 – Unidades de disposição final e suas abrangências do SINIR



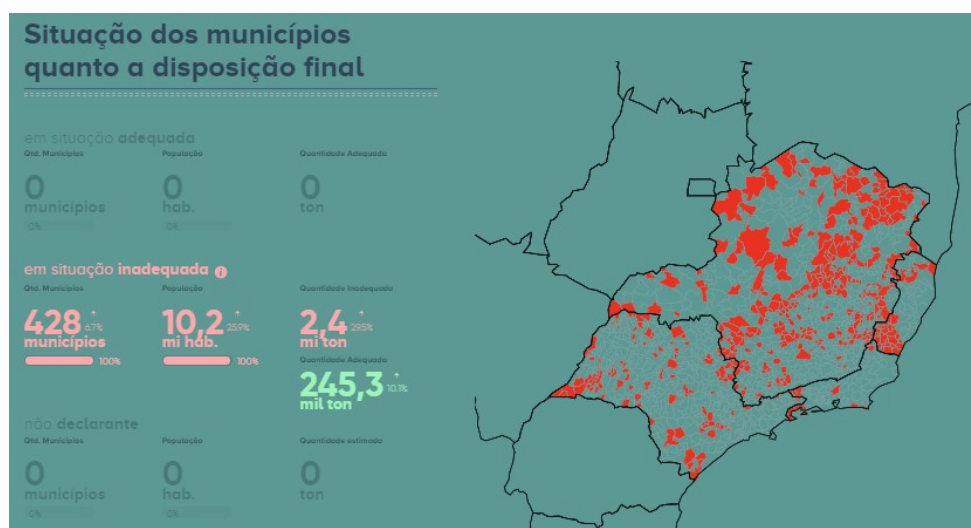
Fonte: Painel de Destinação do SINIR, 2019

Imagem 2 – Situação dos municípios da região sudeste quanto à disposição final dos resíduos em lixões



Fonte: Painel de Destinação do SINIR, 2019

Imagem 3 – Situação dos municípios da região sudeste quanto à disposição final dos resíduos em aterros controlados



Fonte: Painel de Destinação do SINIR, 2019

Os estados de São Paulo e Rio de Janeiro destacam-se por apresentarem as mais elevadas taxas de destinação de resíduos para aterros sanitários no Brasil. São Paulo, sendo o estado mais populoso e economicamente desenvolvido do país, registra uma significativa quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários, principalmente em decorrência da alta concentração urbana e industrial. No entanto, segundo declarações ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), São Paulo admitiu ainda possuir sete lixões e 109 aterros controlados ativos em 2019.

O Estado do Rio de Janeiro não fica atrás, também declarando ao SINIR a presença de três lixões e nove aterros controlados ainda em atividade. Esses dados indicam que, apesar do

destaque na destinação para aterros sanitários, ambos os estados ainda enfrentam desafios na eliminação completa de práticas inadequadas de gestão de resíduos, como evidenciado pela existência de lixões e aterros controlados ativos.

Nota-se que, mesmo nos dois estados que detêm maiores recursos e incentivos para encerramento e remediação de lixões, persiste um quantitativo expressivo de locais ativos. Tal constatação suscita a reflexão sobre as condições dos estados que possuem recursos financeiros mais limitados, sugerindo a possibilidade de enfrentarem desafios ainda mais significativos na gestão adequada de resíduos sólidos.

A Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009 e suas alterações realizadas pela Resolução CONAMA nº 460/2013, dispõem 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.

No Estado do Rio de Janeiro, a Resolução Conema nº 44/2012 estabelece a necessidade de identificar possíveis casos de contaminação ambiental do solo e das águas subterrâneas por agentes químicos durante o processo de licenciamento ambiental estadual.

De acordo com o Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos elaborado pela FEAM (2010), o descarte de resíduos em lixões provoca sérios problemas de saúde pública, como a disseminação de vetores de doenças e a emissão de gases poluentes, além de gera contaminação do solo e das águas pelo chorume. Ambientalmente, os lixões agravam a poluição do ar, do solo e da água, apresentando riscos de deslizamentos em encostas. Socialmente, interferem na estrutura local, atraindo populações de baixa renda que buscam sustento na separação de materiais recicláveis, apesar das condições precárias. Há também a disposição inadequada de resíduos, incluindo dejetos de serviços de saúde e indústrias. Outros impactos incluem a presença de animais, problemas sociais e econômicos com catadores desorganizados, riscos de incêndio e desvalorização imobiliária nas proximidades.

Figura 2 – Impactos ambientais causados pelos lixões



Fonte: FEAM, Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbano (2010)

O encerramento de um lixão demanda tempo e recursos técnicos e econômicos, os quais são proporcionais ao nível de comprometimento da área e à capacidade da Prefeitura Municipal de realizar adequadamente a destinação dos resíduos sólidos urbanos. É crucial ressaltar que, em todas as alternativas técnicas adotadas, as medidas de engenharia e controle ambiental devem integrar um documento elaborado por um profissional habilitado, conhecido como Plano de Reabilitação de Área Degradada por Lixão (FEAM, 2010).

A Instrução Normativa ICMBIO Nº 11, de 11 de dezembro de 2014, determinar diretrizes para a elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da implementação de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas ou Perturbadas (PRAD), com o propósito de atender às exigências da legislação ambiental.

No Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos elaborado pela FEAM (2010), o Plano de Reabilitação de Área Degradada por Lixão, deve contemplar informações mínimas que abrangem diversos aspectos. Dentre os requisitos destacados, incluem-se a caracterização e identificação do empreendimento, assim como dos responsáveis pelo projeto. Adicionalmente, o plano deve conter um levantamento

topográfico/cadastral abrangente, considerando elementos como cursos d'água, poços ou cisternas, e edificações num raio de até 500 metros do local.

Outros elementos essenciais compreendem a caracterização geológica/geotécnica da área, um diagnóstico ambiental simplificado abordando aspectos físicos e socioeconômicos da região próxima ao depósito de lixo, e a caracterização das águas subterrâneas em pontos específicos, tanto a montante quanto a jusante do lixão. Além disso, o plano deve apresentar um memorial descritivo das propostas para os processos de recuperação, incluindo orientações para execução de serviços como reconformação geométrica, selagem do lixão, drenagem de águas pluviais, drenagem de gases, tratamento de lixiviados, cobertura vegetal e isolamento da área.

Outros aspectos relevantes são a definição de alternativas para o uso futuro da área, o estabelecimento de um programa de monitoramento abrangendo estabilidade do maciço, manutenção dos sistemas de drenagem, qualidade das águas superficiais e subterrânea, crescimento e controle da cobertura vegetal, e sistemas de sinalização e isolamento da área. Por fim, o plano deve incluir uma estimativa de custos e um cronograma de execução.

