

CAPÍTULO 3

OS DESAFIOS DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS DIANTE DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Data de submissão: 16/10/2023

Data de aceite: 01/11/2023

Francielle Oliveira de Vargas da Silva

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula - RS
<http://lattes.cnpq.br/9520447006675146>

Juliane Moser da Conceição

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula - RS
<http://lattes.cnpq.br/6335928182123803>

Raquel Dal Magro Domingues

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula - RS
<http://lattes.cnpq.br/7218694459559040>

Solange Drews Aguiar Mengue

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
Canela - RS
<https://lattes.cnpq.br/0362899445180623>

Suzana Frighetto Ferrarini

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula - RS
<http://lattes.cnpq.br/8091675289256349>

Daniela Mueller de Lara

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula - RS
<http://lattes.cnpq.br/1557177056454917>

Ana Carolina Tramontina

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sustentabilidade
São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/5887389004235035>

RESUMO: Esta revisão bibliográfica aborda os desafios da gestão de Resíduos Sólidos Industriais (RSI) em meio às mudanças climáticas, com foco no Estado do Rio Grande do Sul. Em 2021, os RSI representaram 4% das emissões de gases de efeito estufa no

estado, destacando a urgência de repensar as estratégias em alinhamento com o ODS 13. A revisão revela a complexidade da gestão de RSI e sua relevância para promover a redução, reutilização e reciclagem de resíduos, além de adotar tecnologias avançadas de tratamento. Os resultados têm implicações significativas para políticas públicas e práticas empresariais, visando à proteção do meio ambiente e da saúde pública e que as mesmas são fundamentais para promover um futuro mais sustentável e resistente às mudanças climáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, Mudanças Climáticas. Resíduos Industriais.

THE CHALLENGES OF INDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT FACE TO THE CLIMATE CHANGE

ABSTRACT: This literature review addresses the challenges of Industrial Solid Waste (ISW) management in the midst of climate change, with a focus on the state of Rio Grande do Sul. In 2021, IWR accounted for 4% of greenhouse gas emissions in the state, highlighting the urgency of rethinking strategies in line with SDG 13. The review reveals the complexity of IWR management and its relevance to promoting waste reduction, reuse and recycling, as well as adopting advanced treatment technologies. The results have significant implications for public policies and business practices aimed at protecting the environment and public health, and that these are key to promoting a more sustainable and climate change-resistant future.

KEYWORDS: Sustainable Development Goals, Climate Change. Industrial Waste.

INTRODUÇÃO

Os recentes eventos climáticos que assolam a Região Sul do Brasil, devido à passagem de ciclones extratropicais, são um testemunho vívido da constante presença das mudanças climáticas em nosso cotidiano (GRANCHI, 2023). Essa preocupante realidade se entrelaça com o impacto da crescente demanda global de consumo, que impulsiona o crescimento industrial de uma maneira sem precedentes e, conseqüentemente, a produção acelerada de resíduos. A partir disso, o gerenciamento eficaz de resíduos emergiu como um importante desafio ambiental na sociedade contemporânea, com repercussões perceptíveis na alteração do clima global (CAREY, 2012).

Diante deste cenário alarmante, a Organização das Nações Unidas (ONU) se viu compelida a convocar a comunidade internacional a unir forças em prol da proteção do clima e do meio ambiente. Esse esforço conjunto de atores globais culminou na criação da Agenda 2030, que delinea os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Estes ODS apresentam 169 metas, e diretrizes concretas para alcançar um desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

Neste contexto, este capítulo se propõe a analisar os desafios enfrentados no gerenciamento dos resíduos sólidos industriais, em especial no Estado do Rio Grande do Sul, por meio de uma revisão abrangente da literatura. O foco recairá principalmente sobre o ODS 13, que se concentra na ação global contra as mudanças climáticas, bem

como no ODS 12, que está relacionado ao consumo e à produção responsável. Além disso, indiretamente abordará os ODS vinculados à indústria, inovação e infraestrutura (ODS 9) e às cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11). É importante ressaltar que cada um desses ODS abriga metas específicas em sua descrição, que serão exploradas ao longo desta análise.

PANORAMA CLIMÁTICO MUNDIAL

No âmbito das Nações Unidas (ONU), um marco crucial na trajetória de monitoramento climático foi estabelecido em 1988, quando o “Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas” (IPCC) foi criado a partir da colaboração do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM) (IPCC, 2023).

