

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

GUSTAVO CUNHA LARQUER

Impactos Ambientais da Reciclagem do Alumínio: uma revisão bibliográfica sobre os
desafios e limitações

Uberlândia

2026

GUSTAVO CUNHA LARQUER

Impactos Ambientais da Reciclagem do Alumínio: uma revisão bibliográfica sobre os
Desafios e Limitações

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Francielle Amâncio
Pereira

Uberlândia

2026

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo estímulo,
carinho, paciência e compreensão

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por me dar forças para superar as dificuldades ao longo desta jornada.

Aos meus pais, Wilson e Joana pelo apoio incondicional e por todos os esforços dedicados ao longo desta trajetória para que eu pudesse seguir este sonho, sem eles a realização deste trabalho não seria possível.

À professora Francielle, pelo acolhimento, compreensão e orientação ao longo de todas as etapas deste trabalho.

À minha psicóloga Vitória, pelo suporte e auxílio durante este importante momento da minha trajetória acadêmica.

À todos aqueles que de alguma forma contribuíram nesta longa caminhada,

RESUMO

O aumento populacional e o intenso processo de urbanização têm contribuído para o aumento na geração de resíduos sólidos urbanos, ampliando os desafios relacionados à sua gestão ambientalmente adequada. Nesse contexto, a reciclagem do alumínio destaca-se como uma alternativa vantajosa em relação aos impactos da produção primária do mesmo, principalmente devido à economia de energia e à redução da exploração de recursos naturais. No entanto, as diferentes etapas que compõem o processo de reciclagem, como coleta, transporte, processamento e reutilização, também apresentam impactos sociais e ambientais. Assim, o presente estudo tem como objetivo revisar trabalhos publicados acerca dos impactos gerados ao longo do processo de reciclagem do alumínio, identificando os principais desafios e limitações associados a essa atividade. Dessa forma, foi realizada uma revisão bibliográfica integrativa de caráter qualitativo, com análise de estudos publicados entre 2005 e 2025, disponíveis em bases de dados científicas. Foram examinados diferentes aspectos como emissões atmosféricas do transporte, consumo energético nas etapas de processamento e as condições de trabalho dos agentes envolvidos no processo da reciclagem. Os resultados indicam que, embora a reciclagem represente uma estratégia relevante para a mitigação dos impactos associados à produção primária do alumínio, seu ciclo operacional não é isento de outros problemas e limitações estruturais. Dessa forma, destaca-se a necessidade de uma abordagem mais crítica sobre a reciclagem do alumínio, que considere não apenas seus benefícios, mas também estudos que abordem estratégias voltadas a não geração e à redução de resíduos sólidos, através de um consumo mais consciente.

Palavras-chave: Reciclagem de alumínio. Impactos ambientais. Resíduos sólidos. Educação ambiental. Revisão bibliográfica.

ABSTRACT

Population growth and the intense process of urbanization have contributed to the increase in the generation of municipal solid waste, expanding the challenges related to its environmentally appropriate management. In this context, aluminum recycling stands out as an advantageous alternative when compared to the impacts of its primary production, mainly due to energy savings and the reduction in the exploitation of natural resources. However, the different stages that comprise the recycling process, such as collection, transportation, processing, and reuse, also present social and environmental impacts. Thus, this study aims to review published works addressing the impacts generated throughout the aluminum recycling process, identifying the main challenges and limitations associated with this activity. To this end, an integrative qualitative literature review was conducted, analyzing studies published between 2005 and 2025 available in scientific databases. Different aspects were examined, such as atmospheric emissions from transportation, energy consumption during processing stages, and the generation of secondary waste throughout the reuse cycle. The results indicate that, although recycling represents a relevant strategy for mitigating the impacts associated with primary aluminum production, its operational cycle is not exempt from other problems and structural limitations. Therefore, there is a need for a more critical approach to aluminum recycling that considers not only its benefits but also strategies aimed at waste prevention and reduction through more conscious consumption patterns.

Keywords: Aluminum recycling. Environmental impacts. Solid waste. Environmental education. Bibliographic review.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1. A reciclagem e seus agentes	9
1.2. A reciclagem de alumínio.....	10
2. OBJETIVO.....	13
3. METODOLOGIA.....	13
3.1. Caracterização da pesquisa	13
3.2. Fontes de dados.....	14
3.3. Bases de dados a serem consultadas	14
3.4. Descritores a serem utilizados (palavras-chave).....	15
3.5. Critérios de seleção dos textos a serem analisados	16
3.6. Procedimentos de coleta e análise dos dados	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
4.1. Produção de alumínio primário no Brasil.....	29
4.2. Refinaria de alumina	30
4.3. Impactos ambientais da produção de alumínio primário.....	32
4.4. A indústria de reciclagem de alumínio no Brasil.....	33
4.5 A reciclagem de latas de alumínio no Brasil	34
4.6. A influência dos catadores na reciclagem	37
4.7. Políticas públicas na gestão de resíduos sólidos.....	38
4.8. Lacunas na literatura e limitações nos estudos analisados.....	40
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
6. REFERÊNCIAS	45

1. INTRODUÇÃO

O aumento populacional nas últimas décadas, associado à crescente concentração de pessoas em centros urbanos sem o devido planejamento, tem sido responsável por uma série de impactos ambientais, dentre eles uma maior produção de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Quando não recebem uma destinação final adequada, esses resíduos podem causar uma degradação significativa no meio ambiente, impactando solo, ar, águas superficiais e subterrâneas, gerando riscos à saúde da população devido a proliferação de diversas espécies de seres vivos, como fungos, bactérias, protozoários e animais invertebrados e vertebrados, vetores e transmissores de doenças (Marques et al., 2023).

Dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA) apontam que em 2023 foi estimada uma geração de 382 kg de RSU por habitante ao longo do ano, o equivalente a 221 mil toneladas de resíduos gerados todos os dias no Brasil.

Esse cenário é considerado alarmante por diversos motivos. Primeiro porque, quando a geração de resíduos cresce mais rapidamente do que a infraestrutura disponível, há uma maior pressão sobre os aterros sanitários, o sistema de coleta e triagem, e sobre o orçamento público, gerando maiores gastos. Em segundo lugar porque, em regiões onde a coleta e armazenamento desses resíduos é insuficiente ou deficitária, e a população não tem uma boa educação ambiental, grande quantidade desses resíduos acaba recebendo destinação inadequada, causando entupimento de bocas de lobo, contaminação das águas e do solo, contaminação do ar (pela queima irregular) e proliferação de vetores e doenças. Em terceiro lugar porque a decomposição de resíduos orgânicos sem tratamento adequado gera também impactos climáticos, pela liberação de gás metano (CH_4 - gás de efeito estufa) na atmosfera. Além disso, a elevada geração de resíduos sólidos indica padrões de consumo insustentáveis e, portanto, problemas estruturais de sustentabilidade do planeta, com risco à própria manutenção da vida no planeta.

Diante desse cenário, a reciclagem surge como uma estratégia fundamental para a redução e mitigação dos impactos provocados pela má gestão dos resíduos sólidos.

1.1. A reciclagem e seus agentes

A reciclagem pode ser definida como um mecanismo essencial na gestão de resíduos sólidos urbanos, representando a transformação desses dejetos em novas matérias-primas aptas a serem reintroduzidas no ciclo produtivo de bens de consumo (Naime et al., 2009). Trata-se de um processo técnico e social que envolve a coleta, separação, triagem e reintrodução de materiais descartados no ciclo produtivo, contribuindo para a redução da demanda por recursos naturais, para o aumento da vida útil dos aterros sanitários e para a promoção da economia circular (Günther, 2006; Santos, 2016).

Naime et al. (2009) destacam que essa prática de seleção e recuperação do resíduo sólido urbano já se estabeleceu como uma atividade rotineira e amplamente consolidada em diversas nações desenvolvidas. A própria etimologia da expressão, derivada do inglês *recycle* (repetir o ciclo), ilustra de forma clara a intenção de reintroduzir materiais no fluxo econômico, evitando, sempre que possível, a extração contínua de recursos virgens da natureza.

Assim, a reciclagem é compreendida como um dos pilares da gestão ambiental e da economia circular, pois permite o reaproveitamento de materiais descartados, contribuindo para a redução da exploração de recursos naturais, da geração de resíduos e do consumo energético. Do ponto de vista da sustentabilidade, a reciclagem se insere como prática estratégica ao articular benefícios ecológicos, econômicos e sociais, conforme propõe Sachs (2002) ao defender uma abordagem integrada entre meio ambiente e desenvolvimento. Entretanto, para que a reciclagem funcione de maneira efetiva em uma sociedade, é necessário que esta gestão contemple, de forma integrada, políticas públicas que envolvam a participação da comunidade, o setor informal de reciclagem¹ e os programas que compõem os sistemas de reciclagem.

¹ Segundo Dias (2011), o setor informal de reciclagem é formado por trabalhadores ou grupos que atuam de maneira autônoma na coleta, triagem, separação, transporte e comercialização de materiais recicláveis, desempenhando um papel essencial na recuperação de resíduos, embora operem em condições precárias e sem o devido reconhecimento institucional. O setor informal é composto principalmente por: catadores individuais, catadores que trabalham em família, triadores que atuam em galpões improvisados, sucateiros e atravessadores informais. Esses trabalhadores são responsáveis por recuperar grande parte dos recicláveis que, de outra forma, seriam destinados a aterros ou lixões.

A coleta seletiva e a reciclagem no Brasil envolvem uma cadeia complexa de agentes, como indústrias recicladoras, empresas contratadas pelos municípios, governos locais, consumidores, cooperativas de catadores e sucateiros e cada um deles desempenha um papel indispensável para que o processo funcione de maneira eficiente. Os consumidores são responsáveis pela separação correta dos resíduos, etapa inicial que determina a qualidade do material destinado à reciclagem. As empresas contratadas pelos municípios e os governos locais organizam a logística, regulamentam o sistema e garantem que o fluxo de coleta aconteça de forma contínua. As cooperativas e os sucateiros realizam a triagem, classificação e o encaminhamento dos materiais, constituindo um elo central entre o que é descartado e o que pode ser reaproveitado. Por fim, as indústrias recicladoras transformam os resíduos já selecionados em novos produtos, fechando o ciclo produtivo. Dessa forma, a reciclagem só se concretiza quando todos esses agentes atuam de maneira articulada e complementar, evidenciando que a ausência ou fragilidade de qualquer um deles compromete todo o processo.

Apesar dessa diversidade de atores, é sobre os catadores de materiais recicláveis que recai a maior parte do trabalho operacional. Eles são responsáveis por identificar, recolher, separar e encaminhar os resíduos para reutilização ou reciclagem. No entanto, a atuação desses profissionais ocorre, em muitos casos, em condições extremamente precárias: utilizam equipamentos improvisados, não dispõem de infraestrutura adequada, carecem de proteção social e frequentemente trabalham à margem da legislação, sem reconhecimento formal ou apoio institucional. Essas fragilidades evidenciam não apenas a desigualdade presente na gestão dos resíduos sólidos urbanos, e a informalidade do setor, mas também a necessidade de políticas públicas mais eficazes para garantir condições dignas a esses trabalhadores. Nesse contexto, a valorização e a inclusão social dos catadores tornam-se fundamentais para a construção de uma política pública de resíduos mais justa, eficiente e humanizada (Santos et al., 2016).

1.2. A reciclagem de alumínio

Entre os materiais recicláveis, o alumínio constitui um caso notável devido à sua elevada reciclabilidade e ao expressivo ganho energético associado ao reaproveitamento. Dados da

Associação Brasileira do Alumínio (ABAL, 2023) indicam que a reciclagem do alumínio consome apenas 5% da energia necessária para sua produção primária a partir da bauxita, além de reduzir significativamente a emissão de gases de efeito estufa e a geração de rejeitos tóxicos. Esses fatores tornam a reciclagem do alumínio ambientalmente vantajosa e economicamente viável.

