

IMPACTO DA MÁ GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

THAIS DE SOUZA LOPES¹, HIASMIN GABRIELLE FREIRE DANTAS², THALES NUNES MARTINS DE SA³

¹Especialista em Gestão pública, Engenheira Ambiental, UFRN, Natal-RN, lopesthais1012@gmail.com;

²Graduanda em Engenharia Ambiental, UFRN, Natal-RN, hiasmingaby@gmail.com;

³Mestrando em Ciências Climáticas, Meteorologista, UFRN, Natal-RN, thales553@gmail.com;

Apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
06 a 09 de outubro de 2025

RESUMO: A má gestão dos resíduos sólidos representa um dos principais vetores de agravamento das mudanças climáticas, especialmente pela emissão de gases de efeito estufa (GEEs). Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica com o objetivo de analisar a relação entre a gestão inadequada dos resíduos no Brasil e o aumento das emissões per capita de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e). Com base em dados do SEEG e do IBGE, foi realizada uma análise da evolução das emissões de resíduos entre os anos de 2000 e 2023. Os resultados indicam que, nesse período, as emissões totais aumentaram 86,9%, enquanto a população cresceu 21,2%, refletindo um crescimento desproporcional e contínuo das emissões per capita. Além disso, o uso persistente de lixões e a baixa cobertura de políticas de reaproveitamento dos resíduos agravam esse cenário. Conclui-se que a mudança de comportamento da sociedade e o fortalecimento das políticas públicas de gestão de resíduos são essenciais para mitigar os impactos climáticos e cumprir os compromissos assumidos pelo país na Agenda 2030.

PALAVRAS-CHAVE: SEEG; Gases de Efeito Estufa; Mitigar; Agenda 2030; Lixões.

IMPACT OF POOR SOLID WASTE MANAGEMENT ON CLIMATE CHANGE – A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: The mismanagement of solid waste is one of the main contributors to the intensification of climate change, especially due to the emission of greenhouse gases (GHG). This study presents a literature review aimed at analyzing the relationship between inadequate waste management in Brazil and the increase in per capita emissions of carbon dioxide equivalent (tCO₂e). Based on SEEG and IBGE data, an analysis of the evolution of waste emissions from 2000 to 2023 was conducted. The results show that, during this period, total emissions increased by 86.9%, while the population grew by 21.2%, indicating a disproportionate and continuous increase in per capita emissions. Furthermore, the persistent use of open dumps and the limited coverage of waste reuse policies worsen the scenario. It is concluded that behavioral change and the strengthening of public waste management policies are essential to mitigate climate impacts and meet the commitments assumed by Brazil under the 2030 Agenda.

KEYWORDS: SEEG; Greenhouse Gases; Mitigate; 2030 Agenda; Open Dumps.

INTRODUÇÃO

O aumento populacional e o modo de consumo atual são fatores fortemente ligados à geração de resíduos sólidos. Conforme estimativa do Banco Mundial realizada em 2020, com a urbanização e o desenvolvimento econômico das cidades, a geração de resíduos aumentará de 2,01 bilhões de toneladas em 2016 para 3,40 bilhões de toneladas em 2050. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), no Brasil, a população cresceu cerca de 25,2% entre 2000 e 2024, o que significa, um aumento de 42.784.580 habitantes no país. De acordo com Martins F. e Ribeiro M (2021), os hábitos de consumo elevaram a produção industrial e por consequência a geração de resíduos.

Quando observado a realidade brasileira onde 40% dos resíduos ainda são destinados de forma inadequada, depositados majoritariamente nos 3 mil lixões ativos em todo território nacional, conforme estimativas realizadas pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA, 2024), esse

fator torna-se um problema com impactos ambientais e sociais ainda mais expressivos, como emissão de gases de efeito estufa (GEEs) e contaminação do solo, água e ar. Dada a relevância dessa problemática, a Organização das Nações Unidas (ONU) aborda o tema na Agenda 2030, o incluindo em diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). No ODS 11, que trata das Cidades e Comunidades Sustentáveis, propõe na meta 11.6 reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros. E no ODS 12, Consumo e Produção Responsáveis, que na meta 12.5 propõe reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, estabelece prazos escalonados para a implantação da disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. De acordo com o Art. 54, o prazo inicial era até 31 de dezembro de 2020, sendo estendido para municípios conforme critérios populacionais e regionais: até 2 de agosto de 2021 para capitais e municípios de regiões metropolitanas; até 2 de agosto de 2022 para municípios com mais de 100 mil habitantes; até 2 de agosto de 2023 para municípios entre 50 mil e 100 mil habitantes; e até 2 de agosto de 2024 para aqueles com população inferior a 50 mil habitantes.

