

DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E EMISSÕES DE GEE: A INFLUÊNCIA DO BRASIL NA CRISE CLIMÁTICA GLOBAL

SOLID WASTE FINAL DISPOSAL AND GHG EMISSIONS: BRAZIL'S INFLUENCE ON THE GLOBAL CLIMATE CRISIS

 <https://doi.org/10.63330/sasciencesv6n2-086>

Submetido em: 13/07/2026 e Publicado em: 21/07/2026

SAS: e26307

Flávio Leôncio Guedes

Mestre

Universidade Federal de Pernambuco

E-mail: f_l_guedes@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6415-2340>

Soraya Giovanetti El-Deir

Doutora

Universidade Federal Rural de Pernambuco

E-mail: sorayaeldeir@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7187-7438>

José Fernando Thomé Jucá

Doutor

Universidade Federal de Pernambuco

E-mail: jftjucah@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8956-7905>

Resumo

O estudo analisa a relação entre a disposição final de resíduos sólidos urbanos e as emissões de gases de efeito estufa do setor de Resíduos no Brasil, discutindo o papel do país na crise climática global. Trata-se de uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa e caráter descritivo, fundamentada em dados secundários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa e da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, complementados por revisão de literatura científica. O objetivo foi avaliar a evolução histórica das emissões do setor, sua distribuição entre os estados brasileiros e sua projeção para os próximos 20 anos, a partir do Censo Demográfico de 2022. Os resultados mostram que a disposição final em aterros sanitários e lixões responde por cerca de dois terços das emissões do setor, com ritmo de crescimento superior ao das demais fontes, e que a distribuição espacial das emissões acompanha a concentração populacional e econômica do país. A projeção construída a partir do crescimento populacional estimado até 2042 indica pressão adicional sobre as emissões do setor, exceto em cenários que incorporem metas de aproveitamento energético do



biogás gerado em aterros sanitários. Conclui-se que a mitigação das emissões do setor de resíduos no Brasil depende da combinação entre redução na fonte, ampliação da reciclagem e efetiva captação do biogás gerado na disposição final.

Palavras-chave: Aterros sanitários; Disposição final; Emissões de gases de efeito estufa; Mudanças climáticas; Resíduos sólidos urbanos.

Abstract

This study analyzes the relationship between the final disposal of municipal solid waste and greenhouse gas emissions from the Waste sector in Brazil, discussing the country's role in the global climate crisis. It is an applied study, with a quantitative and descriptive approach, based on secondary data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics, the Greenhouse Gas Emission and Removal Estimating System, and the Brazilian Solid Waste and Environment Association, complemented by a review of scientific literature. The aim was to assess the historical evolution of sector emissions, their distribution across Brazilian states, and their projection over the next 20 years, based on the 2022 Demographic Census. Results show that final disposal in sanitary landfills and open dumps accounts for about two thirds of sector emissions, growing faster than the sector's other sources, and that the spatial distribution of emissions follows the country's population and economic concentration. The projection built from estimated population growth through 2042 indicates additional pressure on sector emissions, except under scenarios that incorporate biogas energy recovery targets for landfills. The study concludes that mitigating emissions from Brazil's Waste sector depends on combining source reduction, expanded recycling, and effective biogas capture from final disposal.

Keywords: Climate change; Final disposal; Greenhouse gas emissions; Municipal solid waste; Sanitary landfills.

1 INTRODUÇÃO

O manejo inadequado de resíduos sólidos urbanos (RSU) está entre os principais vetores antrópicos de emissão de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil, país que combina elevada geração *per capita* de resíduos com uma infraestrutura de destinação final ainda marcada pela presença de lixões e aterros controlados em parcela expressiva dos municípios. A decomposição anaeróbia da fração orgânica depositada em aterros e lixões libera metano (CH₄), gás cujo potencial de aquecimento global é dezenas de vezes superior ao do dióxido de carbono em horizontes de tempo relevantes para a política climática, o que



confere ao setor de resíduos um peso desproporcional ao seu volume relativo de emissões (Gomes et al., 2024).

Em relação à disposição final de RSU, enquanto o aterro sanitário incorpora sistemas de impermeabilização, drenagem de percolados e, frequentemente, captação de biogás, o lixão dispõe o resíduo diretamente sobre o solo, sem qualquer controle ambiental. Estudos de modelagem aplicados a aterros sanitários brasileiros demonstram que, mesmo em estruturas consideradas ambientalmente adequadas, o potencial de geração de metano é substancial, com a fração de resíduos alimentares figurando entre as principais fontes geradoras de biogás ao longo do tempo (Andreazza; Lara; Richter, 2024). Complementarmente, pesquisas nacionais demonstram que a produção de biogás não é um processo estático, variando sazonalmente em função de parâmetros climáticos como pluviosidade, temperatura e umidade relativa do ar, o que impõe desafios adicionais ao dimensionamento de sistemas de captação e aproveitamento energético (Gomes et al., 2024).

O aproveitamento energético do biogás gerado em aterros sanitários tem sido apontado como uma das principais estratégias de mitigação disponíveis ao setor de resíduos no Brasil (Juca et al., 2026). Estudos sobre o potencial energético de resíduos sólidos urbanos evidenciam que a recuperação de biogás para geração elétrica pode reduzir significativamente as emissões líquidas associadas à disposição final, além de agregar valor econômico ao processo (Vieira; Candiani, 2021). Na mesma direção, pesquisas sobre gestão ambiental em aterros sanitários reforçam que a captação e o aproveitamento do biogás não apenas mitigam emissões fugitivas de metano, mas também se integram a estratégias mais amplas de gestão ambiental (Coelho et al., 2021).