Além disso, as características químicas e físicas do alumínio lhe atribuem uma grande versatilidade para a sociedade moderna, uma vez que este se mostra presente em diversas indústrias, como automotiva, eletrônica, de embalagens, de máquinas, equipamentos e componentes elétricos. Essa aplicabilidade ocorre porque suas propriedades tendem a atuar de forma combinada conforme a demanda de cada setor. A união entre baixo peso e elevada resistência mecânica, por exemplo, torna o alumínio indispensável na fabricação de veículos e sistemas de transporte mais eficientes. Da mesma forma, sua resistência à corrosão e alta condutividade térmica favorecem o uso em equipamentos empregados nas indústrias química e petrolífera, garantindo maior durabilidade e segurança operacional. Quando somadas ao fato do material não apresentar risco de contaminação à alimentos, também justificam sua presença em produtos do setor alimentício. Dessa maneira, o alumínio consolida-se como um material estratégico para o desenvolvimento tecnológico e sustentável das sociedades contemporâneas, o que reforça a sua escolha como principal material a ser abordado entre diversas possibilidades no estudo da reciclagem (Silva et al., 2022).

Contudo, embora reconhecida por seus benefícios, a reciclagem do alumínio também apresenta desafios e impactos ambientais em diferentes etapas do processo. A coleta e o transporte dos resíduos, por exemplo, implicam no uso de combustíveis fósseis e na emissão de poluentes atmosféricos, sobretudo em contextos urbanos com baixa eficiência logística (Rosa et al., 2024). O processamento do alumínio reciclado pode gerar resíduos sólidos, efluentes e emissões atmosféricas caso não haja controle técnico e ambiental adequado nas unidades de reprocessamento.

Tais disparidades evidenciam a necessidade de políticas públicas que promovam a ampliação da coleta seletiva, a valorização dos catadores e o fortalecimento da infraestrutura

de triagem e reaproveitamento. Tendo em vista todos os eventuais danos gerados pela má gestão do lixo nos centros urbanos, a implementação de políticas públicas eficazes constitui uma das principais estratégias para a mitigação dos impactos ambientais decorrentes da disposição inadequada de resíduos sólidos. De acordo com a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a destinação final ambientalmente adequada deve contemplar ações como a não geração, reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético, ou outras formas autorizadas pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Oliveira et al., 2019).

Neste contexto, o conceito de "Lixo Zero" propõe mudanças profundas no modelo atual de produção e consumo, orientando a sociedade para práticas mais sustentáveis. Inspirado pelos princípios da economia circular, o "Lixo Zero" visa eliminar completamente a destinação de resíduos em aterros e incineradoras, promovendo a recuperação e o reaproveitamento dos materiais pós-consumo. Fundamentado nos chamados 5 Rs - repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar -, essas regras exigem o engajamento de todos os setores da sociedade que envolvem governos, empresas, comerciantes e cidadãos, em uma atuação conjunta voltada à construção de um sistema ambientalmente responsável. (Chandamela, 2019). Ao estimular a revisão dos padrões de consumo e a valorização do ciclo de vida dos produtos, o Lixo Zero representa uma estratégia poderosa para a consolidação de políticas públicas sustentáveis e de uma nova cultura ambiental.

A reciclagem tem sido apontada como uma estratégia indispensável para a mitigação dos impactos ambientais. No caso específico do alumínio, sua alta reciclabilidade torna o processo altamente atrativo sob a ótica ambiental e econômica. No entanto, é necessário ir além da imagem amplamente difundida de que a reciclagem é, por si só, uma solução plenamente sustentável. Assim, este estudo parte do pressuposto de que, embora a reciclagem do alumínio seja uma alternativa ambientalmente vantajosa, ela não está isenta de contradições e limitações que precisam ser analisadas de forma crítica e integrada. Com base nisso, busca-se compreender em profundidade: Quais são os principais impactos ambientais associados ao processo de reciclagem do alumínio? E quais barreiras esses impactos impõem à efetivação de um ciclo verdadeiramente sustentável?

2. OBJETIVO

Revisar estudos sobre impactos ambientais gerados pelo processo de reciclagem de alumínio (coleta, transporte, processamento e reutilização), identificando os principais desafios e limitações ambientais da reciclagem.

2.1. Objetivos específicos

Analisar como os estudos abordam a situação social relacionada à cadeia da reciclagem, com ênfase na atuação dos catadores e na gestão pública de resíduos sólidos.

Sintetizar os resultados e discussões encontrados nos estudos selecionados quanto à avaliação da reciclagem do alumínio e seus impactos.

Identificar lacunas na produção científica recente acerca dos impactos ambientais e estruturais do processo de reciclagem.

Avaliar as principais barreiras que limitam a consolidação de um ciclo verdadeiramente sustentável para o alumínio reciclado no contexto brasileiro.

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da pesquisa

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa do tipo revisão bibliográfica integrativa, a qual consiste em um método de pesquisa que reúne e interpreta estudos publicados acerca de um tema, dentro de um determinado período de tempo, proporcionando uma compreensão mais abrangente do assunto, permitindo uma análise crítica integrando diferentes resultados, possibilitando uma compreensão mais abrangente do fenômeno da reciclagem e seus impactos (Souza et al., 2010).

Segundo Botelho et al. (2011), a pesquisa qualitativa caracteriza-se por reunir e interpretar resultados de estudos qualitativos, utilizando-os como base para a construção de novas teorias, recorrendo a diferentes abordagens e níveis de interpretação. A adoção da revisão integrativa como método deste trabalho, justifica-se por estar alinhada ao objetivo da pesquisa,

uma vez que para Souza et al. (2010), essa abordagem se destaca por ser a mais abrangente entre os tipos de revisão, permitindo combinar dados teóricos e empíricos. Dessa forma, possibilita a definição de conceitos, a análise crítica de teorias e evidências e a identificação de problemas metodológicos no campo de estudo definido, oferecendo um panorama amplo e consistente sobre os impactos ambientais gerados no meio ambiente pelo processo de reciclagem do alumínio no país.

3.2. Fontes de dados

As fontes de dados deste estudo, pautaram-se na pesquisa por artigos científicos publicados com um recorte temporal em vinte anos (2005 a 2025), disponíveis no idioma português, também foram utilizados estudos clássicos e relevantes sobre o tema e a legislação brasileira, esta escolha baseia-se em garantir evidências atuais, alinhando-se ao rigor metodológico exigido em revisões integrativas.

3.3. Bases de dados a serem consultadas

A pesquisa dos artigos utilizados neste estudo, foi fundamentada em duas bases de dados consideradas de grande amplitude: 1) *Web of science* e 2) *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), buscando assim assegurar um mapeamento completo acerca do tema. A escolha dessas bases ocorreu a partir de critérios relacionados à abrangência temática, relevância acadêmica e rigor na indexação dos periódicos.

A Web of Science foi selecionada por se tratar de uma base de dados internacional, multidisciplinar, que reúne periódicos de alto impacto, indexados segundo critérios rigorosos de qualidade editorial e científica. Sua cobertura permite acesso a estudos consolidados e amplamente citados na área ambiental, garantindo maior confiabilidade e relevância acadêmica aos resultados obtidos.

Já a SciELO foi incluída por sua representatividade na divulgação da produção científica brasileira. Considerando que o presente estudo tem como foco a realidade nacional da reciclagem do alumínio, a utilização da SciELO possibilitou o acesso a pesquisas

contextualizadas à realidade socioambiental do Brasil. Dessa forma, a combinação entre estas duas bases de dados, permitiu ampliar o alcance da busca, equilibrando rigor científico e contextualização nacional.

3.4. Descritores a serem utilizados (palavras-chave)

Para a pesquisa dentro destas plataformas foram definidos descritores específicos relacionados ao tema central do estudo, o que assegura uma busca suficientemente ampla para identificar trabalhos relevantes e capazes de responder à questão norteadora. Ao mesmo tempo, buscou-se manter o equilíbrio entre abrangência e pertinência, para Mendes (et al 2019) é a melhor forma de tornar o processo de seleção e análise mais organizado e viável.

A abrangência refere-se à capacidade de separar um número suficiente de estudos potencialmente relevantes sobre o tema, evitando a exclusão prematura de produções científicas importantes. Já a pertinência está relacionada à especificidade dos termos utilizados, de modo a garantir que os resultados obtidos estejam diretamente vinculados à questão norteadora da pesquisa, evitando excesso de artigos não relacionados ao objeto de estudo.

Sendo assim foram definidas as seguintes palavras-chave, com base nos resultados em buscas exploratórias dentro das plataformas de busca utilizando o conector “AND” entre as palavras buscadas A utilização do conector permitiu restringir os resultados a estudos que abordassem simultaneamente os elementos definidos, reduzindo dispersões temáticas e aumentando a relevância dos artigos identificados:

- a. Reciclagem
- b. Alumínio
- c. Impactos
- d. Desafios
- e. Catadores
- f. Problemas

3.5. Critérios de seleção dos textos a serem analisados

Para garantir a relevância e o rigor metodológico da Revisão Integrativa, foram estabelecidos critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE) que nortearam a seleção dos artigos durante todas as fases da busca. Estes critérios foram organizados por categoria, conforme apresentado no Quadro 1:

Quadro 1 - Matriz de critérios de inclusão e exclusão de textos

Categoria	Critérios de inclusão (CI)	Critérios de Exclusão (CE)
Objeto e Tema	1. Abordar o alumínio especificamente.	1. Não abordar especificamente o alumínio.
	2. Abordar pelo menos uma etapa do ciclo da reciclagem do alumínio (coleta, transporte, processamento ou reutilização).	2. Tratar apenas da produção primária de alumínio (bauxita).
Foco	3. Analisar impactos ambientais e/ou sociais relacionados ao tema.	3. Não abordar impactos ambientais (ou seja, focar apenas em técnicas ou otimização de processo sem análise de impacto).
	4. Inclusão de clássicos relevantes e estudos pioneiros (além do recorte temporal, se necessário).	4. Foco apenas econômico ou industrial (sem abordagem ambiental ou social).
Ano da publicação e idioma	5. Publicados nos últimos 20 anos (2005 a 2025).	5. Trabalhos anteriores ao recorte temporal (exceto os clássicos/pioneiros).
	6. Disponíveis no idioma Português.	6. Trabalhos fora do idioma de domínio.
		7. Trabalhos duplicados.

3.6. Procedimentos de coleta e análise dos dados:

A. Busca, triagem e leitura exploratória dos títulos e resumos

Na triagem e leitura exploratória, foram lidos apenas os títulos e posteriormente a leitura dos resumos dos artigos, nesta etapa os títulos foram selecionados excluindo os registros

duplicados, na leitura dos resumos foram excluídos os artigos que fugiam do tema proposto, ou seja aqueles que não tinham como foco assuntos sobre a reciclagem do alumínio, os impactos desta atividade no meio ambiente e na sociedade.

B. Leitura criteriosa e seleção dos textos completos

Nesta etapa os artigos pré-selecionados anteriormente, foram verificados e avaliados por completo durante a leitura, excluindo todos aqueles com foco em técnicas de reciclagem, sem abordagens ao meio ambiente e aos impactos tanto ambientais como sociais gerados pela reciclagem do alumínio.

C. Análise e organização dos dados relevantes

Após a leitura e triagem dos artigos lidos, foi criada uma tabela, com o intuito de organizar por categorias informações como: autores e ano, tipo de estudo, objetivos do artigo, foco da metodologia, etapa da reciclagem abordada (coleta, transporte, processamento ou reutilização), impactos ambientais identificados.

D. Categorização dos dados

Após a organização da tabela com as informações iniciais extraídas dos artigos, os dados foram agrupados de acordo com categorias temáticas e posteriormente, foram conectados em forma de quadros e gráficos, com o objetivo de analisar temas e informações abordados por cada estudo.

- a) Quanto ao período de realização da pesquisa:
- b) Quanto ao tipo de estudo desenvolvido:
 - Estudo técnico:
 - Estudo de caso:
 - Estudo de revisão bibliográfica:

- c) Quanto ao foco do estudo:
 - Etapa inicial do processo de reciclagem do alumínio:
 - Etapa intermediária do processo de reciclagem do alumínio:
 - Etapa final do processo de reciclagem do alumínio
- d) Quanto aos impactos ambientais e sociais apresentados no processo de reciclagem:
- e) Desafios apresentados
- f) Limitações e lacunas identificados nos trabalhos
- g) O papel dos catadores na reciclagem

E. Análise descritiva e interpretativa dos achados

Os resultados obtidos a partir da revisão integrativa foram inicialmente descritos com base nas categorias previamente estabelecidas, considerando as etapas do ciclo da reciclagem do alumínio e os impactos ambientais identificados em cada estudo. Posteriormente, realizou-se a análise interpretativa de acordo com os referenciais teóricos adotados neste trabalho, especialmente os princípios da economia circular, o conceito de responsabilidade compartilhada previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), as discussões sobre sustentabilidade, social e econômica, bem como a abordagem crítica acerca do “cinismo da reciclagem”, conforme proposto por Layrargues.