Com base nos dados presentes na Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) de 2023, após 14 anos da promulgação da PNRS, 31,9% dos municípios ainda utilizam lixões para a disposição final de resíduos. Além disso, 21,5% dos municípios com população superior a 50.001 habitantes ainda adotavam essa prática. Diante desse cenário, o referido trabalho apresenta, por meio de uma revisão bibliográfica, o impacto da má gestão dos resíduos sólidos nas mudanças climáticas, destacando a emissão de gases de efeito estufa.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa bibliográfica, cujo objetivo é apresentar a relação direta e indireta que a má gestão dos resíduos sólidos possui frente às mudanças climáticas e seus impactos no Brasil.

A pesquisa utilizou dados em toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_{2e}) anual do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) e os dados de projeção populacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Como objeto de estudo, foi gerado um percentual de quanto é emitido em tCO_{2e} por habitante no Brasil, equação abaixo:

$$tCO_2e = \frac{tCO_2e}{habitante}$$

Conforme os dados da Tabela 1, entre 1990 e 2023 (24 anos), as emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil aumentaram em 45,1 milhões de tCO_{2e}, enquanto a população cresceu 37 milhões de habitantes. Isso resultou em uma média de 0,161 tCO_{2e}/hab/ano, indicando que o crescimento das emissões não está ligado apenas ao aumento populacional, mas também a padrões de consumo mais intensivos em carbono.

Tabela 1: Dados de toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente (tCO_{2e}) por Habitante/ano

Ano	Resíduos (tCO _{2e})	população (hab)	tCO _{2e} /hab
2000	51.781.749	174.695.935	0,296
2001	54.681.557	177.003.743	0,309
2002	57.631.507	179.228.254	0,322
2003	60.458.537	181.377.654	0,333
2004	61.989.295	183.469.593	0,338
2005	64.132.652	185.518.369	0,346
2006	66.862.714	187.535.030	0,357
2007	67.592.553	189.458.827	0,357

2008	68.889.134	191.335.196	0,360
2009	72.437.467	193.174.036	0,375
2010	73.958.993	194.749.329	0,380
2011	76.449.632	196.158.610	0,390
2012	76.921.979	197.670.620	0,389
2013	81.696.064	199.226.702	0,410
2014	84.134.482	200.811.131	0,419
2015	86.830.908	202.403.642	0,429
2016	88.888.095	203.871.925	0,436
2017	90.426.699	205.211.557	0,441
2018	93.356.185	206.529.038	0,452
2019	94.759.872	207.900.099	0,456
2020	96.714.492	209.164.889	0,462
2021	97.464.341	210.103.642	0,464
2022	96.625.194	210.862.983	0,458
2023	96.864.197	211.695.158	0,458