Em março de 2023, o IPCC publicou seu 6º relatório, que reconheceu a intricada ligação entre clima, ecossistemas, biodiversidade e a sociedade humana. Este relatório considerou aspectos fundamentais, incluindo adaptações às mudanças climáticas, desenvolvimento sustentável e o bem-estar humano. De maneira incontestável, o relatório apontou que as atividades humanas são a principal causa das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), que resultaram em um aumento global da temperatura em 1,1°C no período de 2011 a 2020, seguindo a mesma tendência observada no relatório anterior, que destacou também o aumento das emissões globais entre 2010 e 2019 (IPCC, 2023).

A análise detalhada dos dados coletados conduziu os pesquisadores à conclusão de que, a cadeia causal de emissões, responsável pelo aquecimento do sistema climático da Terra, é de origem humana. Projeções apontam um possível aumento da temperatura média global de 1,8°C a 4,0°C nos próximos 100 anos, acompanhado de um aumento do nível médio do mar entre 0,18 e 0,59 metros. Essas mudanças têm o potencial de impactar significativamente as atividades humanas, bem como os ecossistemas terrestres, aumentando a frequência e intensidade de ondas de calor, tempestades, enchentes e secas (IPCC, 2023).

No Brasil, o monitoramento do ODS 13 - Ação contra a mudança climática, é conduzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021). O IBGE avalia o impacto das mudanças climáticas por meio da análise de desastres naturais, apresentando um cenário que abrange o número de mortes, desaparecimentos e pessoas diretamente afetadas pelos desastres, a cada 100 mil habitantes. A Tabela 1 apresenta essas informações, levando em consideração os anos de 2015 a 2021. Esses dados são importantes para compreender o impacto dos desastres naturais na sociedade, permitindo uma avaliação quantitativa das consequências desses eventos em diferentes regiões ou períodos de tempo.

Brasil, Grande Região e UF	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Brasil	333,7	134,8	232,7	86,2	214,1	873,6	1.032,8
Norte	1.615,8	25,6	751	410,8	830,7	1.403,9	2.734,7
Rondônia	335,8	22,4	62,7	4,7	34,4	82,4	406,4
Acre	4.701	...	543,6	11,6	575,9	4.660,5	4637,2
Amazonas	5.785,2	91,9	2142,9	615	2237	2.869,9	3828
Roraima	21,2	5,4	106,8	204,7	68	99,2	175,4
Pará	99	5,1	476,9	506,2	623,1	820,9	2.868,8
Amapá	335,7	0,3	191	280,1	81,1	2.652,1	3.364,9
Tocantins	...	...	...	256,8	...	214,1	1349,1
Nordeste	208,3	213,3	353,5	116,5	262,2	288,6	777,4
Maranhão	39,4	34,2	34,7	92,6	505,2	414,9	216,4
Piauí	9,4	215,5	319	537,9	1370,4	171	13
Ceará	397,6	309,7	316,3	150,6	50,9	264,6	32,1
Rio Grande do Norte	145,3	136,6	57	17,9	313,4	2.427,8	4.755,2
Paraíba	...	...	69	...	134,1	3,7	184,3
Pernambuco	275,7	173,7	864,6	24,6	74,5	290,4	131,2
Alagoas	15,3	269	802,2	21	766,4	1.512,2	1.099,2
Sergipe	0,3	...	5,1	...	6,5	67,7	397,2
Bahia	316,5	354,7	308	167,1	102	173	1294
Sudeste	37,9	115,3	74,1	19,9	90,1	1.385,6	1.022,4
Minas Gerais	48,3	125	68,4	37,9	41,7	530,8	181,8
Espírito Santo	273,2	455,4	94,6	54,6	68,4	775,9	377,1
Rio de Janeiro	5,6	86,7	109,5	22,6	185,3	1.995,2	3.203,2
São Paulo	24,3	91,3	61,8	7,6	78,5	1.603,5	648,7
Sul	844,2	122,9	250,5	57,8	79	197,5	878,1
Paraná	61,3	38,3	6,2	7,1	7	97,2	1517,7
Santa Catarina	1.154,2	155,8	428,6	196,5	145,5	332,5	1192,5
Rio Grande do Sul	1.433,2	187	384,7	21,9	109,6	212,9	30,2
Centro-Oeste	19	103,2	47	19	269,3	263	234,3
Mato Grosso do Sul	65,2	555,9	48,1	79,6	668,8	396,3	148,3
Mato Grosso	17,1	29,6	102,6	21,2	15,5	104,8	466,6
Goiás	9,7	3,7	40,2	2	1,1	90,2	253,8
Distrito Federal	...	1	...	...	818,6	725,2	0

Tabela 01 - Número de mortes, pessoas desaparecidas e pessoas diretamente afetadas atribuído a desastres por 100 mil habitantes

Fonte: Ministério da Integração Nacional - MI, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil - SEDEC; Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID.