Além disso, foram consideradas discussões relacionadas à situação dos catadores, permitindo uma interpretação que extrapolasse os aspectos técnicos do processo de reciclagem e incorporasse outras questões relacionadas ao âmbito da reciclagem e seus agentes. Dessa forma, a análise buscou articular os achados empíricos da literatura com fundamentos teóricos, promovendo uma compreensão crítica e contextualizada do tema investigado.

F. Síntese crítica dos resultados e identificação de lacunas

Após as etapas de descrição, categorização e análise interpretativa dos estudos selecionados, foi realizada uma síntese crítica com o objetivo de integrar os achados identificados na

literatura. Essa etapa consistiu na comparação entre os estudos quanto às abordagens adotadas, às etapas do ciclo da reciclagem analisadas e aos tipos de impactos ambientais e sociais investigados.

A partir dessa sistematização, buscou-se interpretar e discutir os resultados encontrados e possíveis lacunas na produção científica, considerando aspectos pouco explorados nos trabalhos selecionados. Essa síntese teve como finalidade estruturar uma visão integrada da reciclagem do alumínio, tendo assim uma base para as discussões e considerações finais do estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, foram identificados 82 artigos nas bases de dados, sendo estes 71 na plataforma *Web of Science* e 11 na *Scielo*. Após a primeira etapa de triagem, que consistiu na leitura de títulos e resumos, 62 artigos foram excluídos pelos seguintes motivos: artigos duplicados, trabalhos fora do idioma de domínio, artigos que não abordavam especificamente a reciclagem de alumínio, falta de abordagem de impactos sociais e ambientais ou com foco apenas econômico ou industrial.

Dessa primeira triagem, 19 artigos foram pré-selecionados para leitura na íntegra. Na segunda etapa, após a leitura completa, 5 artigos foram excluídos por não atenderem plenamente aos critérios de inclusão, principalmente por tratarem apenas da produção primária de alumínio, não abordarem impactos ambientais focando somente em técnicas de otimização, ou estarem fora do recorte temporal definido.

Ao final do processo de seleção, o corpo documental desta revisão foi composto por 14 artigos selecionados com os critérios de busca na base de dados. As informações do processo de triagem de trabalhos foram contabilizadas de acordo com a seleção de artigos e foram apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Triagem de artigos

Busca	<p>Artigos identificados Web of Science = 71 SciELO = 11 Total = 82</p>	<p>Artigos excluídos durante leitura de título e resumo = 62 Motivos: 1- Artigos duplicados 2 - Trabalhos fora do idioma de domínio 3 - Artigos que não abordam especificamente reciclagem do alumínio 4- Não abordam especificamente o alumínio 5 - Foco apenas econômico ou industrial, sem abordagem social ou ambiental</p>
Triagem	<p>Artigos selecionados pela leitura integral = 14</p>	<p>Artigos excluídos durante leitura completa = 5 Motivos: 1- Tratar apenas da produção primária do alumínio 2 - Não abordar impactos ambientais (ou seja, focar apenas em técnicas ou otimização de processo sem análise de impacto). 3 - Trabalhos anteriores ao recorte temporal (exceto os clássicos/pioneiros).</p>
Artigos selecionados	14	

Fonte: Próprio autor

Para o processo de análise das informações requer uma sistematização dos estudos selecionados. O Quadro 3 apresenta todo o corpo documental selecionado, com as informações dos títulos e seus respectivos autores, o ano de publicação e a revista de cada artigo. Essa sistematização das obras levantadas permite uma visão panorâmica da produção científica sobre a reciclagem do alumínio e seus impactos, assim como a identificação e distribuição das

tendências dos estudos ao longo do recorte temporal de vinte anos que fundamentaram a base para esta pesquisa.

Quadro 3: Categorização dos artigos selecionados através da base de dados

Nº	Título do artigo	Autores	Ano de publicação	Tipo de estudo	Revista
1	Coleta seletiva e reciclagem como instrumentos para conservação ambiental um estudo de caso em Uberlândia, MG	Hisatugo et al.	2007	Estudo de Caso	Sociedade & natureza
2	Avaliação das condições de trabalho dos catadores da central de triagem de lixo do aterro sanitário de Cuiabá, MT	Naime et al.	2009	Estudo de Caso	Estudos tecnológicos
3	Alumínio e ferro fundido na produção de carcaças de motores elétricos aletados: eficiência, custos, aspectos operacionais e ambientais	Vianna et al.	2014	Estudo de Caso	Cadernos UniFOA
4	Caracterização gravimétrica do material reciclável destinado à Coocima pelo programa de coleta seletiva do município de Caçador-SC	Campos et al.	2015	Estudo de Caso	Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental
5	Extração de alumínio de embalagens plásticas metalizadas	Portela et al.	2016	Estudo de caso	Educação e ciência para a cidadania global
6	Desempenho ambiental dos catadores de materiais recicláveis em Esteio	Sabedot et al.	2017	Estudo de Caso	Engenharia sanitária ambiental
7	Desenvolvimento de um modelo computacional para avaliação dos efeitos da implantação e estímulo a práticas de reciclagem no município de Cacequi	Caramês et al.	2019	Estudo de Caso	Revista produção online
8	Caracterização de geopolímeros elaborados com resíduos de vidro e lodo de anodização	Grillo et al.	2021	Estudo de Caso	Brazilian Journal of Development
9	Diagnóstico da valoração econômica dos resíduos sólidos Campina Grande	Arnaud et al.	2022	Estudo de Caso	Brazilian Journal of Development

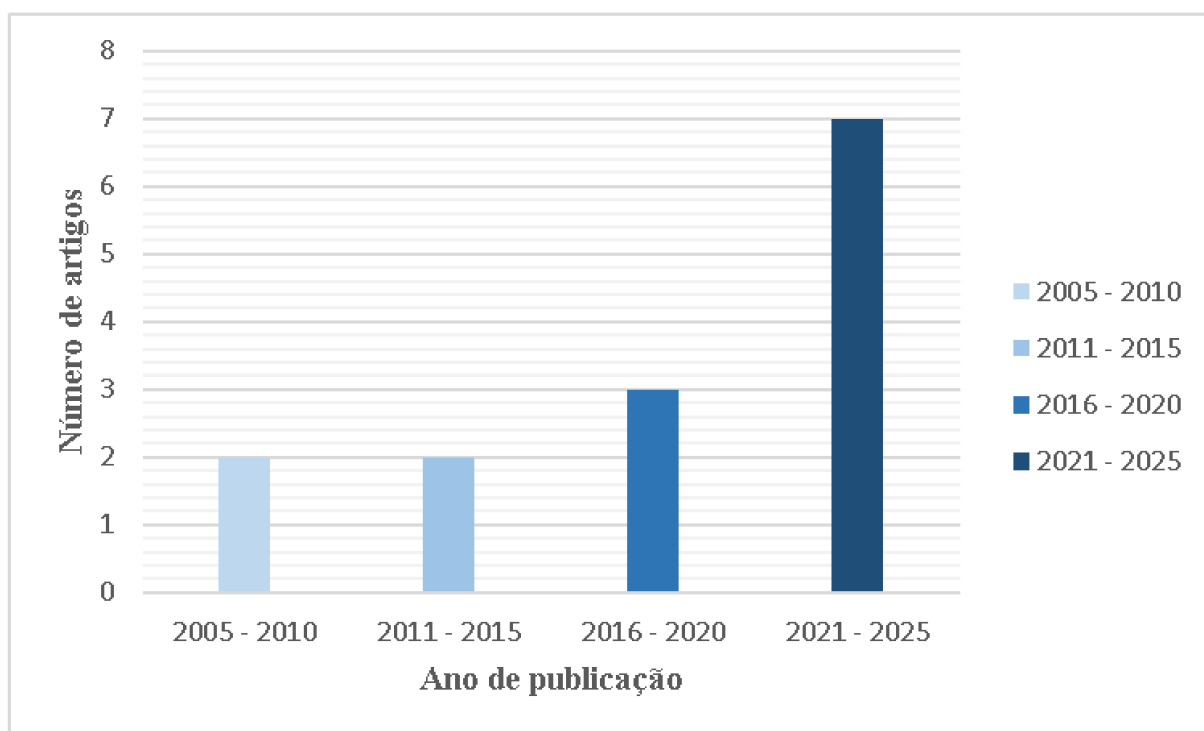
10	Embalagens tetra pak e os desafios para o meio ambiente	Silva et al.	2022	Revisão	Revista Ibero - Americana de Humanidades, Ciências e Educação
11	Avaliação do desempenho térmico de coberturas com a substituição de manta térmica por embalagens Tetra Pak-®	Zanella et al.	2022	Estudo de Caso	Estudos tecnológicos
12	Alumínio – uma análise do seu contexto histórico, da reciclabilidade à transmissão energética	Rosa et al.	2024	Revisão	Revista caderno pedagógico
13	Eletrodos recicláveis de alumínio empregados no processo de eletrofloculação eletrocoagulação de água oleosa	Silva et al.	2024	Estudo de Caso	Revista observatório de la economía latinoamericana
14	Análise das alternativas para reciclagem de resíduo de bauxita na cadeia industrial de ferro e aço no Maranhão e Pará	Venâncio et al.	2024	Estudo de Caso	Revista observatório de la economía latinoamericana

Fonte: Próprio autor

A partir da listagem e apresentação dos estudos que compõem o corpo documental do trabalho, a análise exploratória dos dados envolveu a avaliação da produção científica ao longo do tempo, esta avaliação é fundamental para identificar períodos de maior ou menor interesse no tema e verificar a concentração de artigos recentes dentro do recorte temporal estabelecido dos últimos 20 anos.

A Figura 1 ilustra a distribuição destes 14 trabalhos selecionados em intervalos de cinco anos. Essa representação visual permite uma compreensão da evolução da pesquisa sobre os impactos da reciclagem do alumínio no Brasil e o aumento gradual do interesse da comunidade científica sobre o tema ao longo das últimas duas décadas.

Figura 1: Número de artigos por categoria de tempo



Fonte: Próprio autor

A partir dos resultados obtidos nas plataformas, pode-se inferir que o intervalo de tempo de 2021 a 2025, concentra o maior número de artigos, com 7 trabalhos dos 14 escolhidos, representando a metade da produção total selecionada para esta pesquisa. Este pico de produção acadêmica pode ser considerado um reflexo direto de dois fatores que impulsionaram a pesquisa sobre a gestão de resíduos e a sustentabilidade no Brasil, a consolidação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o marco legal mais importante para a gestão de resíduos, a Lei 12.305/2010 (PNRS), estabeleceu a obrigatoriedade da logística reversa, a eliminação de lixões e a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos produzidos e descartados.

A PNRS exigiu que municípios e empresas em todo o país adotassem planos de gestão, criando uma demanda imediata por diagnósticos, modelagens e estudos de viabilidade econômica e social (Carmês et al., 2022). A PNRS reconheceu formalmente os catadores de materiais recicláveis como agentes cruciais do sistema, o que impulsionou estudos do ponto de vista social e econômico que se tornaram mais evidentes nas discussões das obras publicadas no período de 2021 à 2025. Outro fator importante para a evidência de mais artigos neste

intervalo de tempo, foi a crescente urgência global em torno das questões climáticas e o aumento da conscientização sobre a escassez de recursos não renováveis que incentivaram a academia a buscar soluções de economia circular (Gradwohl, 2001).

Os estudos dos últimos 5 anos mostram um foco em inovação tecnológica para lidar com os rejeitos da cadeia produtiva do alumínio, indicando uma maturidade na discussão que migrou de reciclagem de resíduos para reciclagem de maneiras mais inteligentes e sustentáveis, com reaproveitamento de rejeitos em diferentes áreas, como matéria prima para confecção de argamassa e tratamento de águas residuárias. Em resumo, a concentração de artigos nos últimos anos reflete uma reação acadêmica e técnica às exigências da PNRS e ao apelo global de transição para uma economia de baixo carbono e uma sociedade mais sustentável (Grillo et al., 2021).