Para GOMES e CASTILHOS JUNIOR(2022), existem quatro métodos reconhecidos internacionalmente para a remediação de lixões de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU, sendo o método presuntivo norte-americano, o guia técnico francês, o manual de reabilitação de lixões indianos e o caderno técnico brasileiro para remediação de áreas degradadas por RSU. Com base nos métodos reconhecidos internacionalmente, os pesquisadores desenvolveram uma Ferramenta de Apoio à Decisão (FAD) para indicar os cenários e técnicas de remediação e auxiliar os gestores municipais no estabelecimento das prioridades de remediação dos lixões.

Tabela 1: Principais métodos reconhecidos internacionalmente para a remediação de lixões de Resíduos Sólidos Urbanos elencados pelo GOMES e CASTILHOS JUNIOR (2022).

Método	Enfoque	Principais Etapas	Recursos Necessários
Método Presuntivo Norte-Americano (Estados Unidos)	Avaliação inicial rápida e preliminar	1. Confina os resíduos após a escavação. 2. Trata áreas mais contaminadas. 3. Coleta e trata águas, gases e lixiviados. 4. Realiza estudos indicados por fluxogramas.	Equipe técnica qualificada, equipamentos de medição e amostragem, dados históricos.

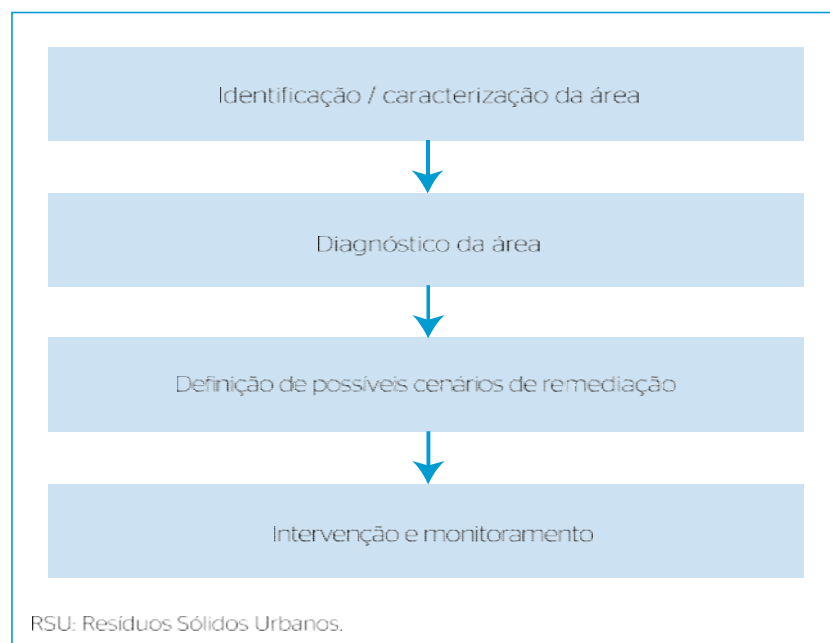
Guia Técnico Francês (França)	Ênfase na caracterização e remediação	1. Levantamento documental e do histórico da área. 2. Visita ao lixão. 3. Análise de risco. 4. Escolha do cenário de remediação.	Laboratório especializado, equipe multidisciplinar, tecnologias de remediação avançadas.
Manual de Reabilitação de Lixões (Índia)	Abordagem sustentável e de baixo custo	1. Classificação do índice de risco do lixão. 2. Determinação da ação necessária com base na classificação de risco.	Mão de obra local, materiais de construção simples, conhecimento da comunidade.
Caderno Técnico Brasileiro (Brasil)	Foco na legislação e práticas locais	1. Estabelecimento de critérios para adoção de cinco cenários de remediação. 2. Escolha do cenário de remediação adequado com base nos critérios estabelecidos.	Conhecimento da legislação ambiental brasileira, parcerias com órgãos públicos

Fonte: GOMES e CASTILHOS JUNIOR (2022)

É relevante observar que determinados métodos evidenciam uma abordagem mais minuciosa no que concerne à análise de risco e à seleção do cenário de intervenção, ao passo que outros destacam-se pela ênfase na sustentabilidade e na conformidade com as práticas regionais.

De acordo com as considerações de RAMOS, GOMES, CASTILHOS E GOURDON(2017) a maioria dos municípios de pequeno porte no Brasil carece de uma equipe técnica capaz de realizar diagnósticos em seus lixões e estabelecer prioridades para a remediação. Assim, uma Ferramenta de Apoio à Decisão (FAD), de utilização simplificada, representa uma alternativa significativa para preencher essa lacuna, que foi desenvolvida pelo grupo de pesquisadores, conforme demonstrado na Figura 3 que ilustra as etapas para remediação e eliminação de lixões de RSU.

Figura 3 - Etapas para remediação e eliminação de lixões de RSU.



Fonte: Ramos, Gomes, Castilhos e Gourdon

Conforme apontado por MORRISSEY e BROWNE (2004), as primeiras incursões investigativas visando o desenvolvimento de Avaliações de Desempenho de Resíduos (FADs) datam das décadas de 1970 e 1980, com um enfoque primordial na redução de custos relacionados à gestão de resíduos mistos e recicláveis. Posteriormente, entre o final dos anos 1980 e o término dos anos 1990, observou-se uma integração dos conceitos de gestão integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) nessas ferramentas. Até então, a literatura disponível sobre o tema era limitada. Contudo, foi a partir dos anos 2000 que as FADs passaram a incorporar uma gama mais ampla de indicadores sociais, ambientais e econômicos, empregando análise multicritério, como exemplificado pela abordagem adotada pelo grupo de pesquisadores.

Em síntese, os pesquisadores constataram que a efetiva conclusão do encerramento e a recuperação de lixões é uma ocorrência limitada, devido a desafios técnicos e financeiros enfrentados pelos municípios. Notavelmente, as iniciativas de reabilitação dessas áreas geralmente se restringem à aplicação de uma cobertura simples de terra sobre os resíduos, seguida por cercamento da área e posterior abandono, favorecendo o desenvolvimento natural da vegetação. Adicionalmente, observou-se a prática comum de não conduzir um diagnóstico ambiental adequado nos locais onde os lixões estão situados, resultando em uma falta de conhecimento acerca dos potenciais riscos para a população e o meio ambiente.

De acordo com os autores, elementos, técnicas e ferramentas para auxiliar na identificação, diagnóstico e definição da remediação a ser realizada e posteriormente a

intervenção e monitoramento são umas das diretrizes necessárias para que seja realizado os encerramentos e remediações das áreas dos lixões, porém a dificuldade maior é o custo financeiro, capacidade operacional de acompanhamento e fiscalização das ações de remediação.

O Relatório Nacional de Saneamento Básico, elaborado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional do Brasil e publicado em 2018, destaca que uma proporção significativa dos municípios brasileiros ainda enfrenta desafios relacionados à disposição final inadequada de resíduos sólidos. Apesar de uma diminuição em relação aos números de 2014, foi constatado que, em 2018, 46,8% dos municípios ainda adotavam práticas de disposição ambientalmente inadequadas, como o uso de aterros controlados ou lixões.