Paralelamente à disposição final, outras rotas de tratamento e valorização de resíduos vêm sendo investigadas como alternativas de mitigação no país (Jucá et al., 2026). O coprocessamento de resíduos sólidos urbanos em fornos de clínquer, por exemplo, vem se consolidando como estratégia para reduzir a dependência de aterros sanitários e mitigar emissões, ao mesmo tempo em que se articula com os princípios da economia circular. Sua expansão no Brasil, no entanto, ainda esbarra em desafios regulatórios, logísticos e de segregação de resíduos na fonte (Pissinatto Sbroio; Costa Freiria, 2026). Esse conjunto de evidências sugere que a mitigação das emissões do setor de resíduos no Brasil depende não apenas do encerramento de lixões, mas também da diversificação das tecnologias de tratamento e do aproveitamento energético dos resíduos já destinados a aterros sanitários.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar a influência da disposição final de resíduos sólidos sobre as emissões de GEE do setor de resíduos no Brasil, discutindo o papel do país na crise climática global a partir de dados secundários oficiais e da literatura científica recente sobre o tema.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

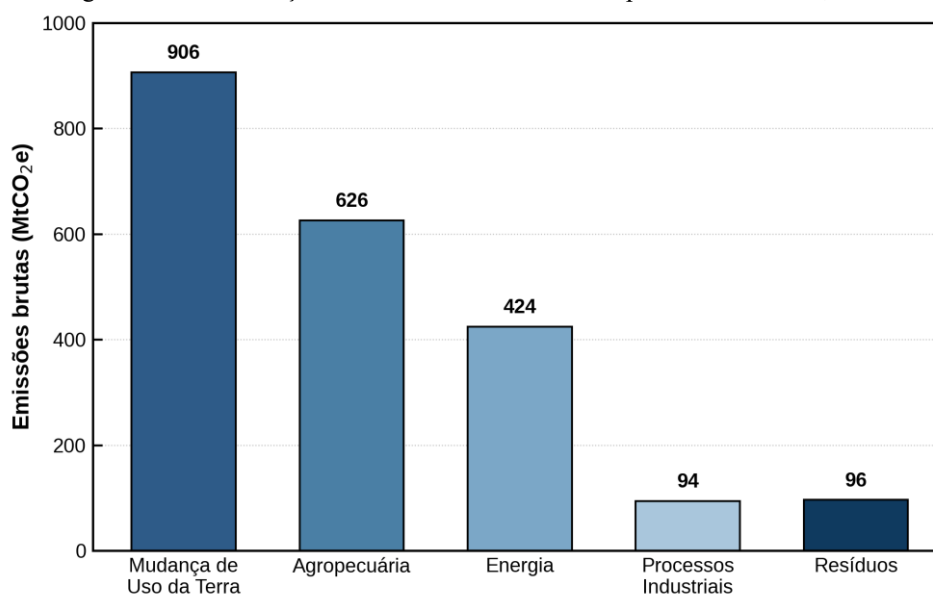
2.1 INFLUÊNCIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O clima de maneira geral tem sido afetado pela ação humana, e a geração excessiva e em grande escala de GEE tem sido uma das principais causas. O manejo inadequado de RSU tem potencializado a emissão de GEE (Ozório; Siqueira; Carniatto, 2023). Entre os impactos provocados pelo excesso desses gases, destacam-se as intensas ondas de calor, os desequilíbrios nos padrões de precipitação, resultando em secas graves ou chuvas excessivas, vendavais, entre outros (Borges et al., 2024).

A conexão entre a gestão inadequada de RSU e o aquecimento global é direta, já que o acúmulo de resíduos em aterros ou lixões ocasiona a liberação de gases de efeito estufa, como o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2), emitidos durante a decomposição de materiais orgânicos. Os RSU impactam as mudanças climáticas não apenas pela decomposição da fração orgânica, mas também pela queima de combustíveis durante as diversas etapas do gerenciamento de resíduos. Os processos de reciclagem e tratamento de resíduos também contribuem para a emissão de gases poluentes, como CO_2 e outros compostos, que intensificam o aquecimento global.

No Brasil, segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) do Observatório do Clima, o setor de resíduos sólidos emitiu 95,7 Mt. $\text{CO}_2\text{-eq}$ em 2024, o equivalente a cerca de 4% do total nacional bruto de emissões, com aumento de 3,6% em relação a 2023, a maior alta percentual entre os cinco setores da economia brasileira naquele ano, superando os processos industriais (2,8%) (SEEG, 2025).

Figura 1. Contabilização de emissões brutas de GEE por setor no Brasil, 2024.

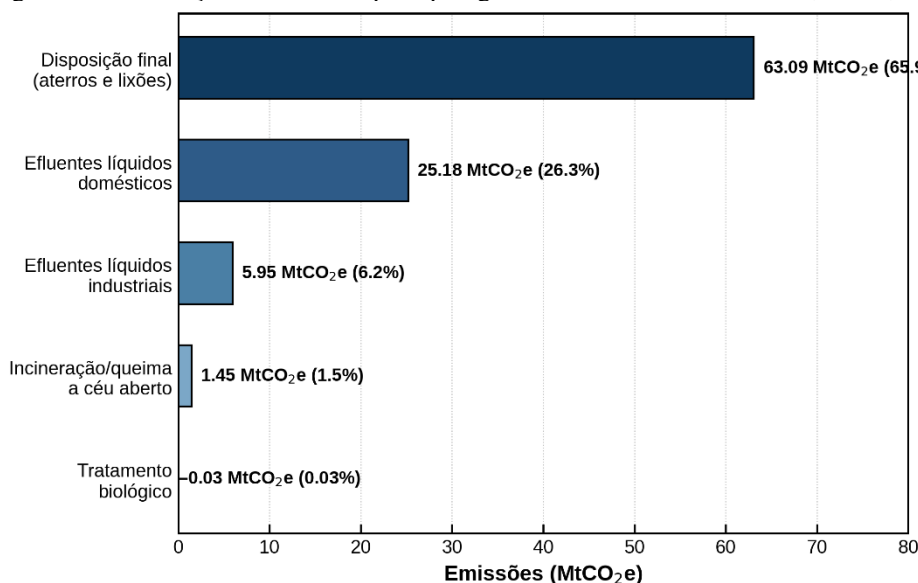


Fonte: elaborado pelos autores, adaptado do SEEG (2025).