A análise da literatura científica selecionada para esta pesquisa demonstra uma evolução no foco e na profundidade com que o tema da reciclagem de resíduos sólidos tem sido abordado ao longo dos anos. Inicialmente antes de 2010 as discussões mostraram-se concentradas nos impactos ambientais causados pela má administração dos resíduos sólidos além das condições sociais impostas aos catadores de reciclados, após a criação da PNRS, a pesquisa progrediu para um cenário de inovações tecnológicas e economia circular. O período inicial, anterior à promulgação da lei, caracterizou-se pela necessidade de sensibilização e diagnóstico dos problemas causados pela má gestão de resíduos. Artigos como o de Hisatugo et al., (2007) já apontavam o alumínio como um material de alto valor, destacando sua capacidade de ser reciclado infinitas vezes e a significativa economia de energia proporcionada na extração da bauxita.

No entanto, o foco social era predominantemente voltado à vulnerabilidade e aos riscos em que os catadores eram expostos. Naime et al., (2009) revelavam a precariedade das condições de trabalho, evidenciando o risco de acidentes e a ausência de segurança ocupacional como barreiras sociais no ciclo da reciclagem. Com o advento da PNRS a pesquisa entrou em uma fase de quantificação e validação da logística. O estudo de Vianna et al., (2014) consolidou o argumento ambiental ao quantificar a economia de energia e a comparação entre a extração da bauxita e o alumínio reciclado.

Contudo, é no período de 2015 a 2020 que a discussão sobre a ineficiência logística e o papel do catador se aprofunda. Campos et al. (2015) diagnosticou a falta de educação ambiental, apontando a alta taxa de contaminação dos materiais coletados como uma limitação da eficiência da reciclagem. Em contraste, Sabedot et al. (2017) destacou o papel social do catador, demonstrando que a coleta informal era mais eficiente que a coleta formal, impulsionada pelo maior valor de comercialização de alumínio. A pesquisa evoluiu, então, para o suporte à gestão pública, com Caramês et al. (2019), desenvolvendo um modelo computacional que provou a viabilidade econômica do investimento em reciclagem, fornecendo subsídios concretos para a formulação de políticas públicas e como estas afetam diretamente os resultados da reciclagem em um município.

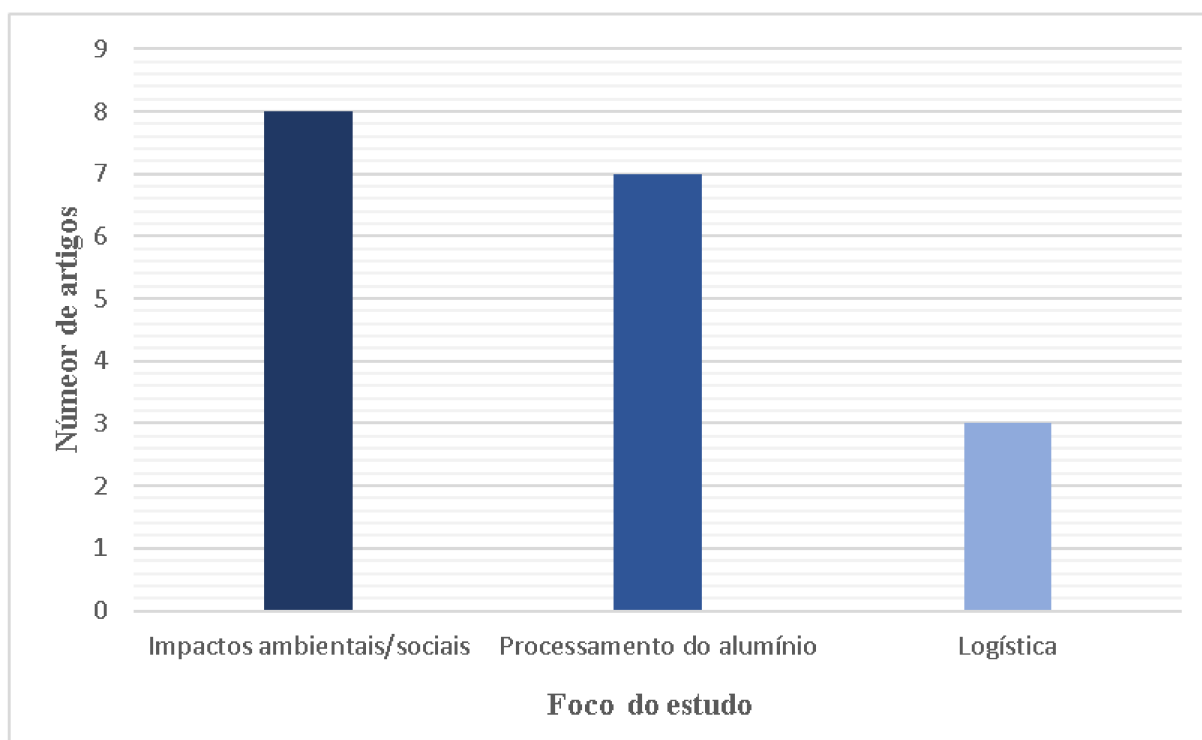
O período mais recente, dos últimos 5 anos, reflete uma mudança do diagnóstico para a inovação tecnológica e a consolidação da economia circular. O foco acadêmico expandiu-se da lata de alumínio para os resíduos complexos e os passivos industriais. Artigos como o de Grillo (2021) demonstraram a utilização do alumínio como matéria prima para o lodo de anodização e resíduos de vidro na forma de geopolímeros, enquanto Silva (2022) e Zanella (2022) se concentraram em alternativas sustentáveis para a utilização de embalagens Tetra Pak (um resíduo de difícil destinação), como o isolamento térmico para interior de telhados.

Neste intervalo de tempo também é abordado o alumínio reciclado em aplicações de alta performance, com Silva et al., (2024), utilizando eletrodos feitos de sucata para o tratamento de efluentes, provando a viabilidade técnica dos resíduos da reciclagem. Paralelamente, Arnaud (2022) fecha o ciclo ao confirmar a valorização econômica crescente do alumínio, reforçando-o como o principal motor financeiro da cadeia de reciclagem e um ativo essencial para a sustentabilidade da gestão municipal.

Para compreender como os 14 artigos selecionados abordam os desafios da reciclagem do alumínio, foi realizada uma categorização de acordo com o foco principal de cada estudo na cadeia produtiva (coleta, processamento, logística ou reutilização).

A análise organizada por foco temático é fundamental para identificar as áreas de maior interesse acadêmico e as lacunas de pesquisa dentro do ciclo de vida do alumínio. A Figura 2 ilustra a distribuição quantitativa das obras em relação aos seus temas centrais.

Figura 2: Número de artigos por categoria de foco



Fonte: Próprio autor

Diante da categorização dos artigos a partir do foco de cada estudo, pode-se inferir que a primeira categoria reflete a etapa inicial da reciclagem abordando a logística e as pessoas diretamente ligadas a coleta de resíduos recicláveis, o volume de produção desta categoria reflete que o sistema da reciclagem não é determinado apenas pela tecnologia envolvida neste processo, mas também em todos os fatores envolvidos na eficiência da coleta e triagem inicial destes resíduos no município.

A discussão nos artigos focados nesta etapa é predominantemente de natureza diagnóstica e sociológica. Estudos como os de Naime et al. (2009) e Sabedot et al. (2017) posicionam o catador de materiais recicláveis como o agente central da logística reversa, expondo também a vulnerabilidade e as condições de precariedade no trabalho. Os trabalhos acadêmicos neste aspecto, atuam como um espelho das falhas na implementação da responsabilidade compartilhada prevista na PNRS, onde a coleta informal muitas vezes supera a coleta seletiva municipal formal em eficiência.

O foco em logística presentes nos estudos de Caramês et al. (2019) e Arnaud et al. (2022), aprofunda a discussão do problema, buscando oferecer subsídios técnicos para as políticas públicas. Estes trabalhos comprovam a viabilidade econômica do investimento em reciclagem, reforçando como o alumínio desperta um grande interesse financeiro e sua importância para a sustentabilidade da gestão de resíduos. A grande concentração de estudos nesta categoria demonstra que a logística envolvida nas fases iniciais da cadeia produtiva e a inclusão social continuam sendo os principais desafios estruturais a serem superados para que o Brasil alcance seu potencial máximo de reciclagem.

Com um número de estudos equivalente à primeira categoria, o segundo foco no processamento e inovação representa a sequência do processo de logística da reciclagem, se a primeira categoria lida com o problema de entrada da cadeia produtiva abordando a logística e o volume de resíduos coletados, esta segunda categoria discute a otimização e o valor agregado na etapa de transformação industrial.

Os trabalhos incluídos aqui, como Vianna et al. (2014) e Rosa et al. (2024), enfatizam a significativa economia energética em comparação com a produção primária a partir da extração da bauxita no meio ambiente. Contudo, a pesquisa mais recente avança para além dessa justificativa básica. O foco migra para a inovação tecnológica baseada na cadeia produtiva do alumínio reciclado e sua transformação em novos produtos.

O estudo abordado no trabalho de Silva et al. 2024, comprova que o material reciclado não é apenas uma alternativa econômica, mas pode ser matéria-prima tecnicamente viável em diversas aplicações industriais. O foco nesta categoria mostra o interesse em maneiras de elevar o valor e a complexidade dos produtos derivados da reciclagem, garantindo que o ciclo do alumínio se integre a setores de diversas demandas, reforçando o conceito de economia circular na prática industrial.

A última categoria com o menor número de estudos, com foco na reutilização e gestão de resíduos, aborda alguns pontos contraditórios no processo da reciclagem industrial, mesmo que este mostre-se ambientalmente vantajoso se comparado a extração do alumínio na natureza, ainda gera alguns subprodutos e rejeitos complexos que necessitam de destinação final adequada.

Segundo Grillo et al. (2021) e Venancio et al. (2024) o foco da reciclagem é transformar passivos ambientais em recursos secundários, incluindo desde o aproveitamento de resíduos industriais como o lodo de anodização e o resíduo de bauxita para a confecção de novos materiais como geopolímeros até a destinação de resíduos complexos de consumo, como as embalagens Tetra Pak (Zanella et al., 2022), em soluções de isolamento térmico.

A relevância destes focos de estudos reside no fato de que eles buscam o fechamento total do ciclo, minimizando o volume de material destinado a aterros sanitários e solucionando problemas ambientais de grande escala de duração. A produção acadêmica deste foco demonstra o interesse pela sustentabilidade, impulsionada em solo nacional pela PNRS assim como pela demanda global de uma economia de baixo carbono.

A análise dos estudos levantados revela que o alumínio é o centro da cadeia de reciclagem brasileira devido ao seu valor econômico, a discussão acadêmica transita entre o impacto econômico e tecnológico do material e os desafios tanto estruturais como sociais que impedem o desenvolvimento da logística reversa no país, os estudos de caso demonstram que o alumínio apresenta a maior valorização no tempo (Sabedot et al., 2017) esta característica viabiliza economicamente o investimento em reciclagem, conforme modelado por Caramês et al. (2019) é o grande impulsionador da coleta informal no país.

O impacto ambiental é amplamente discutido, segundo Vianna et al. (2014) a reciclagem do alumínio proporciona uma economia energética de 95% em relação à produção primária, sendo um processo rápido e de baixo custo quando comparado à extração in loco deste material na natureza. Os estudos mais recentes que remetem ao período dos últimos cinco anos, demonstram a mudança no diagnóstico para a inovação de alto valor agregado, uma vez que o alumínio reciclado pode voltar para a sociedade de diferentes formas, tendo aplicações na construção civil, em diferentes indústrias e até no tratamento de água e efluentes industriais (Silva et al., 2014).

Em contrapartida ao alto impacto do material, os desafios são predominantemente de natureza logística, social e técnica, impedindo que a PNRS alcance sua plena potencialidade, o desafio mais crítico reside na logística da coleta. Artigos de foco sociológico (Naime e Abreu,

2009; Sabedor et al., 2017) posicionam o catador como o agente central da logística, mas expõem a precariedade das condições de trabalho e a vulnerabilidade social. Essa situação reflete a falha na implementação da responsabilidade compartilhada da PNRS, onde a coleta informal supera a coleta formal em eficiência, mas mantém o catador à margem da dignidade humana.

A discussão sobre a implementação da logística reversa em território nacional (Caramês et al., 2019; Arnaud et al., 2022) comprova que o sistema de reciclagem não depende apenas da tecnologia, mas da eficiência da coleta e triagem inicial, o fracasso na gestão municipal em implementar a coleta seletiva formal leva à alta taxa de contaminação dos materiais coletados, limitando a eficiência da reciclagem e, conseqüentemente, o retorno econômico (Campos et al., 2015).