Figura 4 - Percentual de municípios com disposição final ambientalmente inadequada de resíduos sólidos



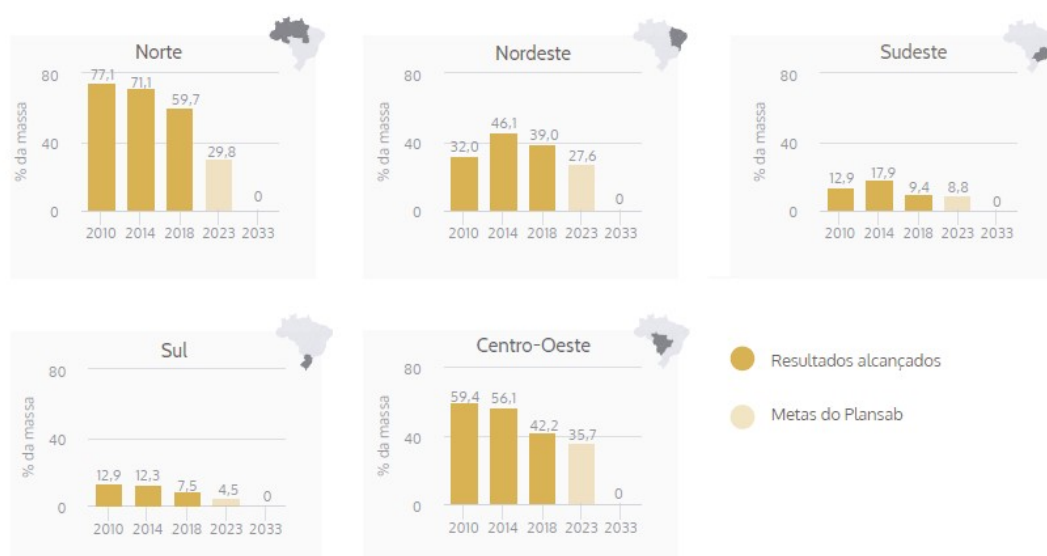
Fonte: Relatório Nacional de Saneamento Básico (2018) – dados levantados e meta estimada para 2023

Ainda de acordo com o Relatório Nacional de Saneamento Básico (2018), a análise regional do gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, constatou-se que o Sudeste foi a macrorregião que apresentou maior proximidade em relação à meta estabelecida para o ano de 2023. No ano de 2018, aproximadamente 21,6 milhões de toneladas de resíduos domiciliares e públicos, o que representa 90,6% do total, foram direcionados para aterros sanitários. A parcela restante, equivalente a cerca de 2,2 milhões de toneladas (9,4%), foi destinada a aterros controlados ou lixões.

Por outro lado, o Norte do país foi identificado como a macrorregião que permaneceu mais distante do cumprimento da meta estabelecida. Nessa região, cerca de 2 milhões de toneladas de resíduos sólidos domiciliares e públicos, correspondendo a 59,7% do total, foram

dispostos de maneira ambientalmente inadequada. Esses dados evidenciam a disparidade regional no gerenciamento de resíduos sólidos e a necessidade de implementação de medidas específicas para enfrentar esse desafio, especialmente nas regiões que apresentam maior defasagem em relação às metas estabelecidas.

Figura 5 - Gráficos demonstrativos por região do Brasil do percentual de massa de resíduos sólidos com disposição final ambientalmente inadequada, por meio de dados levantados até 2018 e estimativa para 2023.



Fonte: Relatório Nacional de Saneamento Básico (2018) – dados levantados e meta estimada para 2023

Diante das análises realizadas no Relatório Nacional de Saneamento Básico (2018), produzido pelo Ministério do Desenvolvimento Regional do Brasil, é evidente a necessidade premente de adequação de medidas que possam alterar o cenário atual. A constatação de que, em 2018, a conjuntura política, econômica, social e administrativo-gerencial do país deslocou o cenário de planejamento para uma realidade distante da universalização dos serviços de saneamento básico, conforme indicado pela transição do Cenário 2 - Busca da Universalização para o Cenário 3 - Distante da Universalização, levanta sérias preocupações.

A manutenção dessa situação nos próximos anos representa um risco iminente de não cumprimento das metas estabelecidas, o que poderá demandar ajustes significativos no cenário de referência do Plano Nacional de Saneamento Básico em futuras revisões. Diante desse contexto desafiador, destaca-se a importância crucial de uma união de esforços entre os diversos entes federados e agentes públicos e privados do país, com responsabilidades nos serviços de saneamento básico. Somente por meio do desenvolvimento conjunto de

alternativas e soluções, voltadas para a ampliação gradual do acesso e o aprimoramento da qualidade dos serviços prestados, será possível enfrentar efetivamente os desafios e promover avanços significativos no setor.

A falta de sucesso em tentativas anteriores de abordar esse desafio enfatiza a necessidade crucial de implementar abordagens alternativas, que ultrapassem as restrições puramente legais. Nesse contexto, o governo federal tem promovido, desde 2019, a implementação de medidas efetivas destinadas a criar e catalisar as condições propícias para a erradicação de lixões e aterros controlados, em colaboração com os municípios e consórcios.

Na etapa inicial de formulação por parte do MMA, os programas delineados foram meticulosamente guiados pelos princípios, objetivos e instrumentos estipulados na Política Nacional de Resíduos Sólidos, conforme preceituado nos artigos 6º, 7º e 8º, bem como pelas metas estrategicamente delineadas no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares). O propósito desses programas foi enaltecer as iniciativas já em vigor sob a tutela do MMA, assegurando sua continuidade, reforçando sua consolidação e facilitando, sempre que viável, sua expansão. Além dessa perspectiva de fortalecimento, tais programas abarcam a introdução de novas ações, delineando propostas específicas para programas de vulto, a saber: o Programa Nacional Lixão Zero (2019), o Programa Nacional de Combate ao Lixo no Mar (2019), e o Programa Nacional Rios + Limpos (2018), o Programa Nacional de Logística Reversa (2010), e o Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas (2012). Este enfoque abrangente não apenas atende aos requisitos normativos impostos pela legislação ambiental, mas também almeja catalisar progressos substanciais na gestão responsável de resíduos sólidos, alinhando-se com uma visão ambientalmente sustentável.

Apesar dos esforços do MMA na elaboração dos programas elencados, os mesmos não são aplicados de forma eficaz, exemplo disso é o Programa Nacional Lixão Zero que de acordo com os dados de 2022, informados pelo próprio ministério, foram encerrados mais de 800 lixões em todo o Brasil, constituindo 25% do total de 3.257 lixões existentes. Estes números atestam um avanço significativo na destinação apropriada de resíduos sólidos, contribuindo para o ciclo produtivo de recicláveis e a utilização de resíduos orgânicos na geração de biogás e biofertilizantes, através de compostagem e biodigestão, porém ainda existe um enorme quantitativo de lixões a serem encerrados em todo território nacional, e pela falta de informações sobre o quantitativo de lixões encerrados em 2023 e o prazo de cumprimento do Marco do Saneamento Básico finalizando, em final de 2024, é pouco provável que a meta seja alcançada.