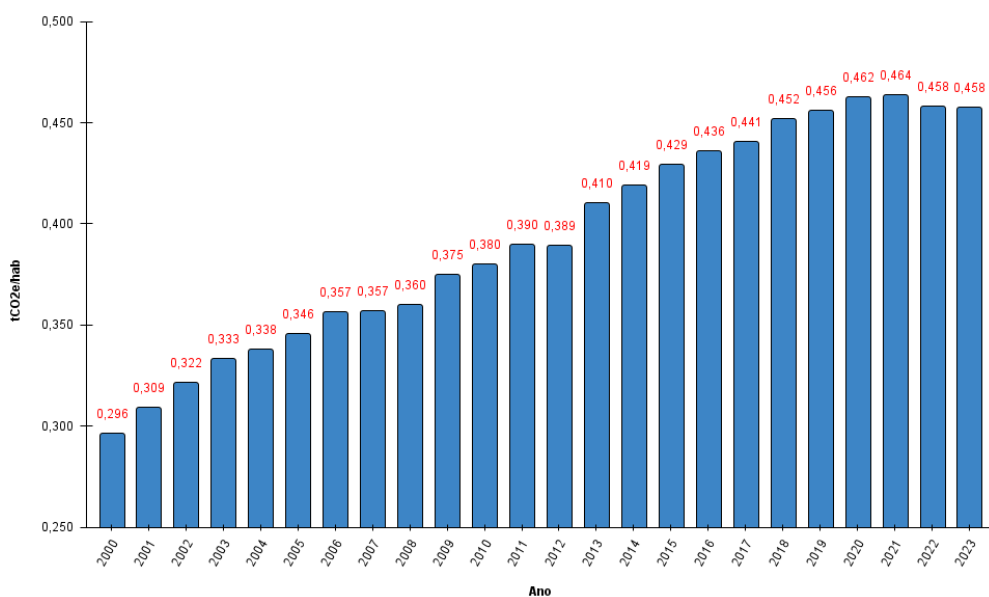
Fonte: Os Autores, 2025.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados de tCO₂e gerados pelos resíduos no Brasil (Gráfico 1), observa-se uma nítida tendência de crescimento das emissões de resíduos sólidos ao longo do período de 2000 a 2023. As emissões totais praticamente dobraram, saltando de 51,8 milhões para 96,8 milhões de tCO₂e, o que representa um aumento de 86,9%. Embora o país também tenha registrado um crescimento populacional relevante nesse intervalo, passando de 174,7 milhões para 211,7 milhões de habitantes, um acréscimo de 21,2%. O aumento das emissões foi desproporcionalmente superior ao crescimento demográfico, esse desequilíbrio se reflete de forma ainda mais evidente nas emissões per capita, que cresceram 54,5%, passando de 0,296 tCO₂e/hab para 0,457 tCO₂e/hab. Tal cenário evidencia que a geração de resíduos ou seu impacto ambiental por habitante aumentou consideravelmente, sinalizando não apenas um maior consumo, mas também possíveis falhas ou estagnação nos sistemas de gestão e tratamento de resíduos ao longo das últimas décadas.

Ao analisar os períodos podemos observar variações significativas no comportamento das emissões per capita ao longo do tempo. Entre 2000 e 2010, houve um crescimento constante, com uma média de aumento anual de aproximadamente 0,0085 tCO₂e/hab, refletindo a possível expansão da urbanização e o consequente aumento do consumo pela população. No intervalo de 2010 a 2020, o ritmo de crescimento se intensificou, com destaque para os anos de 2013 a 2018, em que se observam incrementos contínuos nas emissões por habitante. Esse período pode estar associado ao aumento da produção de resíduos nos centros urbanos e ao uso intensivo de materiais descartáveis, fenômenos característicos de uma sociedade cada vez mais voltada ao consumo. O ano de 2021 marca o pico da série histórica, com a emissão per capita atingindo 0,464 tCO₂e/hab, possivelmente em decorrência dos efeitos da pandemia de COVID-19, como o aumento do uso de descartáveis, embalagens e resíduos hospitalares. Já nos anos mais recentes, 2022 e 2023, nota-se uma leve estabilização, com pequena redução nas emissões per capita, o que pode indicar os primeiros sinais de melhoria na gestão de resíduos ou de mudanças nos padrões de consumo da população.

Gráfico 1: Gráfico de toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente (tCO₂e) por Habitante/ano



Fonte: Os Autores, 2025.

Utilizando o modelo de regressão linear simples aplicando os dados históricos de 2000 a 2023, foi possível estimar a tendência das emissões per capita para os anos subsequentes. As projeções indicam um aumento contínuo, mas moderado, nas emissões por habitante, alcançando 0,487 tCO₂e/hab em 2024, 0,495 tCO₂e/hab em 2025 e 0,502 tCO₂e/hab em 2026. Essa estimativa sugere que, mesmo com os sinais de estabilização observados nos últimos anos, o padrão de geração de resíduos com potencial de emissão de gases de efeito estufa ainda tende a crescer. Caso não sejam adotadas medidas mais efetivas de gestão de resíduos, como ampliação da coleta seletiva, tratamento adequado e redução na geração de descartáveis, o país poderá manter a trajetória de aumento nas emissões per capita, o que compromete os esforços de sustentabilidade e mitigação das mudanças climáticas no médio prazo.