Conforme o SEEG (2025), a maior parte da contribuição do setor de resíduos foi associada à disposição em aterros sanitários e lixões (65,9%; 63,09 Mt.CO₂-eq), seguida pelo tratamento de efluentes líquidos domésticos (26,3%; 25,18 Mt.CO₂-eq), tratamento de efluentes líquidos industriais (6,2%; 5,95 Mt.CO₂-eq), incineração ou queima a céu aberto (1,5%; 1,45 Mt.CO₂-eq) e, com contribuição residual, tratamento biológico por meio de compostagem (0,03%; 0,03 Mt.CO₂-eq). Esses números mostram que as diferentes etapas e técnicas de manejo têm pesos muito distintos na composição das emissões setoriais.

Figura 2. Contribuição de emissões por tipologia dentro do setor de Resíduos, Brasil, 2024.



Fonte: elaborado pelos autores, adaptado do SEEG (2025).

No Brasil, a gestão de resíduos é voltada principalmente para a coleta e disposição final em aterros sanitários e lixões, com baixo índice de reciclagem e poucas iniciativas de valorização de resíduos orgânicos (Jucá et al., 2014; Firmo et al., 2019; Dias; Balieiro; Pedreiro, 2024). A falta de mecanismos para capturar e utilizar o biogás gerado nos aterros contribui para o aumento das emissões de GEE. Nos aterros, a decomposição anaeróbica da matéria orgânica libera CH₄, gás de efeito estufa 28 vezes mais potente que o CO₂ de acordo com o potencial de aquecimento global (GWP), e um dos principais responsáveis pelo aquecimento global (IPCC, 2014; Almeida et al., 2023).

As emissões provenientes de aterros sanitários são, portanto, mais significativas do que as geradas por locais de disposição inadequada, correspondendo a 65,9% das emissões do setor (SEEG, 2025). A variação nas emissões de GEE do setor de resíduos está diretamente relacionada à composição gravimétrica dos RSU, bem como às tecnologias de tratamento e disposição final utilizadas (Jucá et al., 2014; Firmo et al., 2019).

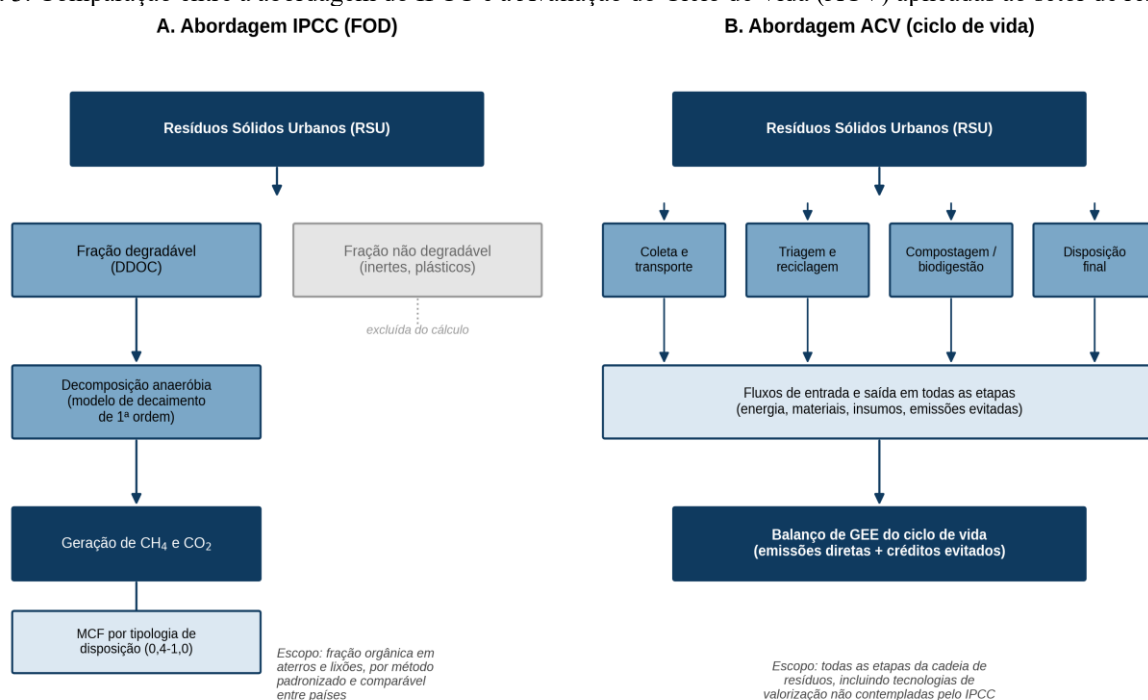
O modelo do IPCC possibilita a quantificação das emissões totais de uma localidade, adotando uma abordagem simplificada que considera apenas a fração degradável dos resíduos (IPCC, 2014). As práticas



de gerenciamento de RSU, no entanto, abrangem outras tecnologias, como a coleta, o tratamento de resíduos secos e orgânicos, o tratamento térmico e a disposição final. O modelo do IPCC para o escopo de resíduos não contempla algumas dessas etapas, como a quantificação das emissões de GEE originadas por tecnologias que convertem resíduos em combustível, o que limita, em certa medida, a eficácia do modelo (Firmo et al., 2019).