A evolução da pesquisa revela um desafio técnico da complexidade dos produtos. O foco em resíduos como as embalagens Tetra Pak discutidos nos trabalhos de Zanella et al. (2022) e Silva et al. (2022), que contêm alumínio, demonstra a dificuldade de destinação final deste tipo de material devido a difícil separação, mesmo havendo alternativas de reutilização como isolamento térmico na construção civil. Essa dificuldade exige a busca por soluções inovadoras para além da simples reciclagem da lata, direcionando para o reaproveitamento e a gestão de rejeitos (Venancio et al., 2024).

4.1. Produção de alumínio primário no Brasil

O alumínio não é encontrado diretamente na natureza em um estado metálico, este é obtido através da extração da bauxita e posteriormente segue para as etapas de refinaria e redução. Segundo Vianna et al, 2014 suas jazidas localizam-se principalmente nas regiões tropicais e, no Brasil, concentram-se na área amazônica. Para que sua exploração seja economicamente viável, a bauxita deve conter, no mínimo, 30% de óxido de alumínio (Al_2O_3) aproveitável. O Brasil se destaca por possuir reservas de bauxita de elevada qualidade, além de estar entre os países com maiores reservas desse minério no mundo (ABAL, 2025).

A extração da bauxita ocorre por meio de um conjunto de etapas. Inicialmente, é realizada a retirada controlada da cobertura vegetal e da camada superficial do solo. Em seguida, removem-se os horizontes superiores, compostos principalmente por argilas e lateritas.

Após a extração, o minério passa pelo processo de beneficiamento, que inclui a fragmentação para diminuição do tamanho, a lavagem com água quando necessária para reduzir o teor de sílica presente nas partículas mais finas, e, por fim, a secagem (ABAL, 2025). No processo produtivo, a obtenção de uma tonelada de alumínio demanda cerca de duas toneladas de alumina, a qual é convertida por meio da eletrólise. Para essa quantidade de alumínio, estima-se o consumo aproximado de quatro a cinco toneladas de bauxita (Rosa et al., 2024).

Na etapa inicial de beneficiamento da bauxita, a argila é o principal rejeito gerado na lavagem do minério, sem uso de aditivos químicos. Esse material é adensado nos locais de disposição, permitindo o reaproveitamento da água e a redução do risco de vazamentos em barragens. Com o tempo, a argila depositada se sedimenta e seca no reservatório, enquanto a água residual é gradualmente eliminada, permitindo o replantio da vegetação e a recuperação ambiental da área (ABAL, 2025).

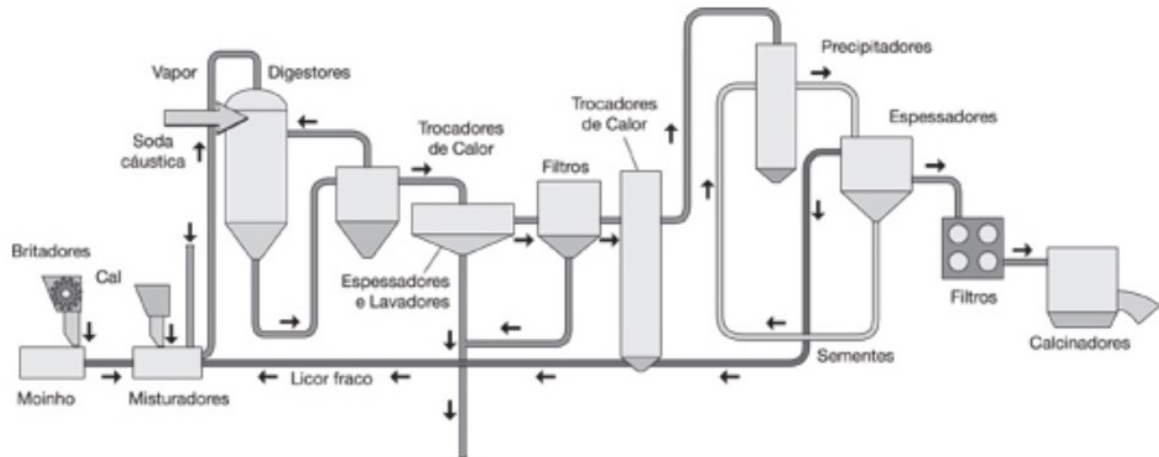
4.2. Refinaria de alumina

A atividade mineradora tem intensificado a geração de resíduos, resultando em impactos ambientais relevantes. Entre esses resíduos, destacam-se os rejeitos com elevada concentração de substâncias nocivas, capazes de comprometer a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. O resíduo de bauxita, originado no processo Bayer de produção de alumina, apresenta grande quantidade de partículas finas e óxidos, especialmente de ferro e sódio, sendo conhecido como lama vermelha. Esse resíduo é gerado em grandes volumes, estimando-se a produção de uma a duas toneladas para cada tonelada de alumina obtida.

No ano de 2020, a produção global de alumina superou 133 milhões de toneladas, o que resultou na geração de um grande volume de resíduos de bauxita. Diante da expressiva quantidade de resíduos produzidos, a busca por alternativas de reaproveitamento torna-se necessária, sendo fundamental a análise de suas propriedades, que podem variar de acordo com a origem da bauxita e com o método de processamento empregado (Venancio et al 2024).

O método Bayer é o processo mais empregado na produção de alumina, esse processo permite a obtenção de alumina com elevado grau de pureza, adequada ao uso em processos eletrolíticos, por meio da extração a partir da bauxita utilizando digestão termoquímica. A Figura 3 apresenta a produção de alumina pelo Processo Bayer.

Figura 3 - Fluxo simplificado do processo Bayer

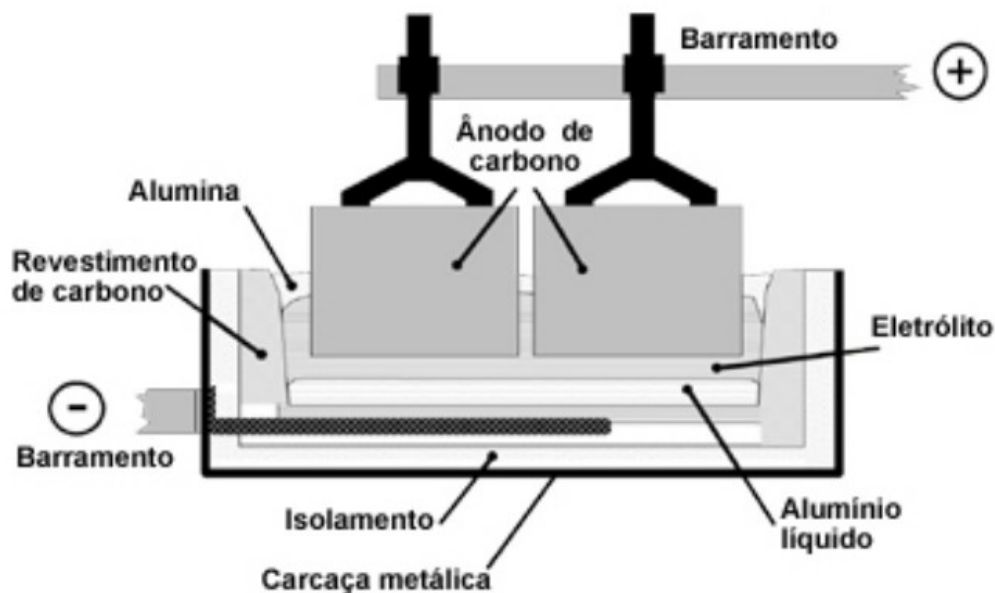


Fonte: ABAL, 2025

O processo Bayer pode ser entendido através de cinco etapas, primeiro ocorre a moagem e dissolução da alumina em soda cáustica, depois a filtração da alumina para separação do material sólido, depois de filtrado o material é concentrado para a cristalização da alumina, posteriormente os cristais são secados, precipitados calcinados para eliminar água, por último o pó branco de alumina pura é enviado a redução onde ocorre o processo de redução eletrolítica conhecido como Hall-Hérault.

O processo de obtenção do alumínio metálico a partir da alumina calcinada pode ser exemplificado por meio das seguintes etapas conforme ilustrado na figura 4:

Figura 4: Fluxo simplificado da transformação da alumina calcinada em alumínio metálico



Fonte: ABAL, 2025

Primeiramente a alumina é dissolvida em um banho de criolita fundida e fluoreto de alumínio em baixa tensão, decompondo-se em oxigênio, o oxigênio é combinado com o ânodo de carbono, desprendendo-se na forma de dióxido de carbono e em alumínio líquido, que se precipita no fundo da cuba eletrolítica. O alumínio primário em forma líquida é transferido para refusão através de cadinhos, depois são produzidas as placas do metal primário (ABAL 2025).

4.3. Impactos ambientais da produção de alumínio primário

Segundo Vianna et al. (2014) cada tonelada de alumínio reciclado economiza a extração de 5 toneladas de bauxita na natureza, sem contar toda a lama vermelha (resíduo da mineração) que é evitada, evidenciado assim a importância da reciclagem para evitar os impactos ambientais causados na produção primária do alumínio. Esta lama vermelha deve ser devidamente tratada e disposta em barragens para evitar a contaminação do lençol freático.

Em escala global, o alumínio é responsável por cerca de 3% das emissões totais de gases de efeito estufa (GEE), sendo que a produção primária pode gerar de 12 a 16,5 toneladas de GEE por tonelada de metal produzido. Esse impacto está associado, em grande parte, ao uso de combustíveis fósseis na geração da eletricidade necessária ao processo de eletrólise (Rosa et al., 2024). Além disso, Layrargues (2002) ressalta que a mineração da bauxita gera diversos impactos ambientais, como o desmatamento, a remoção do solo para a lavra, processos erosivos e o assoreamento de corpos hídricos.

Rosa et al. (2024) ressalta ainda que comparando o consumo de energia entre a reciclagem do alumínio em estado sólido e sua extração primária na natureza, é necessário cerca de apenas 5% da energia da produção primária do metal, evidenciando a enorme quantidade de energia utilizada no processo de extração e refinamento do alumínio.

4.4. A indústria de reciclagem de alumínio no Brasil

O alumínio destaca-se pela sua alta reciclabilidade, sendo um material que pode ser reaproveitado inúmeras vezes sem perda de suas propriedades, o que reforça a sustentabilidade de sua cadeia produtiva nos aspectos econômico, social e ambiental. Sua reciclagem pode ocorrer tanto a partir de sucatas de produtos ao final da vida útil quanto de resíduos industriais, permitindo que materiais como latas, utensílios domésticos, esquadrias e componentes automotivos sejam reinseridos no processo produtivo (ABAL, 2025).

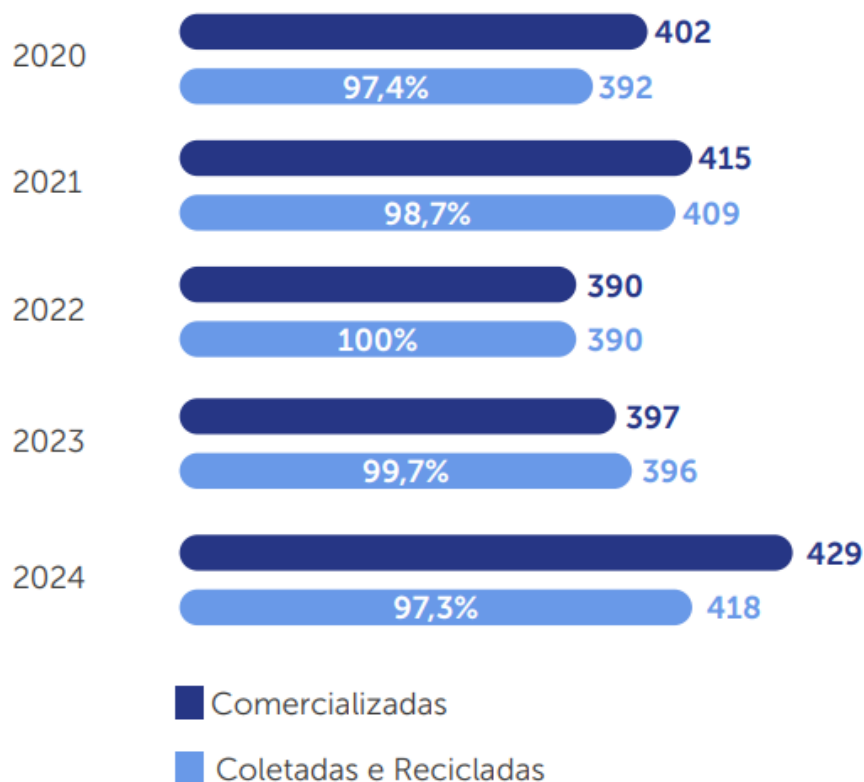
A reciclagem atua como uma ferramenta importante para a redução da quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários ou à incineração, contribuindo para a diminuição dos impactos ambientais sobre os ecossistemas. O lixo é um dos principais desafios da gestão ambiental sustentável e, na última década, o Brasil apresentou avanços relevantes na gestão adequada dos resíduos sólidos, com destaque para a reciclagem. Esse processo transforma resíduos descartados, considerados matéria-prima secundária, em novos produtos ou em materiais semelhantes aos originais, promovendo a economia de energia, a preservação dos recursos naturais e a reinserção desses materiais no ciclo produtivo (Arnaud et al. 2022).