IBGE - Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS; Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação, com data de referência em 1º de julho.

Essa abordagem, ao ser ajustada considerando uma base de 100 mil habitantes, desempenha um papel fundamental na equalização das comparações entre áreas de diferentes densidades populacionais. Essa adaptação torna mais simples a compreensão da gravidade relativa dos desastres em uma variedade de contextos. Assim, a tabela oferece uma visão sucinta e comparativa do impacto dos desastres ao longo do tempo e em várias localidades.

Os dados apresentados na tabela ilustram claramente um aumento no número de vítimas fatais e de pessoas afetadas por desastres, o que não apenas ressalta a necessidade de um planejamento estratégico eficaz por parte da defesa civil diante da ocorrência desses eventos, mas também sublinha a urgência de cumprir e aplicar integralmente o Plano Nacional de Mudança do Clima, em vigor desde 2008. Este plano tem como seu principal objetivo a identificação, o planejamento e a coordenação das ações destinadas a reduzir as emissões de gases de efeito estufa geradas no Brasil. Além disso, ele busca estabelecer medidas necessárias para a adaptação da sociedade aos impactos decorrentes das mudanças climáticas (BRASIL, 2008).

Nesse sentido, a conscientização de governantes, gestores e da sociedade em geral, desempenha um papel fundamental na criação de uma cultura de sustentabilidade, especialmente nas indústrias. Ao educar e engajar os colaboradores em práticas ambientalmente responsáveis, as empresas podem promover a adoção de comportamentos e decisões alinhados com a sustentabilidade. Funcionários informados podem identificar oportunidades para reduzir resíduos, otimizar processos e implementar medidas ecoeficientes, contribuindo diretamente para a redução das pegadas de carbono e para a eficácia das estratégias de gerenciamento de resíduos. Em face a isto, a conscientização da alta gestão e a participação ativa da sociedade incentivam a prestação de contas e a transparência, pressionando as indústrias a se comprometerem com ações ambientalmente responsáveis, promovendo, assim, uma mudança cultural duradoura em direção à sustentabilidade.

Delineados os reflexos na vida cotidiana, e considerado o esforço internacional em torno do tema, importa trazer a análise para o contexto do Brasil, cuja riqueza em biodiversidade e potencial de produção de energia limpa ainda enfrentam, de maneira desigual, problemas como depósitos de resíduos sólidos urbanos a céu aberto e descarte inadequado de resíduos industriais.

Ademais, observa-se aumento da demanda por soluções inovadoras para o enfrentamento da realidade posta, inclusive via acordos setoriais¹, que vão da compostagem à reciclagem, cujos processos externalizados buscam lidar com os diferentes residuais resultantes da produção industrial. Contudo, em que pese o esforço crescente orientado no

¹ **Acordo setorial** é o ato de natureza contratual firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto (art. 3º, inc. I, da Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos)

sentido de incentivo à produção mais limpa, nem todas as tecnologias conseguem abarcar o universo de resíduos gerados pelas mais diversas fontes e materiais.

Diante disso, as soluções de destinação final ambientalmente adequada² encontradas em relação a um material ou resíduo nem sempre podem ser estendidas aos demais. Em especial, destacam-se materiais que necessitam de processamento extensivo, os quais acabam criando uma ligação direta com efeitos adversos que se depositam no meio ambiente (ARAÚJO *et al.*, 2018; CAMARGO, 2023; BRITO, 2022) em função de seu descarte inadequado, o que se dá, invariavelmente, em razão do elevado custo de sua destinação ou disposição final ambientalmente adequadas³.

A CONTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA A GERAÇÃO DE GEE

De acordo com o Inventário de GEE penas no ano de 2021, o Brasil emitiu 2,4 bilhões de toneladas brutas de GEE, um valor 12,2% maior do que em 2020, sendo o maior incremento de emissões em quase duas décadas. Esse aumento é mais do que duas vezes superior à média mundial estimada para 2021. A alta do desmatamento foi indicada como a principal responsável por este aumento, enquanto o setor de resíduos apresentou uma redução de 0,12% em relação ao ano anterior, provavelmente associada com o aumento de queima ou recuperação energética do metano em aterros sanitários (SEEG, 2023).