Por essa razão, uma abordagem mais abrangente precisa considerar tanto a fração degradável quanto a não degradável no processo de gerenciamento. A metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), amplamente adotada internacionalmente para a análise de fluxos de matéria e energia em todas as etapas da produção e fornecimento de bens e serviços, permite resultados mais completos nesse sentido (Figura 3).

Figura 3. Comparação entre a abordagem do IPCC e a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) aplicadas ao setor de resíduos.



Fonte: elaborado pelos autores, adaptado de Firmo et al. (2019).

2.2 DISPOSIÇÃO FINAL: ATERROS SANITÁRIOS E LIXÕES

Entre as tipologias de destinação final, distinguem-se tecnicamente os aterros sanitários e os lixões (ou vazadouros a céu aberto). O aterro sanitário é uma obra de engenharia projetada com impermeabilização de base, sistema de drenagem de líquidos percolados (lixiviados) e, na maioria dos casos, dispositivos de captação do biogás gerado pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica. O lixão, por sua vez, caracteriza-se pela ausência completa dessas estruturas de controle ambiental, com o resíduo disposto diretamente sobre o solo. Essa distinção é relevante para a contabilização de emissões porque o IPCC atribui fatores de correção de metano (MCF) distintos a cada tipologia: 1,0 para aterros sanitários bem manejados



e entre 0,4 e 0,8 para disposição a céu aberto ou lixões, a depender da profundidade da camada de resíduos (IPCC, 2014). Por tonelada de resíduo orgânico depositado, um aterro sanitário tende a apresentar, no modelo padrão do IPCC, um potencial de geração de metano proporcionalmente maior do que um lixão, ainda que o lixão continue sendo a opção ambientalmente mais crítica sob outros aspectos, como contaminação do solo e de corpos hídricos, presença de vetores e ausência de controle operacional.

No Brasil, o Panorama dos Resíduos Sólidos aponta que, do total de resíduos sólidos urbanos gerados em 2023, cerca de 85,6% foram encaminhados à disposição final, sendo que uma parcela relevante dos municípios brasileiros ainda utiliza lixões ou aterros controlados como destino, apesar do prazo estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos para o encerramento dessas estruturas (Abrema, 2024). Estudos aplicados a aterros sanitários brasileiros reforçam a magnitude desse potencial emissor, evidenciando que, mesmo em estruturas consideradas ambientalmente adequadas, a fração de resíduos alimentares figura entre as principais fontes geradoras de metano ao longo do tempo (Andreazza; Lara; Richter, 2024).

A produção de metano não é constante ao longo do ano, variando conforme parâmetros climáticos como pluviosidade, umidade relativa, temperatura e evaporação, que influenciam diretamente a atividade microbiana responsável pela decomposição anaeróbia (Gomes et al., 2024). Esses achados apontam que a gestão da disposição final de resíduos sólidos no Brasil, tanto pela ampliação da cobertura de aterros sanitários adequados quanto pela captação e aproveitamento energético do biogás gerado, é uma das principais alavancas de mitigação disponíveis ao setor de resíduos, com efeitos diretos sobre o cumprimento das metas climáticas nacionais.

3 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa e caráter descritivo, cujo objeto de análise é a disposição final de resíduos sólidos urbanos e sua influência sobre as emissões de gases de efeito estufa do setor de resíduos no Brasil, no contexto da atual crise climática. A opção pelo uso de dados secundários se deu pela disponibilidade de séries históricas consolidadas por instituições oficiais e organizações técnicas do setor, o que possibilita uma análise abrangente da temática sem a necessidade de coleta primária em campo.

A pesquisa se apoia em duas técnicas complementares: a análise documental e a análise estatística. A análise documental consistiu no levantamento e na sistematização de relatórios técnicos, boletins e bases de dados oficiais, com vistas a caracterizar o panorama nacional da destinação final de resíduos sólidos e sua trajetória recente. A análise estatística foi empregada para o tratamento quantitativo dos dados levantados, com organização das informações em tabelas e gráficos, permitindo identificar tendências



temporais, variações percentuais e possíveis relações entre a evolução da disposição final de resíduos sólidos e o comportamento das emissões do setor.

Os dados secundários foram obtidos junto a três fontes principais: o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio do Censo Demográfico 2022, do Perfil dos Municípios Brasileiros e das Projeções da População (IBGE, 2023; IBGE, 2024); o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), vinculado ao Observatório do Clima, utilizado para a obtenção das séries anuais de emissões de CO₂ equivalente (CO₂e) do setor de resíduos (SEEG, 2025); e a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (Abrema), por meio do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, que reúne dados sobre geração, coleta e formas de destinação final adotadas pelos municípios brasileiros, incluindo o percentual direcionado a aterros sanitários, aterros controlados e lixões (Abrema, 2024).

A análise concentrou-se principalmente na etapa de disposição final da cadeia de gestão de resíduos sólidos, sem abranger etapas anteriores como coleta, triagem ou reciclagem, de modo a isolar sua influência específica sobre as emissões setoriais de gases de efeito estufa.

Como etapa complementar da metodologia, foi construído um cenário de projeção de longo prazo. A partir da população recenseada pelo IBGE em 2022 e das Projeções da População, estimou-se a trajetória demográfica brasileira para um horizonte de 20 anos. Essa projeção populacional foi então combinada com a taxa de geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos e com a intensidade de emissão do setor (MtCO₂e por tonelada de resíduo disposto) para estimar cenários de geração de GEE do setor de resíduos até 2042, detalhados na seção de Resultados e Discussão.