4.5. A reciclagem de latas de alumínio no Brasil

O sistema de logística reversa das latas de alumínio para bebidas foi formalizado em 2020 por meio de um termo de compromisso, tendo a Recicla Latas como entidade gestora, embora a reciclagem desse material já estivesse consolidada no Brasil há muitos anos, com índices superiores a 95%. A reciclagem do alumínio representa um exemplo eficiente de economia circular, pois o material é totalmente reciclável, pode ser reaproveitado inúmeras vezes sem perda de qualidade e possui um ciclo de vida curto, estimado em cerca de 60 dias entre a comercialização, reciclagem e retorno ao consumo. A coleta das latas conta com ampla participação de catadores autônomos, cooperativas, pontos de entrega voluntária (PEVs) e da coleta seletiva realizada pelos serviços públicos (ABREMA, 2025).

A figura 5 mostra um panorama entre os anos de 2020 a 2024 da relação entre as latas de alumínio comercializadas, as latas de alumínio coletadas e recicladas no país, o gráfico mostra a grande eficiência do retorno do material para o ciclo de consumo, em 2022 o índice reciclagem de latas de alumínio no Brasil frente ao material comercializado foi de 100% evidenciando um marco na reciclagem do país.

Figura 5 - Recuperação de latas de alumínio para bebidas (mil toneladas e percentual de reciclagem)

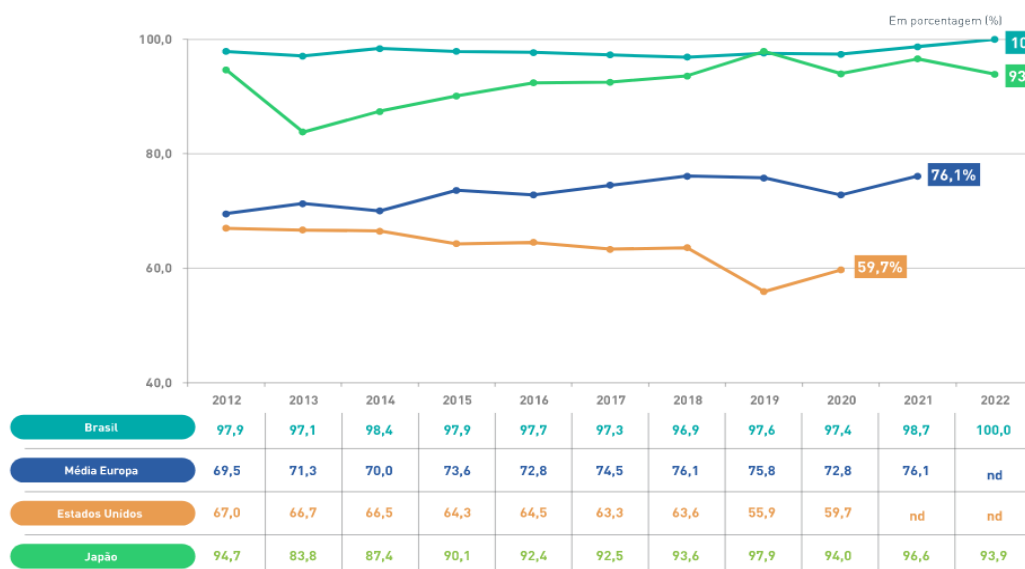


Fonte: ABREMA, 2025

A coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil ocorre por meio de dois sistemas principais: a coleta realizada pelos serviços públicos e a coleta informal. A coleta via serviços públicos inclui modalidades como a coleta porta a porta, seletiva ou indiferenciada, a coleta em pontos de entrega voluntária e parcerias com associações e cooperativas de catadores, sendo responsável por cerca de 94% da coleta de RSU no país, o que corresponde a aproximadamente 71,8 milhões de toneladas, equivalentes a 88% do total de resíduos gerados. A coleta informal representa cerca de 6% do total, o que corresponde a aproximadamente 4,6 milhões de toneladas de materiais recicláveis, coletadas por mais de 700 mil catadores autônomos sem vínculo formal com associações ou cooperativas. A quantificação dessa atividade é complexa devido à ausência de registros formais, o que dificulta o acompanhamento e a mensuração dos dados; ainda assim, sua estimativa é relevante não apenas para a gestão ambiental dos RSU, mas também para os aspectos sociais e econômicos. (ABREMA, 2025).

Segundo dados da ABAL, atualmente 95% das bebidas vendidas em lata no país, utilizam a embalagem de alumínio, é reconhecido entre os consumidores vantagens na sua utilização, devido a praticidade, tamanho e pelo fato de manter a bebida em menores temperaturas por mais tempo, também é reconhecida entre os fabricantes as vantagens na produtividade, redução de custos, transporte e estocagem. Com o passar dos anos com maior volume de oferta no país, a produção de latas em 2010 superou 18 bilhões de unidades. Na figura 6 pode-se verificar o índice de reciclagem para latas de alumínio no período de 2012 a 2022.

Figura 6 - Índice de Reciclagem de Latas de Alumínio para Bebidas 2012 a 2022



Fonte: ABAL, 2025

Pode-se inferir que entre os países representados neste gráfico, o Brasil mostrou-se superior em relação aos demais em todos os anos, seguido do Japão, a diferença entre a porcentagem da média de países europeus e Estados Unidos mostra-se significativa.

Em contrapartida o discurso ambiental que envolve a reciclagem de latas de alumínio no Brasil muitas vezes oculta o seu principal objetivo, que é a obtenção de lucro pela indústria da reciclagem. Conforme aponta Layrargues (2002), o chamado “cinismo da reciclagem” ocorre quando as empresas se apropriam dos argumentos ambientais para legitimar a expansão

dessa atividade no país. Nesse contexto, a aproximação entre os interesses ambientais e econômicos torna pouco nítida a distinção entre a reciclagem enquanto prática ambiental e a reciclagem enquanto atividade econômica.

4.6. A influência dos catadores na reciclagem

Os catadores desempenham um papel fundamental na base da cadeia produtiva de reciclagem, sendo um dos principais atores neste processo de reciclagem, Sabedot, et al. (2017) ressaltam os desafios enfrentados por estas pessoas no Brasil, apesar da flexibilidade proporcionada pela atividade, no sentido do poder de decisão de quando e como trabalhar, a remuneração dos recicláveis é decidido pelas indústrias. Os catadores realizam o serviço para a indústria de recicláveis, porém não possuem segurança social no trabalho, além de sofrer com estigmas sociais, sendo marginalizados e excluídos na sociedade, não recebendo a devida importância na sua atuação social, também estão sujeitos a diversos riscos durante a execução do seu ofício, excesso de horas trabalhadas, e por último são vistos como concorrentes dos programas de coleta seletiva por disputarem os resíduos sólidos de maior valor que serão levados aos centros de triagem.

A eficiência da gestão ambiental dos resíduos sólidos depende da disponibilidade de informações precisas sobre a geração e o manejo desses resíduos. De acordo com Sabedot, et al. (2017) , há grande variação nas estimativas sobre o número de catadores de materiais recicláveis no Brasil, principalmente porque trabalhadores informais e sua produção muitas vezes não são incluídos nas estatísticas oficiais. Essa diferença pode ser observada na comparação entre dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), que estima a existência de cerca de 70 mil catadores com base na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, e os dados fundamentados no Movimento Nacional dos Catadores de Recicláveis, que indicam aproximadamente 800 mil catadores no país. Diante dessa divergência, os autores destacam a importância de um mapeamento mais preciso dos catadores em nível municipal, o que possibilitaria uma avaliação mais adequada dos impactos ambientais e socioeconômicos dessa atividade.

No estudo de caso desenvolvido por Sabedot et al. (2017), constatou-se que o impacto ambiental gerado pela atuação do catador informal na coleta seletiva do município de Esteio

(RS) foi, no mínimo, 2,3 vezes superior ao da coleta seletiva formal. Considerando-se a capacidade máxima estimada, esse impacto pode chegar a ser 5,7 vezes maior em comparação ao sistema formal de coleta seletiva.

O catador individual que atua diariamente por um período entre 10 e 12 horas pode coletar até 4 toneladas de resíduos por mês. No entanto, de acordo com o intervalo de confiança das análises estatísticas, a massa média mensal coletada por catador variou entre 683 e 1.715 kg/mês. Ao considerar o conjunto de catadores individuais do município de Esteio e os dados estatísticos do estudo, estima-se que a massa total de resíduos coletada mensalmente no município possa variar entre 102,5 e 257,3 toneladas. A atuação dos catadores informais contribui de forma significativa para a sustentabilidade ambiental, uma vez que parte dos resíduos sólidos retorna ao processo industrial. Essa fração corresponde a valores entre 6,8% e 17,2% do total de resíduos gerados no município de Esteio. Além de reduzir a necessidade de extração de novas matérias-primas, essa contribuição representa um desempenho ambiental entre 2,3 e 5,7 vezes superior quando comparado ao indicador da coleta seletiva formal do município (Sabadot et al. 2017).

4.7. Políticas públicas na gestão de resíduos sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, representa um importante avanço na regulamentação da gestão de resíduos sólidos no Brasil. Essa legislação estabelece a diferenciação entre resíduos, que podem ser reutilizados por meio do reaproveitamento ou da reciclagem, e rejeitos, que não apresentam possibilidade de reaproveitamento ou reciclagem. Além disso, seu escopo contempla desde conceitos básicos sobre resíduos sólidos até instrumentos legais de gestão, intervenção e definição das responsabilidades da sociedade, entre outros aspectos relacionados ao gerenciamento desses materiais (Brasil, 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece diretrizes voltadas à prevenção da geração de resíduos sólidos, priorizando ações como a redução, a reutilização e o tratamento adequado desses materiais, além da destinação ambientalmente adequada dos rejeitos. A normativa também estimula o fortalecimento da cadeia da reciclagem, incentivando

a utilização de insumos e matérias-primas obtidos a partir de resíduos recicláveis. Nesse cenário, a reciclagem se insere no princípio da responsabilidade compartilhada ao longo do ciclo de vida dos produtos, no qual fabricantes, comerciantes, consumidores e os agentes responsáveis pela gestão dos resíduos atuam de forma integrada para minimizar a quantidade de resíduos sólidos produzidos (Brasil, 2010).

Carames et al. (2019) ressalta que existe um grande desafio para os municípios, o custo elevado para a implementação da coleta seletiva de resíduos sólidos, onde este é o único responsável por esta implementação, estima-se que o valor para a adoção e efetivação deste processo seja 4,5 vezes maior do que o gasto com a coleta convencional. Em paralelo a este desafio, os municípios podem fomentar práticas de reciclagem que envolvam os catadores, promovendo a redução do descarte em aterros sanitários, além da geração de renda para as pessoas envolvidas neste processo de coleta de resíduos.

Avaliando o contexto da reciclagem no Brasil é importante considerar a grande importância do papel dos catadores de resíduos, uma vez que estes são elementos fundamentais no processo de seleção do material reciclável e prestam uma grande contribuição para a gestão municipal de resíduos sólidos, entretanto estão sujeitos a condições, muitas vezes insalubres de trabalho, a PNRS neste sentido, prevê uma remuneração fixa, além do material que é coletado e vendido, assim como condições mínimas de trabalho, cabe à gestão pública analisar as condições de trabalho em que estes coletores estão submetidos, com profissionalização das funções, equipamentos de proteção individual e infraestrutura adequada para a realização desta atividade (Arnaud et al, 2022).