CONCLUSÃO

Diante dos dados expostos e analisados, fica evidente que as emissões per capita provenientes de resíduos sólidos no Brasil cresceram de forma contínua ao longo dos últimos 24 anos - com aumento de 86,9% nas emissões totais e 54,5% nas emissões per capita -, superando significativamente o ritmo de crescimento populacional. Este fato aponta que o aumento nas emissões de gases possui maior relação com o padrão de consumo e à geração individual de resíduos do que a fatores demográficos. O pico registrado em 2021 — pode estar relacionado aos efeitos da pandemia de COVID-19 e a intensificação do uso de materiais descartáveis — reforça a necessidade de atenção às mudanças de comportamento e seus reflexos ambientais. Apesar de uma leve estabilização nos anos subsequentes, ainda é prematuro afirmar uma reversão de tendência, sendo fundamental o acompanhamento contínuo dos indicadores.

A persistência do uso de lixões e a baixa cobertura de políticas de tratamento e reaproveitamento dos resíduos indicam que a gestão de resíduos no Brasil permanece deficiente em grande parte dos municípios. Isso potencializa os impactos climáticos negativos e compromete os compromissos assumidos pelo país na Agenda 2030 da ONU e na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Nesse contexto, torna-se essencial fortalecer a infraestrutura e a governança da gestão de resíduos, com foco em tecnologias de menor impacto climático, ampliação da coleta seletiva, incentivo à compostagem e à reciclagem, além de políticas públicas que promovam o consumo consciente e invistam em educação ambiental. A atuação articulada entre engenheiros, agrônomos, geocientistas e gestores públicos é

estratégica para desenvolver soluções sustentáveis, baseadas em evidências e orientadas para a mitigação das emissões. Compreender e enfrentar os impactos da má gestão dos resíduos sólidos é um desafio urgente para a engenharia e as ciências ambientais, exigindo planejamento técnico, ação política consistente e ampla participação social.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). Com 3 mil lixões ativos, Brasil ainda tem dificuldades no descarte adequado do lixo. SUSTENTABILIDADE BRASIL, 29 ago. 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/08/29/com-3-mil-lixoes-ativos-brasil-ainda-tem-dificuldades-no-descarte-adequado-do-lixo-2/>. Acesso em: 29 de julho de 2025.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 3 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 29 de julho de 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2000. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/administracao-publica-e-participacao-politica/9663-censo-demografico-2000.html>. Acesso em: 29 de julho de 2025.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>. Acesso em: 29 de julho de 2025.
- IBGE. MUNIC 2023: 31,9% dos municípios brasileiros ainda despejam resíduos sólidos em lixões. Agência de Notícias IBGE, Brasília, 28 nov. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/41994-munic-2023-31-9-dos-municipios-brasileiros-ainda-despejam-residuos-solidos-em-lixoes>. Acesso em: 29 de julho de 2025.
- KAZA, Silpa; YAO, Lisa C.; BHADA-TATA, Perinaz; VAN WOERDEN, Frank. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank, 2018. Plataforma online: SEEG – World Bank Data Topics. Disponível em: <https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/>. Acesso em: 29 de julho de 2025.
- MARTINS, Joana D’Arc Dias; RIBEIRO, Maria de Fátima. O consumismo como fator preponderante para o aumento da geração de resíduos sólidos e os impactos ambientais na saúde pública. Revista de Direito Econômico e Socioambiental, Curitiba, v. 12, n. 1, p. 123-152, jan./abr. 2021. doi: 10.7213/rev.dir.econ.soc.v12i1.27478
- OBSERVATÓRIO DO CLIMA; CLIMATE OBSERVATORY. SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Plataforma SEEG, [s.l.], disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/?yearRange%5B0%5D=1990&yearRange%5B1%5D=2023§or%5B0%5D=586&emissionType%5B0%5D=1&gas=9&groupBy=Sector&rankBy=State&filtersTab=filters>. Acesso em: 29 de julho de 2025.