Complementarmente, realizou-se revisão da literatura científica nacional e internacional no contexto atual, em periódicos indexados e relatórios institucionais correlatos, com o objetivo de subsidiar teoricamente a interpretação dos dados estatísticos e contextualizar os resultados encontrados à luz de estudos sobre geração de metano em aterros sanitários, políticas de erradicação de lixões e o papel do Brasil no cumprimento de metas climáticas internacionais.

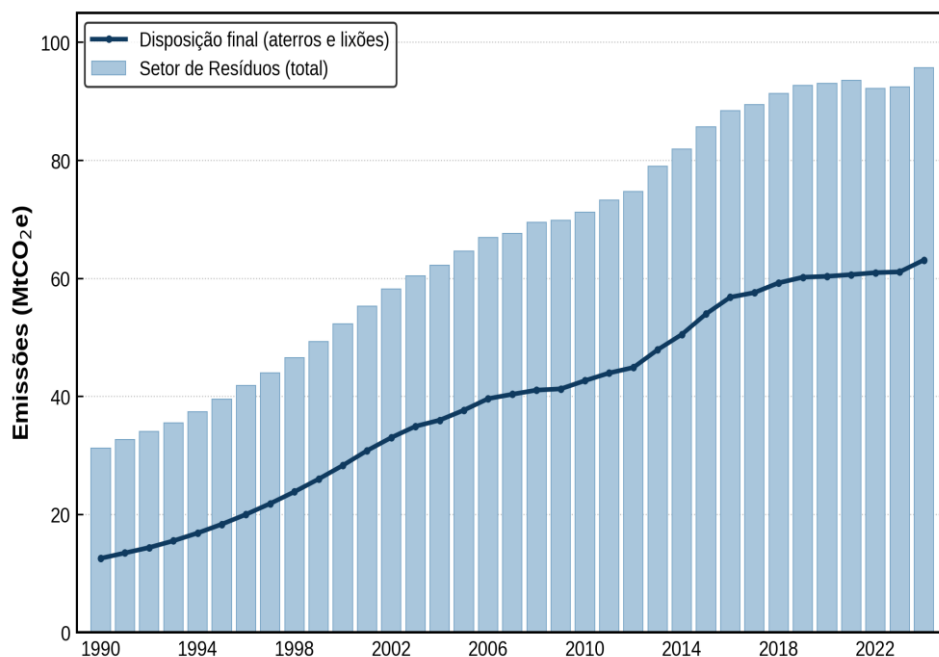
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TRAJETÓRIA HISTÓRICA DAS EMISSÕES DO SETOR DE RESÍDUOS

De acordo com a série histórica do SEEG (2025), as emissões do setor de Resíduos saíram de 31,2 Mt.CO₂-eq em 1990 para 95,7 Mt.CO₂-eq em 2024, um crescimento de mais de 200% em três décadas e meia (Figura 4). A disposição final acompanha essa trajetória de perto: em 1990 respondia por 12,5 Mt.CO₂-eq, pouco mais de um terço das emissões do setor, e em 2024 já correspondia a 63,1 Mt.CO₂-eq, quase dois terços do total. Essa diferença de ritmo indica que a disposição final cresceu de forma mais acelerada do que as demais fontes do setor, como o tratamento de efluentes, o que reforça o argumento que a destinação final dos resíduos sólidos é o principal determinante do comportamento das emissões setoriais no Brasil.



Figura 4. Evolução das emissões do setor de Resíduos e da disposição final no Brasil, 1990 a 2024.



Fonte: elaborado pelos autores com dados do SEEG (2025).

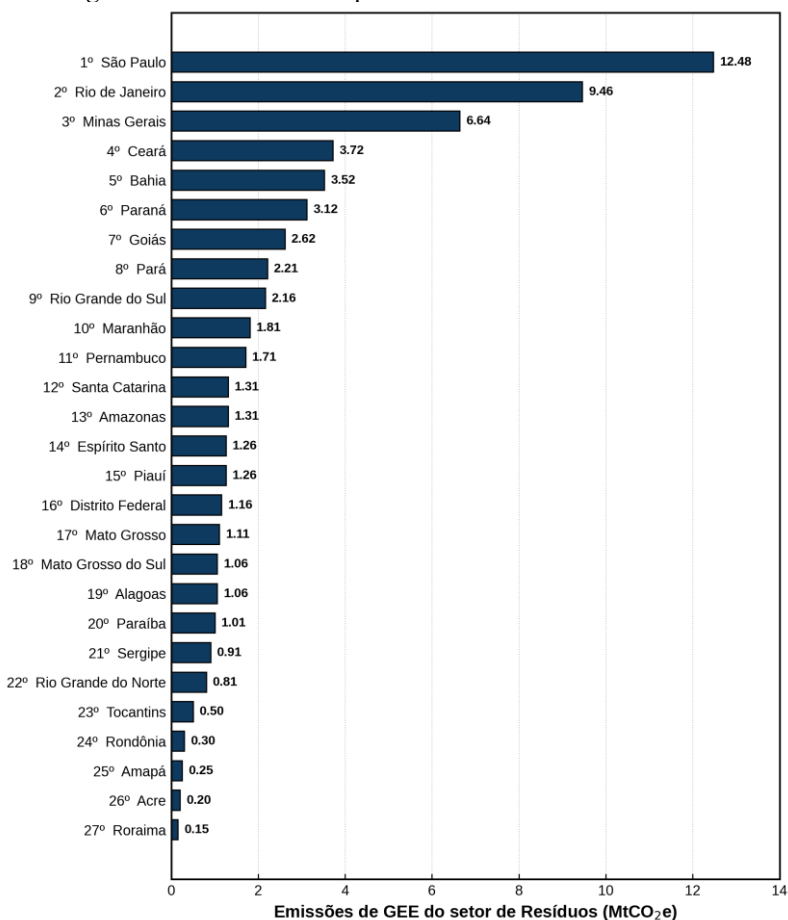
O ritmo de crescimento não foi uniforme ao longo do período. Entre 2009 e 2018 as emissões do setor cresceram de forma relativamente constante, refletindo o aumento da cobertura de coleta e disposição em municípios que antes não dispunham desses serviços. A partir de 2019 a curva se estabiliza por alguns anos e volta a acelerar em 2024, quando o setor registra o maior salto percentual entre os cinco setores da economia brasileira. Esse padrão é consistente com o observado por Freitas, Pires e Benincá (2024), cuja análise SWOT da gestão de RSU no país aponta que, apesar dos avanços normativos trazidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, a ampliação da cobertura de coleta e disposição segue superando, em ritmo, os investimentos em tratamento e valorização, o que tende a manter elevada a proporção de resíduos que chega aos aterros sem qualquer aproveitamento prévio.