O Programa Nacional Lixão Zero é um ótimo instrumento a ser aplicado, tendo em vista que o Brasil gera aproximadamente 82 milhões de toneladas de lixo anualmente, cada brasileiro, em média, contribui com 1 kg de resíduo sólido urbano por dia. Entretanto, as medidas iniciais para encerrar lixões elencadas pelo Programa, envolvem ações como o cercamento da área, drenagem superficial e cobertura com vegetação apropriada, visando evitar novos aportes de resíduos no local e após o fechamento somente é elencado que deverá ser realizado um planejamento para a recuperação da área contaminada, não instruindo em uma ação conjunta.

Conforme reportado pela Revista Abema (2022), ao longo das últimas décadas, observou-se um aumento significativo na geração de resíduos sólidos, enquanto a infraestrutura necessária para lidar com o volume produzido não acompanhou devidamente essa demanda. A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Urbana e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2019) destaca que a universalização dos serviços de coleta está distante de ser alcançada, evidenciando déficits consideráveis na coleta seletiva, recuperação de materiais e disposição adequada dos resíduos sólidos. Segundo a entidade, a destinação inadequada dos resíduos, especialmente quando destinados a lixões ao invés de aterros sanitários, impacta diretamente a saúde de 77,65 milhões de brasileiros, gerando um custo anual estimado em cerca de um bilhão de dólares tanto para o sistema de saúde quanto para o meio ambiente.

As novas dinâmicas sociais, especialmente em decorrência da pandemia, ocasionaram um impacto substancial nos serviços de limpeza urbana e na gestão de resíduos sólidos, afetados pelo deslocamento e concentração das atividades nos domicílios. O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021, elaborado pela Abrelpe, fornece dados que retratam a realidade da gestão de resíduos no território nacional. Durante o ano de 2020, a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) sofreu uma influência direta da pandemia da Covid-19, totalizando aproximadamente 82,5 milhões de toneladas ou 225.965 toneladas diárias. Nesse contexto, a média de geração per capita foi de 1,07 kg de resíduos por dia.

A Região Sudeste destacou-se como a maior geradora de resíduos, contribuindo com cerca de 113 mil toneladas diárias, representando aproximadamente 50% do total nacional, com uma média de 460 kg/hab/ano. Em contrapartida, a Região Norte contribuiu com aproximadamente 4% do total gerado, totalizando cerca de 6 milhões de toneladas/ano e 328 kg/hab/ano. A previsão de manutenção da tendência de crescimento na geração de resíduos sólidos urbanos no país aponta para estimativas que indicam a marca de 100 milhões de toneladas anuais por volta de 2030, de acordo com análises baseadas na série histórica.

Figura 6 – Geração de RSU no Brasil (T/Ano e Kg/Hab/Ano)



Fonte: Revista Abema, 2022

Figura 7 – Participação das Regiões na Geração de RSU (%)



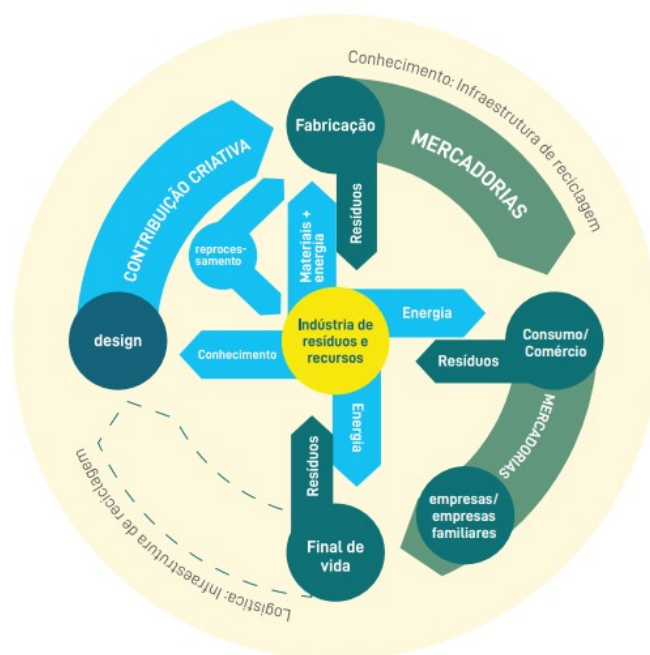
Fonte: Revista Abema, 2022

Segundo a Associação Internacional de Resíduos Sólidos, denominada International Solid Waste Association (ISWA, 2020), uma organização global independente sem fins lucrativos, as projeções indicam que, no contexto atual de produção de bens de consumo, conhecido como "business-as-usual", a geração global de resíduos sólidos urbanos deverá atingir 3,4 bilhões de toneladas até o ano de 2050. É notável que a maior parte desse aumento será registrada em países de baixa renda, onde a geração de resíduos tende a triplicar. Diante desse cenário, para enfrentar os desafios decorrentes do aumento exponencial na produção de resíduos e mitigar seus impactos negativos, torna-se imperativo adotar as medidas estabelecidas pela hierarquia de resíduos e implementar sistemas apropriados de destinação para lidar eficazmente com as crescentes quantidades de resíduos gerados globalmente.

Para ISWA, a implementação efetiva da hierarquia na gestão de resíduos, priorizando a reciclagem, o reuso e, principalmente, a redução, é fundamental para promover a proteção ambiental. Essas iniciativas contribuem para a redução da demanda por matéria-prima virgem, resultando na minimização da pegada ecológica. No entanto, ainda existem desafios significativos a serem superados, como a falta de financiamento adequado e a ausência de sistemas robustos de governança. Essas questões representam as principais barreiras que precisam ser abordadas para garantir o avanço efetivo na gestão sustentável de resíduos.

A ISWA lançou em 2022 o e Book intitulado “O futuro do setor de gestão de resíduos: tendências, oportunidades e desafios para a década” que traça os parâmetros para o gerenciamento de resíduos de 2021 a 2030. As pesquisas indicam que em breve haverá um aumento significativo na geração de resíduos sólidos urbanos em todo o mundo. As consequências desse aumento serão prejudiciais tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade. Portanto, a implementação de medidas para lidar com essa situação se torna ainda mais crucial. A transição para um sistema circular, no qual produtos e recursos são recuperados e mantidos no ciclo produtivo pelo maior tempo possível, de forma sustentável. Nesse contexto, é crucial que o setor de resíduos assuma um papel de destaque como provedor de recursos e materiais recuperados para a economia circular. Isso requer uma colaboração estreita com outros atores ao longo da cadeia de valor, com o objetivo de promover ativamente a prevenção, redução e reutilização de resíduos.