Embora a reciclagem mostre um potencial econômico e benefícios ambientais, os trabalhos selecionados nas últimas duas décadas apontam que os elevados custos associados à implantação e manutenção da coleta seletiva representam um dos principais entraves à sua efetivação no âmbito municipal. Estudos como o de Caramês et al. (2019) evidenciam que os gastos com a coleta seletiva podem superar aqueles destinados à coleta convencional, tornando-se um desafio para os municípios, especialmente os de pequeno porte. Esse cenário revela um desafio na gestão dos resíduos sólidos, no qual materiais com grande valor de mercado, como o alumínio, demandam investimentos públicos para viabilizar sua recuperação.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos aborda o conceito de gestão integrada dos resíduos, no que diz respeito ao enfrentamento da problemática dos resíduos sólidos, uma vez que exige a articulação entre diferentes esferas do poder público, setor produtivo e sociedade. Nesse contexto, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos torna-se um instrumento central da política pública, ao atribuir deveres desde a fase de produção até o pós-consumo, incluindo a logística reversa. Segundo Caramês et al, (2019) esta abordagem é muito importante para materiais como o alumínio que apresenta um grande potencial de reaproveitamento, mas depende de sistemas estruturados desde a coleta até a triagem e reinserção do material no processo produtivo para que os benefícios ambientais da reciclagem sejam de fato alcançados.

4.8. Lacunas na literatura e limitações nos estudos analisados

Ao relacionar as etapas da reciclagem do alumínio aos impactos identificados na literatura analisada, observa-se que os estudos apresentam diferentes níveis de aprofundamento ao longo da cadeia produtiva. Na etapa de coleta e triagem, predominam análises voltadas aos impactos sociais, especialmente às condições de trabalho dos catadores, à informalidade e à precarização, além de apontamentos sobre a contaminação dos materiais e ineficiências logísticas que comprometem a qualidade do reaproveitamento.

Na etapa de transporte, os impactos identificados concentram-se principalmente nas emissões atmosféricas decorrentes do uso de combustíveis fósseis, embora essa dimensão ainda seja abordada de forma menos detalhada quando comparada aos ganhos energéticos da reciclagem. Já na etapa de processamento industrial e refusão, os estudos enfatizam a expressiva economia de energia em relação à produção primária, mas abordam de maneira secundária a geração de resíduos industriais, efluentes e emissões atmosféricas associadas às unidades de reprocessamento.

Por fim, na etapa de reutilização e reinserção do alumínio no ciclo produtivo, observa-se maior enfoque em aplicações tecnológicas e valorização econômica do material, enquanto ainda são escassas análises aprofundadas sobre os impactos cumulativos do ciclo completo e

seus limites estruturais. Essa distribuição desigual evidencia que, embora existam avanços significativos na discussão sobre os benefícios energéticos da reciclagem, persistem lacunas relacionadas à avaliação integrada dos impactos ambientais ao longo de todas as etapas do processo.

Com o intuito de sistematizar os principais achados identificados ao longo da análise e evidenciar de forma integrada as lacunas presentes na literatura, apresenta-se a seguir um Quadro 4 que relaciona cada etapa do processo de reciclagem do alumínio aos impactos apontados nos estudos selecionados. Essa organização permite visualizar, de maneira estruturada, como a produção científica distribui sua atenção ao longo da cadeia da reciclagem e onde foram identificadas lacunas.

Quadro 4 - Relação entre etapas da reciclagem e principais resultados

Etapa da reciclagem	Principais impactos identificados	Ênfase predominantes dos estudos	Lacunas identificadas
Coleta e triagem	Condições precárias de trabalho dos catadores; Informalidade; Riscos ocupacionais; Contaminação dos materiais; Ineficiência da coleta seletiva	Forte enfoque social e inclusão dos catadores	Escassez de estudos que associem a educação ambiental voltada para o descarte correto de resíduos e um consumo consciente
Transporte	Emissões de GEE	Abordagem pontual e secundária	Escassez de análises sobre pegada de carbono e otimização logística da coleta seletiva
Processamento	Consumo energético; Emissões de GEE; Geração de resíduos secundários	Ênfase na economia de energia em comparação à produção primária	Não foram identificadas lacunas

Reinserção no ciclo produtivo	Valorização econômica do material; Redução da extração de bauxita; Economia de recursos naturais	Foco nos benefícios ambientais e energéticos	Incorporação de estudos voltados para estratégias de não geração e redução de resíduos
-------------------------------	--	--	--

A síntese apresentada evidencia que a literatura tende a concentrar suas análises nos ganhos energéticos e nos benefícios ambientais da reciclagem em comparação à produção primária. Em contrapartida, aspectos relacionados aos impactos cumulativos do ciclo completo, à eficiência logística e às limitações estruturais do modelo ainda são abordados de forma menos aprofundada. Tal assimetria reforça a necessidade de investigações futuras que adotem abordagens integradas e sistêmicas, capazes de compreender a reciclagem do alumínio não apenas como solução técnica, mas como processo inserido em dinâmicas sociais, econômicas e ambientais correlacionadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão bibliográfica da literatura teve como objetivo analisar, de forma integrada, os impactos ambientais e sociais associados à reciclagem do alumínio no Brasil, bem como os principais desafios estruturais que permeiam sua cadeia produtiva. A análise dos 14 estudos selecionados ao longo de um recorte temporal de vinte anos evidenciou que, embora o país apresente índices expressivos de reciclagem, especialmente no que se refere às latas de alumínio para bebidas, este desempenho está inserido em um sistema marcado por contradições operacionais, sociais e institucionais.

A reciclagem do alumínio, embora amplamente reconhecida por seus benefícios ambientais em comparação à produção primária, não está isenta de impactos. Ao longo de seu ciclo operacional, destacam-se emissões atmosféricas associadas ao transporte dos resíduos, consumo energético nas etapas de processamento e refusão, além da geração de resíduos secundários e possíveis efluentes industriais quando não há controle ambiental adequado. A eficiência do sistema também depende diretamente da qualidade da coleta e da triagem, sendo que a contaminação dos materiais pode comprometer o reaproveitamento e ampliar os custos ambientais do processo. Dessa forma, ainda que represente uma alternativa mais sustentável

frente à extração da bauxita, a reciclagem do alumínio demanda infraestrutura, controle técnico e gestão integrada para que seus impactos sejam efetivamente minimizados.

Do ponto de vista ambiental, os estudos demonstram que a reciclagem do alumínio representa uma alternativa mais eficiente quando comparada à produção primária do mesmo, devido à grande economia energética e da redução de todos os impactos associados à extração da bauxita, como desmatamento, processos erosivos, assoreamento de corpos hídricos e geração de resíduos industriais, como a lama vermelha. Nesse sentido, a reciclagem tem uma contribuição significativa para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa e para a preservação dos recursos naturais e pode ser considerada como uma estratégia para a transição de modelos produtivos mais sustentáveis.

No que se refere às barreiras à efetivação de um ciclo verdadeiramente sustentável, os estudos analisados evidenciam entraves estruturais, sociais e institucionais. Destacam-se a dependência da atuação de catadores em condições muitas vezes precárias, os altos custos municipais para implementação da coleta seletiva, a fragilidade da logística reversa e a insuficiência de políticas voltadas à redução do consumo e à educação ambiental. Tais fatores demonstram que a sustentabilidade da reciclagem do alumínio não depende apenas de sua viabilidade técnica, mas de uma articulação eficiente entre gestão pública, setor produtivo e sociedade. Assim, a consolidação de um ciclo sustentável exige não apenas a ampliação da reciclagem, mas também o fortalecimento de estratégias de não geração e redução de resíduos, alinhadas aos princípios da responsabilidade compartilhada previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Em contrapartida, os estudos analisados indicam que as limitações da reciclagem no país não são apenas tecnológicas, mas estão ligadas à logística das etapas iniciais da cadeia produtiva. A coleta e triagem dos resíduos recicláveis, podem ser considerados as principais limitações estruturais do sistema, uma vez que estão diretamente ligadas à atuação de catadores de materiais recicláveis, que desempenham papel central no início da logística reversa. Apesar da grande contribuição dos catadores para o retorno destes resíduos ao ciclo produtivo, esses trabalhadores ainda se encontram, em grande parte, inseridos em condições de informalidade, vulnerabilidade social e ausência de garantias trabalhistas.

Nesse contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos representa um marco regulatório importante ao instituir o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e ao reconhecer formalmente a relevância dos catadores no sistema de gestão de resíduos sólidos. Entretanto, sua implementação nos municípios enfrenta desafios significativos, devido aos elevados custos associados à implantação e manutenção da coleta seletiva, o que pode limitar a capacidade operacional dependendo da estrutura de cada município.

Foi observado na literatura analisada uma evolução no foco dos trabalhos acadêmicos, onde trabalhos recentes demonstraram abordagens voltadas à inovação tecnológica e à valorização da reciclagem de resíduos industriais complexos, ampliando as possibilidades de reinserção do alumínio reciclado em diferentes setores. Entretanto, também observou-se lacunas nos estudos analisados, voltadas à discussões sobre a educação ambiental, padrões de consumo e estratégias voltadas à não geração e à redução de resíduos.

Dessa forma, conclui-se que, embora a reciclagem do alumínio apresenta um grande potencial ambiental e econômico, sua efetividade depende da superação de desafios logísticos e sociais, bem como da ampliação de políticas públicas para além da reciclagem. Neste sentido, é fundamental promover a integração entre inovação tecnológica, inclusão social dos catadores e ações educativas voltadas à mudança nos padrões de consumo, de modo a consolidar um modelo de gestão de resíduos sólidos que seja, de fato, ambientalmente eficaz e socialmente justo.

6. REFERÊNCIAS

ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. Alumínio. Disponível em: <https://abal.org.br/aluminio/vantagens-do-aluminio/>. Acesso em: 8 dez. 2025.

ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALUMÍNIO. Cadeia primária. Disponível em: <https://abal.org.br/aluminio/cadeia-primaria/>. Acesso em: 8 dez. 2025.

ABREMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2025. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 5 jan. 2026.

BOTELHO, Louise Lira Roedel; CUNHA, Cristiano Castro de Almeida; MACEDO, Marcelo. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e Sociedade*, v. 5, n. 11, p. 121–136, 2011. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/b99b/4f7d8cb581a59f92915a0c64430d43dc65b0.pdf>. Acesso em 10 nov. 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. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em 12 jan. 2026

CARAMES, Ruan Brum; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira; RODRIGUES, Glauco Oliveira. Desenvolvimento de um modelo computacional para avaliação dos efeitos da implantação e estímulo a práticas de reciclagem no município de Cacequi/RS. *Revista Produção Online*, v. 19, n. 4, p. 1289–1303, 2019. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/3405/1856>. Acesso em: 17 nov. 2025.

CHANDAMELA, Mélica Helena. Gestão de resíduos sólidos em Moçambique. Maputo: Observatório do Meio Rural, 2019. Disponível em: <https://omrmz.org/wp-content/uploads/DR-76-Res%C3%ADduos-em-Mo%C3%A7ambique.pdf>. Acesso em: 20 Out. 2025.

ROSA, Silvio Cesar Ferreira et al. Alumínio: uma análise do seu contexto histórico, da reciclabilidade à transmissão energética. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 4, p. e3610, 2024. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/3610/2604>. Acesso em: 03 Nov. 2025.

DA SILVA, Isac Caetano et al. Embalagens Tetra Pak® e os desafios para o meio ambiente. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 8, n. 5, p. 1412–1429, 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/5391>. Acesso em: 17 Nov. 2025.

DA SILVA, Ítalo Vidal et al. Eletrodos recicláveis de alumínio empregados no processo de eletrofloculação/eletrocoagulação de água oleosa. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 5, p. e4644–e4644, 2024. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/4644>. Acesso em: 17 Nov. 2025.