4.2 DISTRIBUIÇÃO ESTADUAL DAS EMISSÕES

A distribuição das emissões do setor de Resíduos entre os estados brasileiros é fortemente concentrada (Figura 5). São Paulo lidera isoladamente o ranking nacional, com cerca de 12,5 Mt.CO₂-eq em 2024, quase 20% do total do país, seguido por Rio de Janeiro (9,5 Mt.CO₂-eq) e Minas Gerais (6,6 Mt.CO₂-eq). Juntos, esses três estados respondem por mais de 45% das emissões nacionais do setor, um padrão que acompanha de perto a concentração populacional e econômica do Sudeste brasileiro (SEEG, 2025).



Figura 5. *Ranking* dos estados brasileiros por emissões de GEE do setor de Resíduos, 2024.



Fonte: elaborado pelos autores com dados do SEEG (2025).

Esse padrão de concentração é coerente com o que Firmo et al. (2019) observaram ao estudar as emissões de GEE da disposição de resíduos sólidos em uma região metropolitana brasileira: a magnitude das emissões acompanha diretamente o volume de resíduos gerado, que por sua vez está associado à densidade populacional e ao nível de atividade econômica local. Estados com menor contingente populacional, como Roraima, Acre e Amapá, ocupam as últimas posições do ranking, com emissões inferiores a 0,3 Mt.CO₂e, uma diferença de mais de oitenta vezes em relação a São Paulo. Essa disparidade regional é relevante para a formulação de políticas públicas, já que sugere que estratégias de mitigação uniformes, aplicadas da mesma forma em todo o território nacional, tendem a ser menos eficientes do que abordagens que priorizem os estados de maior emissão absoluta.

4.3 CENÁRIO DE PROJEÇÃO POPULACIONAL E DE EMISSÕES PARA 20 ANOS

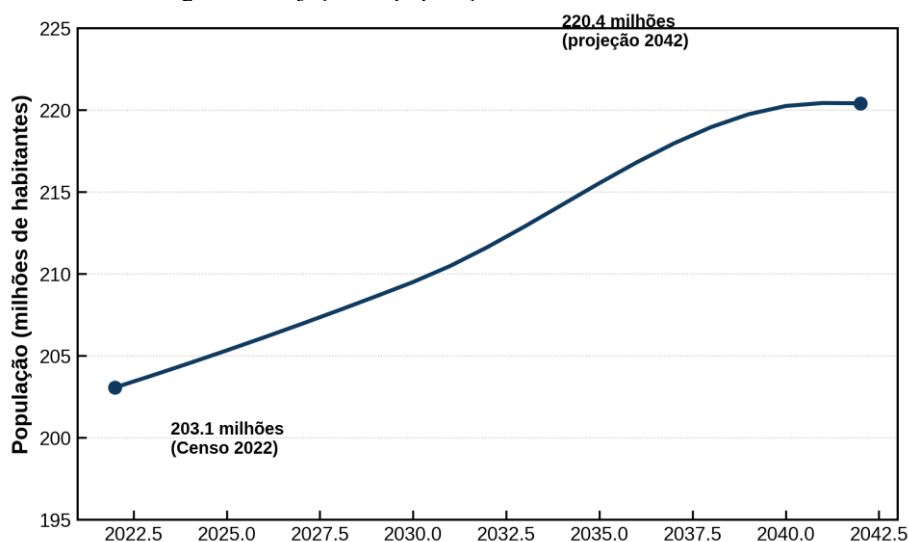
A relação entre crescimento populacional e geração de resíduos sólidos já havia sido explorada por Nascimento et al. (2015), que projetaram a geração de RSU no Brasil considerando o pico populacional então estimado pelo IBGE para 2042, em torno de 228,4 milhões de habitantes. As Projeções da População de 2024, que incorporam pela primeira vez os dados do Censo Demográfico 2022, revisaram essa trajetória



para baixo: o Brasil deve atingir seu pico populacional em 2041, com aproximadamente 220,4 milhões de habitantes, e passar a apresentar declínio populacional a partir de então. Essa revisão reflete a queda mais acentuada da taxa de fecundidade brasileira nos últimos anos, e ilustra como cenários de longo prazo no setor de resíduos precisam ser atualizados à medida que novos dados demográficos se tornam disponíveis.

Partindo da população recenseada em 2022 (203.062.512 habitantes) e da projeção oficial do IBGE para 2042 (aproximadamente 220,4 milhões de habitantes, próximo do pico), estimou-se um crescimento populacional acumulado de 8,5% ao longo dos próximos 20 anos (Figura 6). Esse crescimento, por si só, já representa pressão adicional sobre a geração de resíduos sólidos urbanos, mesmo em um cenário conservador em que a geração *per capita* se mantivesse estável nos atuais 382 kg/hab/ano (Abrema, 2024).