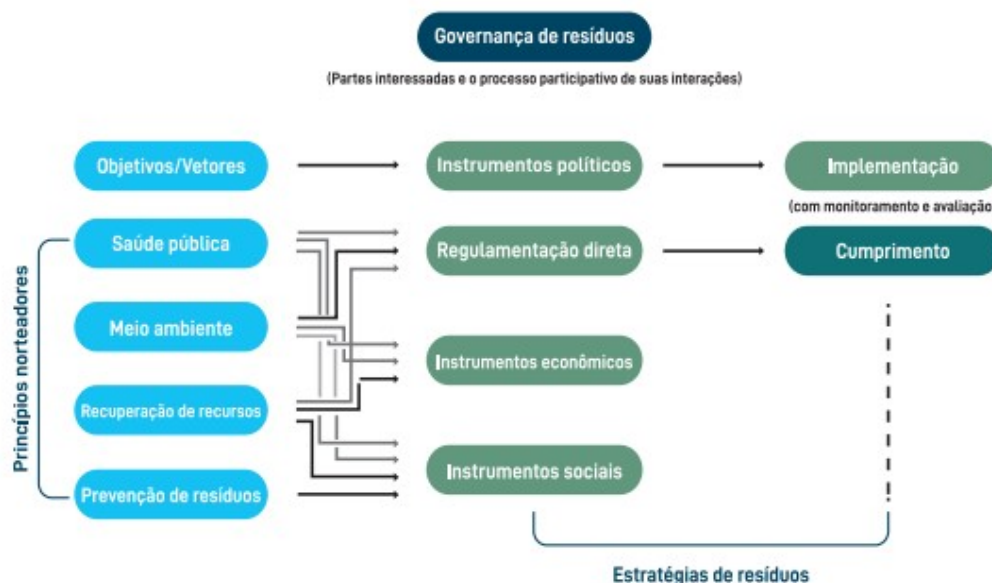
Figura 8 - Para ISWA a indústria de resíduos deve ser o centro da economia circular



Fonte: Circular Economy, Trends and Emerging Ideas. ISWA, 2014

De acordo com o eBook, no âmbito de qualquer sistema de gestão de resíduos, a construção de uma estrutura de governança sólida, inclusiva e transparente é um fator determinante para o seu sucesso. Essa estrutura deve estar respaldada por uma legislação robusta que garanta a eficiência e a sustentabilidade das operações, além de um modelo financeiro e organizacional viável a longo prazo. É fundamental que esse modelo de governança estabeleça mecanismos para responsabilizar os formuladores de políticas, o setor público e privado, bem como os consumidores, garantindo a prestação de contas ao sistema. Nesse contexto, a adoção da diretriz de gestão integrada e sustentável se mostra como uma ferramenta valiosa para o desenvolvimento e a operação adequada dos sistemas de gestão de resíduos. Contudo, é imprescindível ressaltar que o financiamento adequado e a conscientização política, social e pública são pré-requisitos cruciais para o êxito de qualquer iniciativa nessa área, demandando inclusão e comunicação direta com todas as partes interessadas.

Figura 9 - Modelo e elementos conceituais de governança de resíduos (ISWA,2022)



Fonte: EBook intitulado “O futuro do setor de gestão de resíduos: tendências, oportunidades e desafios para a década” – ISWA (2022)

No contexto atual, há uma percepção de que a década presente marcará um período de significativos avanços tecnológicos que moldarão profundamente a indústria de gestão de resíduos. Observa-se uma tendência crescente à introdução de aplicações da Internet das Coisas (IoT) para otimizar práticas de coleta de resíduos, como o uso de dispositivos como iPads para motoristas e etiquetas RFID em contêineres, juntamente com a ampla disseminação

de sistemas de Monitoramento e Controle Remoto em diversas instalações. No segmento da reciclagem, há uma projeção de mudança nos processos de descontaminação, com uma ênfase crescente em soluções específicas para materiais reciclados de alta qualidade e maior valor agregado. Além disso, antevê-se melhorias na triagem mecânica e na reciclagem química, que abrirão novas perspectivas para o aproveitamento mais eficiente dos recursos, possibilitando a incorporação de um maior volume de fluxos de resíduos na indústria de reciclagem e o desenvolvimento de novos produtos. Em relação aos resíduos orgânicos, prevê-se que as instalações de tratamento operem como biorreatores, visando à produção e extração de produtos químicos e novos produtos a partir da decomposição anaeróbica (e, em menor escala, compostagem). Paralelamente, é prevista uma evolução tecnológica para a remoção de contaminantes nesse contexto. Essas considerações, baseadas em dados da ISWA (2022), destacam a importância de se compreender e antecipar os avanços tecnológicos que influenciarão o futuro da gestão de resíduos.

Figura 10 - Estágio da Gestão de Resíduos e o Impacto da Indústria 4.0



Fonte: HowIndustry 4.0 Transforms the Waste Sector, ISWA, 2019.

Em conclusão, o ebook elaborado pela ISWA ressalta a importância fundamental da comunicação no âmbito da gestão de resíduos. A compreensão, aceitação e apoio são elementos essenciais em todas as etapas desse processo, desde o desenvolvimento e implementação de políticas até o cumprimento de metas e objetivos. É crucial reconhecer que não há uma solução única para a gestão sustentável de resíduos e recursos. A abordagem mais eficaz envolve a integração de diferentes tecnologias e soluções, trabalhando em conjunto

para alcançar objetivos comuns. Se aplicado corretamente, o sistema de gestão de resíduos sólidos tem o potencial de ser significativamente aprimorado nos próximos anos, proporcionando soluções práticas e reais para os desafios do século XXI. No entanto, é importante destacar que esses esforços devem ser coordenados globalmente, já que os sistemas de gestão de resíduos e recursos transcendem fronteiras locais e exigem ações globais coordenadas para enfrentar eficazmente os desafios ambientais e socioeconômicos emergentes.

Neste cenário estimado pelas organizações nacional e internacional, observa-se necessidade de uma efetiva ação de todas as esferas. Apesar do MMA evidenciar que a responsabilidade pela gestão dos resíduos e consequentemente das destinações até a eliminação dos lixões recaem sobre as prefeituras, se faz necessário o incentivo de um arranjo regional em colaboração com estados, municípios e consórcios públicos para otimizar recursos, reduzir custos e promover eficiência, pouco foi investido e feito para suporte aos municípios.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Na elaboração deste trabalho, foi conduzido um levantamento de dados secundários e material bibliográfico. O objetivo principal consistiu em examinar os critérios e diretrizes para realizar a remediação de vazadouros (lixões) por parte dos municípios, com ênfase não apenas na desativação, mas sobretudo na restauração, recuperação e reutilização da área. A coleta de informações abrangeu fontes diversas, incluindo trabalhos de conclusão de cursos (monografias), artigos científicos, cartilhas e livros, websites relevantes, bem como os sites do Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Estadual do Ambiente (INEA) e outras fontes pertinentes.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os municípios enfrentam consideráveis desafios na correta destinação dos resíduos, sendo a falta de infraestrutura um obstáculo central. A insuficiência de recursos financeiros e técnicos, combinada ao aumento da geração de resíduos devido ao crescimento populacional, impacta a capacidade dos municípios em lidar eficazmente com o gerenciamento de resíduos sólidos. A falta de conscientização da população sobre a importância da separação e

reciclagem, junto com a escassa fiscalização em áreas de disposição final, contribui para a formação de lixões clandestinos e a contaminação ambiental.