Neste panorama, o estado do Rio Grande do Sul ocupa a 8ª posição no *ranking* nacional de emissões por estado. Em 2021, os processos industriais foram responsáveis por 1% das emissões anuais de GEE, totalizando 603.716,8 toneladas/ano, enquanto o setor de resíduos contribuiu com 4% do total, alcançando 4.899.048,9 toneladas/ano. Os índices que quantificam as emissões por estado revelam que o Rio Grande do Sul contribui com 4,4% das emissões brutas (107,8 MtCO₂e), 3,0% das emissões líquidas (92,5 MtCO₂e), 5,5% da população (11,4 milhões de habitantes) e 3,3% da área (282 mil km²) (SEEG, 2023).

A contribuição do setor de resíduos para a geração de GEE se dá especialmente pela geração de metano, que responde por cerca de 97% das emissões do setor. A deposição de resíduos sólidos em aterros controlados, lixões e aterros sanitários contribuiu com 64,1% das emissões em 2021 (SEEG, 2023). O gerenciamento de resíduos sólidos enfrenta importantes desafios, tendo em vista que a sua destinação para aterros e lixões

2 Destinação final ambientalmente adequada é a destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (art. 3º, inc. VII, da Lei nº Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos)

3 Disposição final ambientalmente adequada é a distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (art. 3º, inc. VIII, da Lei nº Lei nº 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos).

é a principal fonte de geração de metano. Além disso, os resíduos estão intrinsicamente associados aos processos produtivos, que também possuem sua parcela de geração de GEE (BELLO E COELHO, 2022).

No sentido de otimizar a utilização energética do gás proveniente de aterros sanitários, esforços estão sendo empreendidos para explorar plenamente o potencial do CH₄ na geração de energia. Esse processo se inicia com a captação do biogás através de um sistema de tubulação inteligente e, posteriormente, abastece uma central termelétrica que converte esse gás em energia elétrica por meio de uma combustão controlada (BELLO COELHO, 2022). O biogás, oriundo da decomposição da matéria orgânica, não só é uma fonte de energia renovável, mas também representa uma alternativa ecologicamente responsável, que contribui para a sustentabilidade global. Os benefícios do biogás transcenderam, proporcionando vantagens tanto para a população quanto para o meio ambiente, e gerando impactos positivos tanto do ponto de vista econômico quanto no âmbito ambiental. Além disso, a adoção do biogás pode reduzir a demanda por energia elétrica de fontes hidroelétricas (BELLO; COELHO, 2022).

Adicionalmente, é relevante contextualizar que os materiais descartados durante os processos de produção e manufatura nas indústrias, denominados resíduos industriais (ARAÚJO *et al.*, 2018; LINS *et al.*, 2022), podem incluir substâncias químicas tóxicas, resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas. O descarte inadequado desses resíduos pode acarretar sérios impactos ambientais, que abrangem desde a poluição do solo e da água até a contaminação do ar e os danos à biodiversidade. Além disso, é importante ressaltar que as atividades industriais figuram como uma das principais fontes de emissões de GEE, abrangendo gases como o dióxido de carbono (CO₂), CH₄ e óxido nitroso (N₂O), contribuindo de maneira significativa para as mudanças climáticas (CAREY, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2018; LINS *et al.*, 2022; BRITO, 2022; GRANCHI, 2023).

As políticas públicas e acordos internacionais desempenham um papel crucial ao estimular as indústrias a adotarem práticas mais sustentáveis de gerenciamento de resíduos e a reduzirem suas pegadas de carbono. Ao estabelecer normas rigorosas e metas claras de redução de emissões, os governos incentivam as empresas a investirem em inovações tecnológicas e processos mais eficientes, impulsionando a transição para modelos de negócios mais sustentáveis. Os acordos internacionais fornecem um quadro de colaboração global, pressionando as indústrias a adotarem padrões ambientais elevados para competir internacionalmente e garantir o cumprimento de metas globais de redução de emissões. Ao estabelecer um ambiente regulatório previsível e exigente, essas medidas impulsionam a adoção de práticas mais responsáveis, contribuindo para um desenvolvimento industrial mais sustentável.