Figura 6. Projeção da população brasileira, 2022 a 2042.

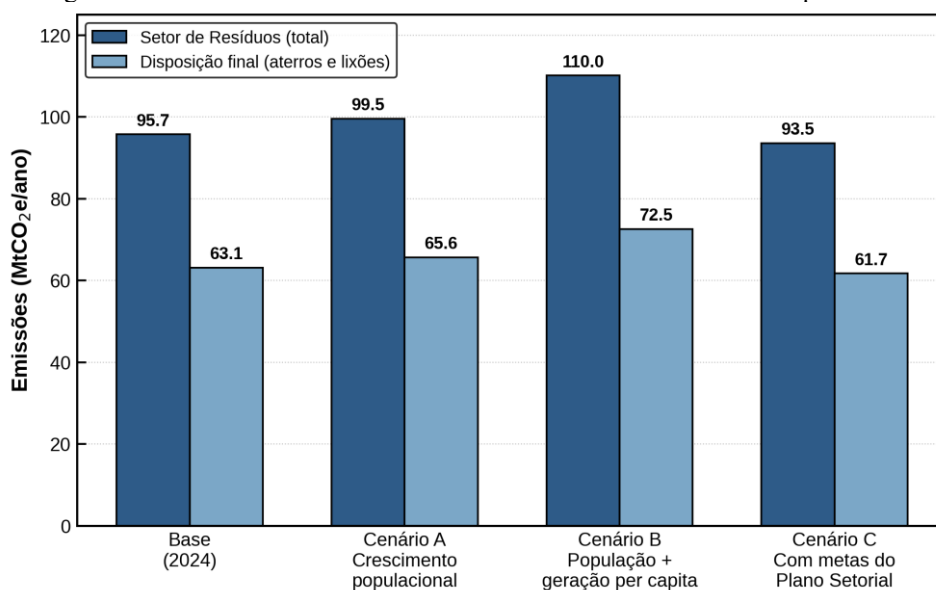


Fonte: elaborado pelos autores com dados do IBGE (2023, 2024).

A partir dessa base populacional, três cenários foram construídos para 2042 (Figura 7). No Cenário A, considerando apenas o crescimento populacional e mantendo constantes a geração *per capita* de resíduos e a proporção destinada a aterros e lixões, a disposição final chegaria a 65,6 MtCO₂e por ano, e o setor de Resíduos como um todo alcançaria 99,5 MtCO₂e. No Cenário B, mais próximo da tendência observada nos últimos anos, em que a geração *per capita* também cresce, ainda que moderadamente, a disposição final atingiria 72,5 MtCO₂e e o setor total chegaria a 110,0 MtCO₂e, um crescimento de 15% em relação a 2024. Já o Cenário C incorpora as metas do Plano Setorial de Resíduos, que prevê o aproveitamento energético de 45% do biogás gerado em aterros sanitários e de 25% do biogás gerado em estações de tratamento de efluentes até 2035: nesse cenário, mesmo com o crescimento populacional projetado, as emissões do setor poderiam ficar em torno de 93,5 MtCO₂e, um patamar próximo ao atual, apesar do aumento esperado na quantidade de resíduos gerados.



Figura 7. Cenários de emissões de GEE do setor de Resíduos no Brasil para 2042.



Fonte: elaborado pelos autores.

Esses três cenários devem ser lidos como uma projeção de tendência, não como uma previsão determinística, já que dependem de premissas simplificadoras sobre a estabilidade da geração *per capita*, da proporção de resíduos disposta em aterros e lixões e da intensidade de emissão por tonelada de resíduo. Ainda assim, o exercício deixa claro que o crescimento populacional projetado para as próximas duas décadas, por si só, já pressiona o setor de Resíduos para cima, e que apenas a combinação entre controle do crescimento da geração *per capita* e ampliação do aproveitamento energético do biogás parece capaz de conter essa trajetória. Conforme Andreazza, Lara e Richter (2024), o potencial de captura de metano em aterros sanitários brasileiros, de acordo com a infraestrutura de captação já implantada no país, permanece subutilizada frente ao volume de biogás potencialmente disponível, o que indica margem real para mitigação sem depender exclusivamente da redução da geração de resíduos.

5 CONCLUSÃO

Este estudo analisou a relação entre a disposição final de resíduos sólidos e as emissões de GEE do setor de Resíduos no Brasil, com base em dados secundários do IBGE, do SEEG e da Abrema, complementados pela literatura científica recente sobre o tema. Os resultados confirmam que a disposição final, sobretudo em aterros sanitários, é o principal componente das emissões setoriais, respondendo por praticamente dois terços do total em 2024, com ritmo de crescimento que tem superado o das demais fontes do setor ao longo das últimas três décadas e meia. A distribuição espacial dessas emissões acompanha a concentração populacional e econômica do país, com São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais respondendo por quase metade do total nacional, o que reforça que políticas de mitigação uniformes tendem



a ser menos eficazes do que estratégias que priorizem os estados de maior emissão absoluta, sem deixar de considerar as particularidades locais de cada território.

O exercício de projeção construído a partir do Censo Demográfico 2022 e das Projeções da População do IBGE mostrou que o crescimento populacional esperado para os próximos 20 anos, por si só, já tende a elevar as emissões do setor de Resíduos, mesmo em um cenário conservador de geração *per capita* constante. Esse efeito se soma à tendência histórica de aumento da geração *per capita*, o que aponta para uma trajetória de crescimento das emissões caso nenhuma medida adicional seja adotada. Por outro lado, o cenário que incorpora as metas do Plano Setorial de Resíduos, voltadas à ampliação do aproveitamento energético do biogás gerado em aterros sanitários e estações de tratamento de efluentes, sugere que é possível conter esse crescimento sem depender exclusivamente da redução da quantidade de resíduos gerada.