Outra complexidade enfrentada pelos municípios está relacionada à logística reversa, especialmente para produtos mais complexos, onde a responsabilidade compartilhada ainda encontra desafios práticos de implementação. Além disso, a busca por alternativas sustentáveis, como tecnologias modernas de tratamento de resíduos e práticas de economia circular, é prejudicada pela falta de investimentos disponíveis para muitos municípios. A capacitação técnica insuficiente e a burocracia associada ao licenciamento ambiental também representam entraves adicionais, para que exista as destinações irregulares.

A logística reversa é um processo logístico que envolve o retorno de produtos, embalagens e materiais ao ciclo produtivo ou à cadeia de suprimentos, a fim de promover a reutilização, reciclagem, tratamento adequado ou destinação final ambientalmente correta. Esse conceito é essencial para a gestão sustentável dos resíduos e para a redução do impacto ambiental das atividades humanas.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente do Brasil, a logística reversa é definida como "um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e restituição de produtos após o uso pelo consumidor, para reaproveitamento, tratamento ou destinação final ambientalmente adequada" (Ministério do Meio Ambiente, 2020).

A Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, estabelece a logística reversa como um dos instrumentos fundamentais para a gestão integrada dos resíduos sólidos. Ela obriga fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes a implementarem sistemas de logística reversa para os produtos que geram resíduos e que possuem impacto significativo no meio ambiente, como pilhas e baterias, pneus, eletroeletrônicos, embalagens em geral, entre outros (Presidência da República, 2010).

Dessa forma, a logística reversa contribui para a redução da geração de resíduos, o aumento da reciclagem e a promoção da economia circular, em que os materiais são mantidos em ciclos produtivos pelo maior tempo possível, gerando benefícios ambientais, econômicos e sociais.

Em pesquisas realizadas foi possível identificar a ausência de dados referentes à quantidade de lixões que passaram por processos de remediação evidencia a falta de informações acerca de locais que, após o encerramento de suas atividades por parte das prefeituras e órgãos governamentais, foram submetidos a intervenções específicas visando

mitigar os passivos ambientais associados a essas áreas contaminadas até a revitalização da área.

Em 24 de fevereiro de 2022, o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional promulgou, por meio de seu site oficial, os Termos de Referência integrantes do Manual de Instruções para Contratação e Execução dos Programas e Ações do Ministério das Cidades. Estes termos constituem parte integrante das diretrizes estabelecidas pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, sob a Sistemática 2011, no âmbito do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC.

Com o objetivo de auxiliar os municípios a captarem de recursos federais por meio do PAC foi disponibilizado o Termo de Referência para a Realização de Estudos Ambientais Preliminares, Elaboração do Projeto Básico e Executivo Completo do Encerramento e/ou Remediação de Lixões (2012), que tem por objetivo estabelecer as condições mínimas a serem atendidas pelos licitantes no tocante à condução dos estudos técnicos e ambientais preliminares, bem como na elaboração dos projetos básico e executivo completos relacionados ao encerramento e/ou remediação de áreas destinadas ao depósito de resíduos a céu aberto, popularmente conhecidas como "lixões", ou "aterros controlados". Estas ações estão programadas para os municípios integrantes das Unidades de Gestão Regional – UGRs, nos quais tais locais estejam atualmente em operação no território municipal. O encerramento e/ou remediação dessas áreas se faz necessário, com a desativação programada a partir do momento em que for iniciada a operação do aterro sanitário, seja este consorciado ou individual, destinado a substituir tais práticas.

A finalidade preponderante desse instrumento é fornecer respaldo técnico e institucional às administrações municipais, visando a uma gestão sustentável, tratamento adequado e atenuação dos impactos decorrentes do manejo impróprio dos resíduos sólidos urbanos.

Entretanto, cabe ressaltar que o âmbito deste programa não compreende a remediação e revitalização de lixões previamente desativados, em que subsistem áreas contaminadas. É fundamental incorporar a análise dos riscos associados às áreas contaminadas por lixões inativos, a fim de abordar de maneira abrangente os desafios ambientais e de saúde pública envolvidos.

Ressalta-se ainda que não foi possível identificar recursos federais direcionados unicamente a remediação das áreas ocupadas por lixões desativados, o que dificulta para os municípios realizarem sozinhos processos licitatórios, para verificação, remediação e reuso da área, tendo em vista que muitos municípios não possui corpo técnico e recursos financeiros para execução.

Brollo e Silva em 1981 já descreviam que diversos autores destacavam que a falta de ação das autoridades e a falta de conhecimento sobre soluções técnicas para lidar com os desafios decorrentes do contínuo aumento no volume de resíduos sólidos nas áreas urbanas. Eles ressaltavam a escassez de recursos nas municipalidades, o que dificultavam a implementação de serviços eficazes de limpeza urbana e coleta de lixo domiciliar. Além disso, enfatizavam que a ausência de apoio financeiro e tecnológico levou à prática generalizada de descarte indiscriminado no solo e em corpos hídricos.

Esses desafios persistem até os dias de hoje, a falta de ação das autoridades e a ausência de conhecimento sobre soluções técnicas para lidar com os desafios decorrentes do contínuo aumento no volume de resíduos sólidos nas áreas urbanas, encerramento de lixões e recuperação de áreas ainda são evidentes o que podem resultar em graves consequências ambientais, sociais e econômicas.

Vários relatórios emitidos por organizações têm evidenciado a persistência desse cenário ao longo dos anos, destacando a inércia no progresso das ações. Por exemplo, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) alerta que a falta de ação das autoridades e a ausência de soluções técnicas eficazes para lidar com o aumento do volume de resíduos sólidos urbanos podem acarretar consequências significativas para o meio ambiente e a saúde pública. Lixões e áreas de disposição inadequada de resíduos representam um sério risco de contaminação do solo, da água subterrânea e do ar, além de contribuírem para a disseminação de doenças e impactarem negativamente a qualidade de vida das comunidades circunvizinhas. Da mesma forma, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2018) salienta que a falta de conhecimento sobre tecnologias e práticas adequadas de gestão de resíduos pode dificultar a transição para modelos mais sustentáveis. Sem investimentos em educação ambiental e capacitação técnica, autoridades e comunidades correm o risco de continuar adotando métodos obsoletos de disposição de resíduos, perpetuando a degradação ambiental e social. Ademais, a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2021) destaca que a disposição inadequada de resíduos sólidos, especialmente em lixões a céu aberto, pode provocar a poluição do solo, da água e do ar, contribuindo para a proliferação de doenças e impactando negativamente a qualidade de vida das comunidades circunvizinhas.