No cenário de crescimento exponencial da atividade industrial e do aumento da temperatura global, as questões ambientais ganharam destaque nas últimas décadas no Brasil, especialmente após a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS

(Lei nº 12.305/2010). A PNRS estabeleceu princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, inclusive os resíduos perigosos. Além de atribuir responsabilidades aos geradores, a PNRS tornou obrigatória a elaboração de Planos de Resíduos Sólidos em níveis nacional, estadual, microrregional, de regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, intermunicipais e municipais de gestão integrada (BRASIL, 2010).

A partir dessa iniciativa, órgãos governamentais como o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em conjunto com os conselhos reguladores, como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), têm buscado novas abordagens para criar métodos adequados de destinação e disposição de resíduos sólidos provenientes das atividades industriais. Entre essas iniciativas, destaca-se a busca por um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que promova melhorias na gestão de resíduos sólidos, incentivando a redução, reutilização e reciclagem e, dessa forma, atenuando a geração desses resíduos na origem, impulsionando o conceito de “produção mais limpa.”

No entanto, a conscientização ambiental precisa ser disseminada na sociedade como um todo. Portanto, programas de educação ambiental que promovem a logística reversa e a reciclagem desempenham um papel fundamental. É essencial capacitar os envolvidos no setor, o que requer uma revisão abrangente das regulamentações que governam o processo. Isso possibilita a integração entre os setores público e privado, formando um sistema de monitoramento e avaliação eficaz (CAREY, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2018; LINS *et al.*, 2022; BRITO, 2022; GRANCHI, 2023).

Nesse contexto, a sensibilização e capacitação dos consumidores, gestores e trabalhadores da indústria se tornam cruciais, uma vez que esses atores desempenham um papel direto na mudança de paradigma em relação à gestão de resíduos. O desconhecimento das melhores práticas e a falta de treinamento podem levar ao descarte inadequado e ao desperdício de recursos valiosos (ARAÚJO *et al.*, 2018; CAMARGO, 2023; BRITO, 2022).

Pereira, Ferreira e Reis (2023) argumentam que a responsabilidade compartilhada entre todos os envolvidos, desde o produtor até o consumidor, é o caminho mais promissor para efetuar a mudança social desejada. Eles enfatizam a importância de acordos entre esses atores e a ampla divulgação dos resultados.

A conexão entre a gestão de resíduos sólidos industriais e as mudanças climáticas pode ser reforçada ao destacar como práticas inadequadas de gestão de resíduos contribuem para o agravamento das mudanças climáticas globais. Por outro lado, ao abordar soluções e práticas sustentáveis, é possível enfatizar como uma gestão apropriada de resíduos pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas e o alcance das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Além disso, ao mencionar políticas públicas, acordos internacionais e educação, pode-se mostrar como a colaboração entre diversos atores pode ser eficaz na busca por um desenvolvimento sustentável e na redução do impacto das atividades industriais sobre o clima.

Além da educação ambiental em todos os níveis, é fundamental estabelecer políticas públicas de incentivo, seja por meio do apoio à pesquisa, seja através de incentivos fiscais, para tecnologias alternativas capazes de mitigar os desafios da disposição final de resíduos sólidos. Essas tecnologias podem transformar resíduos sólidos em energia por meio de usinas de incineração ou processos de conversão de biomassa, como bioquímicos, combustão direta e pirólise (MAZZONETTO *et al.*, 2020).

O coprocessamento também surge como uma excelente alternativa para a destinação de resíduos sólidos, incluindo resíduos contaminados e rejeitos gerados após processos industriais. Esse processo envolve a combinação e trituração de resíduos, que são então utilizados como biomassa para a queima em fornos de cimenteiras. As “blendadeiras” são uma solução viável para resíduos que não são passíveis de reciclagem e que, de outra forma, seriam destinados a aterros (AGUIAR *et al.*, 2021). No entanto, os desafios financeiros do coprocessamento ainda precisam ser enfrentados.

Portanto, a indústria deve assumir a liderança no que diz respeito ao manejo de resíduos industriais, independentemente das regulamentações estatais, licenciamentos ou outras ações coercitivas do Estado. É crucial que as empresas incorporem ações relativas ao manejo de resíduos industriais, levando em consideração a geração, identificação, segregação, coleta, transporte interno, acondicionamento, armazenamento temporário, tratamento interno, transporte externo, tratamento externo e disposição final de resíduos. Seguindo as diretrizes estabelecidas na PNRS, é possível planejar a gestão adequada de resíduos sólidos, considerando o tipo de resíduo, classe, período de coleta, responsabilidade pelo recolhimento, origem, segregação, descarte, disposição temporária e propostas de disposição (LINS *et al.*, 2022).