Esses achados indicam que o Brasil ocupa uma posição ambígua na crise climática global no que se refere aos resíduos sólidos: de um lado, o país avançou na erradicação de lixões e na ampliação da cobertura de aterros sanitários nas últimas décadas; de outro, essa própria transição, associada ao crescimento populacional e ao aumento da geração *per capita* de resíduos, tem mantido as emissões do setor em trajetória ascendente. O enfrentamento desse cenário depende da combinação entre políticas de redução na fonte, ampliação da reciclagem e da compostagem e, sobretudo, da efetiva captação e aproveitamento energético do biogás já gerado nos aterros sanitários existentes.

Como limitação, este estudo se baseou exclusivamente em dados secundários e em um modelo de projeção simplificado, que assume a manutenção de parâmetros como a proporção de resíduos destinada a aterros e a intensidade de emissão por tonelada disposta. Pesquisas futuras podem aprofundar essa análise por meio de modelagens mais detalhadas por estado ou região, incorporando variáveis socioeconômicas e diferentes cenários de política pública, de modo a subsidiar com mais precisão o planejamento da gestão de resíduos sólidos no Brasil diante da crise climática.

REFERÊNCIAS

ABREMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2024**. São Paulo: Abrema, 2024.

ALMEIDA, A. J. G.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.I.; GUEDES, F. L.; MARIANO, M.O.H.; JUCÁ, J.F.T. Utilização de colunas de solo para avaliação da redução de emissões de gases de efeito estufa em camadas de cobertura de aterros sanitários. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.16, n. 8, p.11671-11690, 18 de agosto de 2023.

ANDREAZZA, R. de C. L.; LARA, D. M. de; RICHTER, M. F. Projeção do metano (CH₄) gerado em aterro sanitário com o uso da metodologia ACM0001. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 35, n. 20, p. 504-528, 2024. DOI: 10.55761/abclima.v35i20.18211.



BORGES, J. F.; FIGUEIREDO, J. C. M.; MIGUEL, F. L. F.; SILVA, A. F. Municipal Waste Treatment: Climate Change Mitigation Impacts and Carbon Credit Market Effects. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, Miami, v.18, n.10, p. 1-16, e08694, 9 de junho de 2024.

COELHO, U. R. et al. Biogás: aproveitamento energético e gestão ambiental em aterro sanitário. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 3, p. 540-553, 2021.

DIAS, F. B.; BALIEIRO, L. T.; PEDREIRO, M. Aterros sanitários: gestão de resíduos sólidos e sustentabilidade ambiental. **Revista Ibero-Americana De Humanidades**, Ciências e Educação, São Paulo - SP, v.10, n.12, p.2891–2936, 11 de dezembro de 2024.

FIRMO, A. B. L.; JUCÁ, J. F. T.; GAMA, A. M. C. de F.; COSTA, V. C. B. Estudo das emissões de GEE da disposição de resíduos sólidos na região metropolitana do Recife. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 10, n. 6, p. 163-177, 2019. DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.006.0015.

FREITAS, M. F.; PIRES, M. M.; BENINCÁ, D. Fragilidades e potencialidades na gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 16, e20230271, 2024.

GOMES, A. C. C. de O.; SAMPAIO, F. S. de O.; SIÉBRA, H. M. A.; STEFANUTTI, R. Correlação entre parâmetros climáticos e produção de metano em aterro sanitário no nordeste brasileiro. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 4, e3558, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022**: primeiros resultados. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Projeções da população**: Brasil e Unidades da Federação: revisão 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Volume 5: Waste. Genebra: IPCC, 2014.

JUCÁ, J. F. T.; LIMA, J. D.; MARIANO, M. O. H.; FIRMO, A. L. B.; LIMA, D. G. A.; LUCENA, L. F. L.; FARIAS, P. R. R.; JUNIOR, F. H. C.; CARVALHO, E. H.; FERREIRA, J. A.; REICHERT, G. A. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Jaboatão dos Guararapes: Grupo de Resíduos Sólidos – UFPE, 2014.

JUCÁ, J. F. T.; HACHISUCA, A. M. M.; VOLSCHAN JUNIOR, I.; MOTA, F. S. B.; BELLI FILHO, P.; DE SOUZA, S. N. M.; CASSINI, S. T. A.; ORTEGA, J. M. In: JUCÁ, J. F. T. (org.). **Desenvolvimento de soluções tecnológicas a partir do biogás produzido em sistemas de tratamento de esgotos e resíduos sólidos para a geração de energia**. Rede de Pesquisa em Biogás, 2026. p. 23-81. E-book. 2026.

NASCIMENTO, V. F.; SOBRAL, A. C.; ANDRADE, P. R.; OMETTO, J. P. H. B. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 4, p. 889-902, 2015.

OZÓRIO, B. D. V.; SIQUEIRA, O. I.; CARNIATTO, I. Desafio climático da gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, Cascavél-PR, v.5, n.3, p. 1-5, 13 de dezembro de 2023.



PISSINATTO SBROIO, L. B.; COSTA FREIRIA, R. Coprocessamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil: perspectivas regulatórias e desafios para a economia circular. **RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar**, v. 7, n. 2, e727219, 2026.

SEEG – SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. **Emissões do Brasil têm a maior queda em 15 anos**. 13ª edição, dados 2024. Rio de Janeiro: Observatório do Clima, 2025.

SEEG – SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil (1970-2023)**. Rio de Janeiro: Observatório do Clima, 2024.

VIEIRA, L. C.; CANDIANI, G. Potencial energético de resíduos sólidos urbanos na Região do Grande ABC Paulista. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 328-342, 2021.