A remediação e recuperação de áreas previamente destinadas a lixões caracterizam-se por desafios substanciais, implicando uma série de complexidades que requerem atenção e esforço consideráveis.

Primeiramente, a diversidade intrínseca dos resíduos depositados em lixões contribui para a complexidade inerente ao processo de remediação. A presença de distintos materiais e substâncias tóxicas demanda abordagens específicas a fim de manejar essa heterogeneidade e assegurar a efetiva remoção dos contaminantes.

Adicionalmente, a extensão da contaminação frequentemente ultrapassa as dimensões visíveis da superfície, permeando o solo e impactando as águas subterrâneas. A profundidade dessa contaminação acrescenta um grau de complexidade ao processo de recuperação, uma vez que requer não apenas a intervenção na área superficial, mas também o tratamento das camadas mais profundas do solo.

Os custos elevados associados à remediação de lixões representam uma barreira significativa. Avaliações locais, implementação de tecnologias de remediação e procedimentos de monitoramento contínuo podem demandar recursos financeiros substanciais. Além disso, a necessidade de realocação de comunidades locais afetadas pode acrescentar custos sociais e econômicos ao processo.(ABRELPE, 2020).

A identificação precisa das fontes de contaminação também emerge como um desafio durante o processo de remediação de lixões. A determinação exata da origem dos resíduos frequentemente se mostra desafiadora, dificultando a implementação de medidas preventivas para evitar potenciais contaminações futuras.

O envolvimento de partes interessadas, que incluem autoridades locais, comunidades afetadas e órgãos ambientais, constitui outro desafio. A coordenação eficaz entre essas partes é crucial para o êxito do processo de remediação, embora possa ser dificultada devido a divergentes interesses e perspectivas.

A persistência de contaminantes no solo e na água, mesmo após a conclusão da remediação, é uma realidade comum em muitos casos. Isso pode originar desafios a longo prazo, exigindo monitoramento contínuo e a implementação de estratégias de gestão adequadas.

Com isso, fica claro que para efetuar o encerramento de lixões e sua subsequente remediação, os municípios necessitam realizar investimentos na instalação de um aterro sanitário próprio ou participar de consórcios para a destinação adequada de seus resíduos. Além disso, é imperativo desenvolver um processo de educação ambiental abrangente, abordando não apenas a nova abordagem para o descarte de resíduos, mas também promovendo a conscientização sobre a importância da implementação de programas de coleta de resíduos recicláveis e compostagem. Essas medidas visam reduzir de forma significativa a disposição final de resíduos com potencial de reaproveitamento.

A obtenção de informações sobre lixões encerrados e devidamente remediados, com a recuperação de área, apresenta desafios significativos tanto nos órgãos ambientais quanto nas entidades e instituições do ramo. A falta de padronização nos registros e na documentação dessas áreas pode dificultar a coleta de dados precisos e atualizados. Muitas vezes, os processos de encerramento e remediação são conduzidos por diferentes atores, envolvendo órgãos governamentais, empresas privadas e organizações não governamentais, o que pode levar à dispersão das informações. Além disso, a falta de transparência e a pouca divulgação sobre os resultados dos projetos de remediação também contribuem para a dificuldade de acesso às informações. Nesse contexto, torna-se fundamental estabelecer mecanismos de compartilhamento de dados e de monitoramento contínuo, garantindo maior disponibilidade e acessibilidade das informações sobre os lixões encerrados e remediados, para promover a transparência e a prestação de contas à sociedade, conforme já identificado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 2019).

A dificuldade de acesso às informações sobre lixões encerrados e devidamente remediados não apenas impacta os órgãos ambientais e as entidades do ramo, mas também afeta diretamente a população em geral. A falta de transparência e de divulgação dos resultados dos processos de encerramento e remediação impede que os cidadãos tenham conhecimento sobre a situação dessas áreas e sobre os potenciais riscos ambientais e de saúde associados a elas. Isso limita a capacidade da população de tomar decisões informadas e de participar ativamente na fiscalização e no monitoramento desses locais. Portanto, é crucial promover uma maior transparência e acessibilidade às informações sobre os lixões encerrados e remediados, garantindo que os resultados dos projetos sejam comunicados de forma clara e compreensível para toda a comunidade. Essa abordagem não apenas fortalece a participação cidadã, mas também contribui para a construção de uma sociedade mais consciente e engajada na promoção da sustentabilidade ambiental e na proteção da saúde pública.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem integrada para o encerramento e remediação de lixões e aterros controlados, tanto ativos quanto inativos, demanda uma estratégia holística que envolva a aplicação de técnicas avançadas, uma alocação criteriosa de recursos financeiros e a instituição de incentivos que orientem os municípios na execução desses processos complexos.

A eficácia na erradicação dessas práticas inadequadas de disposição de resíduos sólidos exige não apenas a implementação de tecnologias e práticas ambientais inovadoras, mas também a criação de estratégias jurídicas coerentes e o acesso a recursos financeiros

adequados. Portanto, a busca pela eliminação de lixões e aterros controlados deve ser encarada como uma tarefa coletiva, envolvendo não apenas os municípios, mas também a atuação conjunta de órgãos governamentais, instituições técnicas, e a colaboração estreita entre os setores público e privado.

A promoção de políticas que incentivem a responsabilidade compartilhada e a destinação adequada de resíduos, aliada à conscientização da população, é essencial para o êxito dessas iniciativas. Ao viabilizar a integração efetiva entre todas as esferas envolvidas, será possível não apenas erradicar práticas prejudiciais ao meio ambiente, mas também promover uma gestão sustentável de resíduos sólidos, contribuindo para a construção de comunidades mais saudáveis, resilientes e ambientalmente responsáveis

Ao direcionar as ações para a recuperação das áreas contaminadas, esta abordagem não apenas atende às exigências ambientais contemporâneas, mas também contribui para o fortalecimento do desenvolvimento urbano sustentável. A melhoria da saúde pública, mediante a redução dos riscos associados à disposição inadequada de resíduos, e a revitalização de áreas previamente degradadas refletem diretamente na qualidade de vida das comunidades envolvidas.