Ainda de acordo com Lins *et al.* (2022), as ações antrópicas têm contribuído para impactos ambientais adversos, cujas consequências podem surgir a médio prazo. Portanto, é essencial considerar a gravidade em relação à probabilidade de os aspectos ambientais gerarem impactos ambientais significativos. Essas ações estão diretamente relacionadas ao tratamento e à disposição de resíduos sólidos.

A reciclagem de resíduos industriais é frequentemente considerada um serviço essencial. No entanto, muitas empresas enfrentam desafios significativos ao investir na infraestrutura e equipamentos necessários para a gestão adequada desses resíduos (BRITO, 2022). A falta de incentivos financeiros emerge como um obstáculo significativo nesse contexto (GRANCHI, 2023).

Por outro lado, a presença de regulamentações ambientais sólidas e sua eficaz fiscalização são vitais para garantir o cumprimento das normas de gerenciamento de resíduos pelas indústrias. No entanto, mesmo com penalidades adequadas, a ausência de fiscalização pode resultar em comportamentos irresponsáveis e práticas ambientalmente prejudiciais. Isso ressalta a necessidade de envolvimento ativo e conjunto dos setores público e privado na busca por soluções inovadoras e no compartilhamento dos custos

associados ao tratamento e gerenciamento de resíduos (BRITO, 2002; CAMARGO, 2023). No que diz respeito à fiscalização e ao acompanhamento das políticas públicas, é importante destacar que a falta de sistemas de indicadores adequados dificulta tanto o monitoramento adequado quanto a avaliação dos progressos em relação às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). De acordo com Lins *et al.* (2022), essa avaliação é fundamental para identificar áreas problemáticas e direcionar recursos de forma eficiente.

A CONTRIBUIÇÃO DOS ODS PARA A AGENDA DO CLIMA

Os impactos das mudanças climáticas estão afetando milhões de pessoas ao redor do mundo, especialmente as que se encontram em situação de vulnerabilidade e em habitações inadequadas. Para responder efetivamente à agenda do clima, muitos esforços são necessários, e, neste sentido, a Agenda 2030 delinea o ODS 13, relacionado à ação contra as mudanças climáticas. Esse ODS apresenta 5 metas, sendo que 4 delas são aplicáveis ao Brasil. De acordo com o Relatório Luz, todas as metas desse ODS encontram-se em retrocesso pelo segundo ano consecutivo. Entre janeiro de 2013 e fevereiro de 2023, foram emitidos mais de 59 mil decretos de emergência ou calamidade, com alta de 50% apenas em 2022 (GTSC A2030, 2023). Além disso, as políticas públicas para educação ambiental e climática (meta 13.3) sofreram esvaziamento nos últimos anos, com poucas verbas destinadas e valores não executados integralmente (ROSA *et al.*, 2022).

Para o alcance das metas associadas ao ODS 13, outros ODS devem ser trabalhados, incluindo o ODS 9. A meta 9.4 associada a esse objetivo, busca, até 2030, modernizar a infraestrutura e tornar as atividades econômicas mais sustentáveis, com ênfase em recursos renováveis e na adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente adequados. Além disso, propõe a medição dos níveis de emissão de CO₂ (ONU, 2023). Como já citado anteriormente, o Brasil vem apresentando uma tendência de aumento da geração de CO₂, e, de acordo com o Relatório Luz, a meta citada completou quatro anos de retrocesso, e o Brasil está se tornando menos eficiente em suas emissões de carbono, quando avaliada proporcionalmente ao PIB. O Relatório ainda recomenda que sejam implementados programas para modernização da infraestrutura industrial, com a promoção de tecnologias de baixo impacto ambiental, além de criar políticas públicas sólidas que estimulem as empresas a adotarem práticas ecoeficientes.

O ODS 11, com sua meta brasileira 11.6, visa reduzir, até 2030, o impacto ambiental negativo per capita das cidades, melhorando a qualidade do ar e a gestão de resíduos sólidos. Ele também estabelece a implementação de sistemas de monitoramento da qualidade do ar e planos de gerenciamento de resíduos sólidos em todas as cidades com mais de 500 mil habitantes. Para atingir essa meta, diversos autores destacam a importância de acordos globais e metas específicas relacionadas à destinação de resíduos,

incentivos à importação de tecnologias avançadas, o mercado de carbono e a viabilização de novos projetos, entre outras estratégias como (CAREY, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2018); LINS *et al.*, 2022; BRITO (2022) e GRANCHI, 2023). De acordo com o Relatório Luz, a meta 11.6 encontrava-se ameaçada em 2021 (GTSC A2030, 2021), passando para “em retrocesso” em 2022 (GTSC A2030, 2022), e seguindo desta forma em 2023. Dados do Sistema Nacional de Saneamento (SNIS), indicam que, em 2020, o Brasil ainda possuía 617 aterros controlados e 1545 lixões, que receberam pouco mais de 26% do total de resíduos no referido ano (em torno de 17 milhões de toneladas). Além disso, o relatório do SNIS estima que apenas 2% do montante total de resíduos gerados em 2021 tiveram como destino a valorização em unidades de tratamento (SNIS, 2021), o que demonstra que o país ainda tem muito o que avançar em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos, a fim de alcançar a meta 11.6.

O ODS 12 estabelece a meta brasileira 12.5, que busca, até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da Economia Circular e suas ações de prevenção, redução, reciclagem e reuso de resíduos. Nesse contexto, é fundamental destacar a relevância do coprocessamento, bem como a necessidade de atenção aos projetos de desenvolvimento sustentável e a minimização do desperdício de recursos (LOUREIRO, 2019; PÉREZ, 2020; AGUIAR *et al.*, 2021). De acordo com o Relatório Luz de 2023, a meta retrocedeu pelo segundo ano consecutivo, tendo em vista que, entre outros fatos, a taxa de recuperação de materiais recicláveis foi de apenas 2,35% no ano de 2021, e a taxa de geração de resíduos por habitante por dia tem reduzido mais lentamente do que o esperado.

Observando os dados, é possível verificar que o cenário para o alcance dos ODS no Brasil, é desafiador, e serão necessárias ações eficientes para alterar o cenário, com participação de todos os setores da sociedade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão bibliográfica apresentada proporciona uma exposição das complexidades ambientais inerentes à gestão dos Resíduos Sólidos Industriais, além de ilustrar a vital importância da gestão adequada. Um desafio central que destaca é a necessidade de investimentos, tanto na implementação de tecnologias limpas e na destinação adequada dos resíduos quanto na consecução das metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Além disso, é possível verificar que o gerenciamento dos Resíduos Sólidos Industriais no Rio Grande do Sul enfrenta desafios significativos, especialmente à luz das crescentes preocupações com as mudanças climáticas. Dado o perfil industrial diversificado do estado, torna-se imperativo buscar soluções sustentáveis para a geração e disposição desses resíduos, a fim de minimizar os impactos ambientais. O aumento das temperaturas,

as mudanças nos padrões de chuva e a intensificação de eventos climáticos extremos tornam esse desafio ainda mais premente. Para abordá-lo eficazmente, é essencial uma colaboração entre governo, indústrias e sociedade civil na formulação de estratégias de gestão de resíduos que enfatizem a redução, a reutilização e a reciclagem, bem como a adoção de tecnologias avançadas de tratamento. Paralelamente, é crucial educar a população sobre a importância da gestão responsável de resíduos sólidos e fomentar uma mudança cultural em direção a um consumo mais consciente e sustentável.

Em um contexto global onde a questão das mudanças climáticas se torna cada vez mais urgente, o Rio Grande do Sul precisa tomar medidas proativas para enfrentar os desafios relacionados à gestão de Resíduos Sólidos Industriais. Isso não apenas contribuirá para mitigar os impactos ambientais negativos, mas também abrirá portas para oportunidades econômicas, como a geração de empregos na indústria de reciclagem e a redução de custos para empresas que adotam práticas sustentáveis. Além disso, ao adotar uma abordagem integrada que envolve políticas públicas sólidas, regulamentações eficazes e o envolvimento ativo da sociedade, o estado poderá avançar em direção a um futuro mais resiliente às mudanças climáticas. Nesse cenário, a gestão responsável de resíduos sólidos desempenha um papel crucial na construção de um ambiente mais saudável e sustentável para as futuras gerações.

Por fim, é importante ressaltar que as indústrias devem se preparar para atender modernização dos processos, reconhecendo que isso requer a participação ativa de diversos atores, incluindo colaboradores, clientes, fornecedores e todos os envolvidos no processo. É uma jornada que demanda esforços coletivos em prol de um objetivo comum: a gestão responsável e sustentável dos Resíduos Sólidos Industriais.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. B.; MATTOS, U. A. O.; ESTEVES, V. P. P. Avaliação do ciclo de vida da cadeia no coprocessamento de resíduos industriais. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 6, p. 377-386, 2021.