Além dos desafios técnicos e financeiros enfrentados na erradicação de lixões e aterros controlados, é fundamental reconhecer a necessidade urgente de transparência e prestação de contas à sociedade. Nesse sentido, a implementação de um banco de dados único, abrangendo informações detalhadas sobre os lixões encerrados e remediados, é crucial para promover a transparência e facilitar o acesso às informações relevantes. Um banco de dados unificado permitiria não apenas que os órgãos ambientais e as entidades do ramo acompanhassem de forma eficaz o progresso dos projetos de encerramento e remediação, mas também possibilitaria que a população em geral se mantivesse informada sobre a situação dessas áreas e os resultados alcançados. Ao promover a transparência e a prestação de contas, um banco de dados unificado não apenas fortaleceria a confiança pública nas iniciativas de gestão de resíduos, mas também incentivaria uma maior participação cidadã no monitoramento e na fiscalização desses processos, contribuindo para uma abordagem mais colaborativa e eficaz na busca por soluções sustentáveis para o gerenciamento de resíduos sólidos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15515-1:2007 - Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 1: Avaliação preliminar.

ABNT NBR 15515-2:2011 - Passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 2: Investigação confirmatória.

ABNT NBR 15515-3:2013 - Avaliação de passivo ambiental em solo e água subterrânea – Parte 3: Investigação detalhada.

ABNT NBR 16209:2013 - Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas.

ABNT NBR 16210:2013 - Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas — Procedimento.

ABNT NBR 16435:2015 - Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas - Procedimento.

ABNT NBR 16784-1:2020 Versão Corrigida:2020 - Reabilitação de áreas contaminadas — Plano de intervenção - Parte 1: Procedimento de elaboração.

ABNT NBR 13896:1997 - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.

ABNT NBR 15849:2010 - Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento

ABRELPE. Roteiro para Encerramento de Lixões. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/roteiro-para-encerramento-de-lixoes/>>. Acesso em 02.01.2024

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2022

AGÊNCIA SENADO. Senadores aprovam prorrogação do prazo para fechamento dos lixões. 2015. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2015/07/01/senadores-aprovam-prorrogacao-do-prazo-para-fechamento-dos-lixoes>>. Acesso em 10.01.2024

ASCOM/MMA. Verificar informação de quantos municípios tem plano municipal de resíduos sólidos – SINIR

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENTIDADES ESTADUAIS DE MEIO AMBIENTE (ABEMA). Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS – Marco legal e os desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil. Ano 3. Revista nº 5. Dezembro/2022. Disponível em: <<https://www.abema.org.br/midias/revista-abema>> . Acesso em 12.01.2024

BRASIL. Constituição Federal (1998). Brasília: Diário Oficial da União, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 05.11.2023

BRASIL. Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (Lei Federal nº 11.445/07). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em 05.11.2023

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/10). Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em 05.11.2023

BRASIL. **Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938/81)**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em 06.11.2023

BROLLO, M.J; SILVA, M.M. **Política e Gestão Ambiental em Resíduos Sólidos – Revisão e Análise sobre a atual situação no Brasil**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Jan 2001

CNM. **Observatório dos Lixões**. Disponível em: <<https://lixoes.cnm.org.br/>>. Acesso em 02.01.2024

EPE. **Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos**. 2014.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos**. [LANZA, Vera Christina Vaz (FIP); MACHADO, Rosângela Moreira Gurgel (GESOL – Feam); TORQUETTI, Zuleika Stela Chiacchio (DQGA – Feam); FERNANDES, Patrícia Rocha Maciel (GESOL – Feam); REIS, Alexandre Guimarães (Assessor da Presidência – Feam); TEIXEIRA, Cornélio Zampier (Consultor do MMA / Feam)]. **(Caderno técnico de reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos)**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente; Fundação Israel Pinheiro, 2010. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/Flavia/areas_degradadas.pdf. Acesso em: 10.01.2024.

GOMES, Juliano da Cunha; CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges de. **Ferramenta de apoio à decisão para auxiliar a remediação de lixões de resíduos sólidos urbanos**. In: PEREIRA, Christiane; FRICKE, Klaus (coord.). **Cooperação Intersetorial e Inovação: ferramentas para a gestão sustentável de resíduos sólidos**. Braunschweig: Technische Universität Braunschweig, 2022.

INTERNATIONALSOLIDWASTEASSOCIATION (ISWA). Disponível em <<https://www.iswa.org/>>. Acesso em 20.01.2024

INTERNATIONALSOLIDWASTEASSOCIATION (ISWA). **EBook O Futuro do Setor de Gestão de Resíduos: Tendências, Oportunidades e Desafios para a Década (2021-2030)**. Disponível em <<https://www.iswa.org/wp-content/uploads/2022/09/ISWA-Future-of-the-Waste-Management-Sector-Portuguese.pdf>>. Acesso em 17.02.2024

JABERT, S.F., GONÇALVES, R.P.P., CENCI, D.R. **Os Donos da Vida do Lixo: A Disputa por Lixões no Brasil**. Entropia, Rio de Janeiro • Vol. 7 • Nº 14 • Julho/Dezembro/2023 • Pág. 51/77. Disponível em: <<https://doi.org/10.52765/entropia.v7i14.486>>. Acesso em 07.11.2023

LOURENÇATTO, E.B. **Uma nova abordagem para a avaliação de políticas de gestão de resíduos perigosos: análise da eficácia dinâmica estendida**. 2006. 135 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente)-Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <<http://repositorio2.unb.br/jspui/handle/10482/5005>>. Acesso em 06.11.2023

MATOS, T.O. **A omissão dos prefeitos no enfrentamento e na resolução dos lixões e a caracterização da improbidade administrativa**. Revista do CNMP, n.5 (2015). <<https://doi.org/10.36662/revistadocnmp.i5.87>>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (MMA). **Infográficos – Resíduos Sólidos Urbanos**. Disponível em <<https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a>>

informacao/acoes-e-programas/agendaambientalurbana/lixao-zero/infograficos>. Acesso 15.02.2024

MORRISSEY, A.J., & BROWNE, J. (2004). **Waste management models and their application to sustainable waste management**. Waste Management, Nova York, v. 24, n. 3, p. 297-308. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X03001818?via%3DiDihub>>. Acesso em 12.01.2024

NETO, P.N; MOREIRA, T.A. **Política Nacional de Resíduos Sólidos – Reflexões a cerca do Novo Marco Regulatório Nacional**. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, Número 15, Março 2010

RAMOS, N.F., GOMES, J.C., CASTILHOS, A.B., GOURDON, R. **Desenvolvimento de ferramentas para diagnóstico ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Artigo Técnico. Engenharia Sanitaria e Ambiental, SciELO Brasil, v.22n.6, (nov/dez 2017)

REVISTA ABEMA nº 5 – Dezembro. **Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS – Marco legal e os desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil**. Disponível em <<https://online.fliphtml5.com/ddctz/zfes/#p=1>> Acesso em 04.01.2024

SILVA, L.R.M; MATOS, E.T.A.R; FISCILETTI, R.M.S. **Resíduo Sólido Ontem e Hoje: Evolução Histórica dos Resíduos Sólidos na Legislação Brasileira**, ArelFaar, Ariquemes, RO, v.5, n.2, p.126 -142, May 2017