ARAÚJO, Y. R. V.; GÓIS, M. L.; COELHO JUNIOR, L. M.; CARVALHO, M. Carbon footprint associated with four disposal scenarios for urban pruning waste. **Env. Science and Pollution Research**, v. 25, n. 2, p. 1863-1868, 2018.

BELLO, P. F. S.; COELHO, S. L. Captação de biogás em aterro sanitário para reutilização sustentável. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação-Rease**, São Paulo, v. 6, n. 8, p. 1342-1354, 2022.

BRASIL. **Lei 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. Disponível em: <https://bit.ly/48amHZF>. Acesso em: 28 jul. 2023.

_____. Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC- Brasil. Brasília, dezembro/2008. Disponível em https://antigo.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf. Acesso em 19.9.2023

BRITO, A. M. V. G.; ANDRADE, E. A.; CARVALHO, M. Pegada de carbono da sinterização do porcelanato e potencial de mitigação de mudanças climáticas associado à substituição energética. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, 2022.

CAMARGO, G. B. **Estágio atual e desafios da reciclagem mecânica de plásticos de engenharia no Brasil**. 2023. TCC (Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre/RS, 2023.

CAREY, M. Climate and history: a critical review of historical climatology and climate change historiography. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 3, n. 3, p. 233-249, 2012.

GRANCHI, G. Ciclone extratropical: entenda fenômeno que já causou mortes e estragos pelo país. **BBC News Brasil**. São Paulo. 2023. Disponível em: <https://bit.ly/3Pds7KN>. Acesso em: 20 jul. 2023.

GTSC A2030 – Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. **V Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável**. 2021. Disponível em: https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2021/07/por_rl_2021_completo_vs_03_lowres.pdf. Acesso em: 14 out. 2023.

GTSC A2030 – Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. **VI Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável**. 2022. Disponível em: https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2022/07/pt_rl_2022_final_web-1.pdf. Acesso em: 14 out. 2023.

GTSC A2030 – Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. **VII Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável**. 2023. Disponível em: https://brasilnaagenda2030.files.wordpress.com/2023/10/rl_2023_v8-webcompleto-lr.pdf. Acesso em: 14 out. 2023.

IBGE. ODS Brasil. **Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3Rrg9Qe>. Acesso em: 15 ago. 2023.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. ONU. United Nations. **Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6)**. 2023. Longer Report. Disponível em: <https://bit.ly/45V5VMM>. Acesso em: 20 jul. 2023.

IPCC. **Rapport de la Commission mondiale pour l'environnement et le développement**. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/139811>. Acesso em: 24 mai. 2023.

LOUREIRO, S. M. **Mitigação das Emissões dos Gases de Efeito Estufa pela Implementação de Políticas Públicas de Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas no Brasil e no Estado e na Cidade do Rio de Janeiro**. 242 p. 2019. Tese (doutorado), UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2019.

MAZZONETTO, A. W.; CARBONI, R. W. Avaliação do potencial energético do resíduo sólido urbano dos municípios de Piracicaba, Limeira, Rio Claro e Americana-interior de SP. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 13, n. 1, p. 42-61, 2023.

ONU. **Transformando nosso Mundo: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: [agenda2030-pt-br.pdf \(un.org\)](#). Acesso em: 24 mai. 2023.

PÉREZ, O. R. M. Ciudades sobrecargadas: la sobreexplotación de recursos como limitante del desarrollo sustentable. **Revista de Antropología y Arqueología**, n. 39, p. 3-12, 2020.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.

ROSA, A.V.; SORRENTINO, M.; RAYMUNDO, M.H.A. **Dossiê sobre o desmonte das políticas públicas de educação ambiental na gestão do governo federal (2019/2022)**. 2022. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1snHOcumiQJF7NWmlzn5yfcXMSMhjauH2/view>. Acesso em: 14 out. 2023.

SEEG. **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**. 2023. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/territories/rio-grande-do-sul/card?year=2021&cities=fals>. Acesso em: 15 ago. 2023.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**. 2021. Disponível em: http://antigo.snis.gov.br/downloads/panorama/PANORAMA_DO_SANEAMENTO_BASICO_NO_BRASIL_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 14 out. 2023.