DE CAMPOS, Roger Francisco Ferreira; BORGA, Tiago. Caracterização gravimétrica do material reciclável destinado à Coocima pelo programa de coleta seletiva do município de Caçador-SC. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, p. 325–338, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/18288>. Acesso em: 24 Nov. 2025

DIAS, Sonia M. Statistics on waste pickers in Brazil. *WIEGO Statistical Brief*, v. 2, p. 1-3, 2011. Disponível em: https://www.wiego.org/wp-content/uploads/2019/09/Dias_WIEGO_SB2.pdf. Acesso em: 23 Nov. 2025.

GRILLO, Fernanda; MATOSKI, Adalberto; ALBERTI, Mauro Edson. Caracterização de geopolímeros elaborados com resíduos de vidro e lodo de anodização Characterization of geopolymer made with glass residues and anodizing sludge. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 6, p. 60707-60725, 2021. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/31557>. Acesso em: 24 Nov. 2025.

GÜNTHER, Wanda Maria Risso et al. Sustentabilidade de programas municipais de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores, 2006. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001590076>. Acesso em: 24 Nov. 2025.

HISATUGO, Erika; MARÇAL JÚNIOR, Oswaldo. Coleta seletiva e reciclagem como instrumentos para conservação ambiental: um estudo de caso em Uberlândia, MG. *Sociedade & Natureza*, v. 19, p. 205–216, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13355>. Acesso em: 17 Nov. 2025.

LAYRARGUES, Philippe Pomier. O cinismo da reciclagem. *Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania*, v. 2, p. 200-217, 2002.

MARQUES, Samara Pereira; SANTOS, Clarissa Pereira Gunça dos; NILIN, Jeanylle. Implantação de coleta seletiva em um condomínio de Uberlândia, Minas Gerais, 2023. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol6/ProgramaOficial6ConReSol.pdf>. Acesso em: 01 Dez. 2025.

MENDES, Daniel Bovo Lacerda Arnaud et al. Diagnóstico da valoração econômica dos resíduos sólidos de Campina Grande–PB, Brasil Diagnosis of economic valuation of solid waste from Campina Grande-PB, Brazil. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 4, p. 29949-29964, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/46986>. Acesso em: 17 Nov. 2025.

MENDES, Karina Dal Sasso; SILVEIRA, Renata Cristina de Campos Pereira; GALVÃO, Cristina Maria. Uso de gerenciador de referências bibliográficas na seleção dos estudos primários em revisão integrativa. *Texto & Contexto Enfermagem*, v. 28, p. e20170204, 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003059224>. Acesso em: 27 Out. 2025.

NAIME, Roberto; ABREU, Eduardo Figueiredo; ABREU, James Nassarden de. Avaliação das condições de trabalho dos catadores da central de triagem de lixo do aterro sanitário de Cuiabá. *Uniciências*, v. 12, n. 1, 2009. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Avalia%C3%A7%C3%A3o-das-condi%C3%A7%C3%B5es-de-trabalho-dos-catadores-Naime-Hamburgo/036ebf06df11385680c727e962e2897ce4eedf4a>. Acesso em: 10 Nov. 2025.

OLIVEIRA, Pâmela Mara de. Análise crítica da Política Nacional de Resíduos Sólidos a partir da reciclagem e do trabalho dos catadores e catadoras. 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/f9367df0-cabe-44a0-80eb-430b5e5bb0f6>. Acesso em: 08 Dez. 2025.

PORTELA, Carolina Inácio; CHO, Liu Yao; LIU, Andrea Santos. Extração de Aluminato de Embalagens Plásticas Metalizadas. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba, 2016. Disponível em: <https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/1452>. Acesso em: 27 Out. 2025.

SABEDOT, Sydney; PEREIRA, Tiago José. Desempenho ambiental dos catadores de materiais recicláveis em Esteio (RS). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 22, p. 103-109, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/j4ZwxQpV6YmdCTcDbf85rjf/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 13 Out. 2025.

SACHS, Ignacy. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SANTOS, F. F.; FONTES, A. R. Martins; MORIS, V. A. da Silva; SOUZA, R. L. Rodrigues de. Atores da cadeia de reciclagem: influência e impactos na atividade de triagem de materiais em uma cooperativa de Sorocaba-SP. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 10, n. 3, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/f9367df0-cabe-44a0-80eb-430b5e5bb0f6>. Acesso em: 19 Out. 2025.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein* (São Paulo), v. 8, p. 102–106, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?lang=pt&%3A~%25>. Acesso em: 05 Out. 2025.

VENANCIO, Luis Carlos Alves; RABELO, Ana Beatriz Carvalho; CASTRO, Júlia Cruz. Análise das alternativas para reciclagem de resíduo de bauxita na cadeia industrial de ferro e aço no Maranhão e Pará. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 4, p. e4349–e4349, 2024. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/4349>. Acesso em: 23 Nov. 2025.

VIANNA, Yuri Tavares et al. Alumínio e ferro fundido na produção de carcaças de motores elétricos aletados: eficiência, custos, aspectos operacionais e ambientais. *Cadernos UniFOA*, v. 9, n. 1 (Esp.), p. 11–19, 2014. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/1176>. Acesso em 23 Nov. 2025.

ZANELLA, Kelen; FOIATO, Maiara; CARELLI, Jhulis Marina. Avaliação do desempenho térmico de coberturas com a substituição de manta térmica por embalagens Tetra Pak®. *Conhecimento em Construção*, v. 9, p. 53–74, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/conheconstr/article/view/30070>. Acesso em: 24 Nov. 2025.

APÊNDICE – LISTA DE TRABALHOS DO CORPO DOCUMENTAL DO ESTUDO

DA ROSA, Silvio Cesar Ferreira et al. Alumínio—uma análise do seu contexto histórico, da reciclabilidade à transmissão energética. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 4, p. e3610-e3610, 2024.

O alumínio tem sido na atualidade um dos metais, de fácil acesso, versáteis para aplicações e desenvolvimento de diversos produtos. Suas propriedades físicas e químicas o tornam uma escolha segura para situações que exigem resistência mecânica, leveza, boa condutividade elétrica e baixa suscetibilidade à corrosão. A partir de uma revisão de literatura, este artigo tem por objetivo fazer uma retomada do seu contexto histórico entregando ao leitor uma clara ambientação do seu desenvolvimento, ao passo que demonstra seus processos de transformação, além de seus usos e potencialidades. A partir de sua caracterização teórica, o alumínio de segunda geração, pós-reciclagem, tenta competir em igualdade com o alumínio de primeira geração, tendo ao seu favor a economia energética. O alumínio está claramente tomando o lugar do cobre, fato que ambientalmente é saudável levando-se em consideração a disponibilidade global de ambos os metais. Infelizmente, os processos de reciclagem não têm acompanhado a crescente evolução, deixando seus atores à margem da sociedade em muitos casos. Tornar estes processos eficientes, rápidos e agregar valor ao reciclado pode ser uma oportunidade para melhorar o contexto social de várias comunidades de catadores e recicladores. Como resultado desta pesquisa, conseguiu-se observar que: em função da necessidade do aumento da reciclagem e seu funcionamento em circuitos fechados para uma melhor qualidade do reciclado disponibilizado; além da necessidade do aumento da disponibilidade do alumínio de segunda geração; as novas tecnologias como: o reconhecimento visual eletrônico automático, voltado para a etapa da reciclagem; atomização e processos de

manufatura 3D, voltados para as etapas de produção; e a soldagem laser, voltada para a parte de união dentre partes, ou filamentos, podem propiciar, ao alumínio de segunda geração, qualidades técnicas muito próximas ao metal original.

MENDES, Daniel Bovo Lacerda Arnaud et al. Diagnóstico da valoração econômica dos resíduos sólidos de Campina Grande–PB, Brasil Diagnosis of economic valuation of solid waste from Campina Grande-PB, Brazil. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 4, p. 29949-29964, 2022.

A coleta seletiva, em conjunto com a reciclagem e reutilização dos materiais, gera benefícios ambientais, sociais e econômicos. O objetivo deste trabalho é realizar o diagnóstico da valoração econômica dos resíduos sólidos de Campina Grande – PB. Foi selecionado o método comparativo, realizando-se uma análise da valorização dos preços de materiais recicláveis nos períodos de 2013, 2014 e 2019, sendo os dados coletados por meio de pesquisas bibliográficas e documentais e visita técnica à Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA). Campina Grande apresenta cobertura da coleta de resíduos domiciliares referente à população urbana de 97%. No ano de 2014, foram coletadas 97.725,6 toneladas de resíduos sólidos domiciliares no município. A coleta seletiva é realizada pelas cinco associações e cooperativas presentes no município, com média diária de 222 kg no ano de 2018. Dentre os materiais recicláveis, o plástico é o mais produzido na cidade, com 22,25%, seguido do papel e papelão, com 11,89%. Existe dificuldade para estimar os preços, pois estes são definidos unilateralmente pelas indústrias. No município de Campina Grande – PB, o alumínio foi o material que mais se valorizou durante os anos analisados. A coleta seletiva não é obrigatória em Campina Grande

– PB e sabe-se que ela eleva o custo do manejo dos resíduos sólidos, porém sua função é essencial dentro da perspectiva sustentável.

NAIME, Roberto; ABREU, Eduardo Figueiredo; ABREU, James Nassarden de. Avaliação das condições de trabalho dos catadores da central de triagem de lixo do aterro sanitário de Cuiabá. *Uniciências*, v. 12, n. 1, 2009

Este trabalho apresenta um estudo sobre a aplicação da Técnica de Perícia Ambiental na Unidade de Reciclagem de Lixo no Aterro Sanitário de Cuiabá-MT. Os aterros sanitários são dispositivos indispensáveis e parte integrante de qualquer modelo de gerenciamento de lixo urbano. O estudo foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica e coleta de dados através de entrevistas, com aplicação de questionário junto aos trabalhadores da Central de Triagem de Resíduos do Aterro Sanitário de Cuiabá. Isso significa que, com os resíduos misturados — matéria orgânica juntamente com materiais perfurocortantes, cacos de vidro, latinhas de alumínio e garrafas PET —, os catadores ficam expostos a riscos inaceitáveis para conseguirem separar os resíduos que poderão ser transformados em renda ao serem destinados às atividades de reciclagem. O trabalho conclui pela necessidade de ampliar a proteção individual no que se refere à segurança do trabalho e implantar maneiras tecnologicamente adequadas de evitar os riscos aos quais os trabalhadores da cooperativa estão expostos. A implantação de sistemas de coleta seletiva, ainda que por bairros, iniciando pelos bairros de elite, que possuem maior quantidade de resíduos sólidos secos ou recicláveis, e destinando esses resíduos sólidos apenas para a atividade de triagem, diminuiria enormemente os riscos de acidentes e aperfeiçoaria significativamente os resultados alcançados pela cooperativa, melhorando a renda e a qualidade de vida de todas as populações envolvidas nesses processos. Esse raciocínio simples precisa ser exercido por todos os atores vinculados ao processo, não existindo razões de qualquer outra natureza que possam se sobrepor à melhoria da qualidade de vida, não apenas dos catadores, mas de todos, uma vez que a coleta seletiva, ainda que parcial na cidade de Cuiabá, contribuiria

de forma significativa para a educação ambiental da população e para a economia de recursos naturais, à medida que aumentam as quantidades de resíduos reciclados.

CARAMES, Ruan Brum; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira; RODRIGUES, Glauco Oliveira. Desenvolvimento de um modelo computacional para avaliação dos efeitos da implantação e estímulo a práticas de reciclagem no município de Cacequi/RS. *Revista Produção Online*, v. 19, n. 4, p. 1289–1303, 2019

Este artigo objetiva demonstrar os impactos do estímulo à reciclagem dos resíduos sólidos urbanos produzidos no município de Cacequi. Utilizando-se de estudos sobre o tema e informações do próprio município, foram projetados cenários idealizados de reciclagem em um sistema de simulação computacional, com o objetivo de avaliar os resultados apurados e facilitar a tomada de decisão pelo Executivo Municipal. Foram projetados os seguintes cenários: 1) sem reciclagem; 2) 13% de reciclagem; 3) 30% de reciclagem; e 4) 40% de reciclagem. As simulações foram realizadas com base nos principais resíduos sólidos coletados pelos catadores, sendo eles plásticos, papéis, materiais ferrosos e alumínio. O objetivo principal está pautado na verificação dos resultados simulados nos cenários referentes a três fatores relacionados ao tema abordado: o custo total mensal da coleta de resíduos, o volume de resíduo sólido urbano gerado e o ganho potencial bruto com a reciclagem, fatores que possuem forte impacto socioambiental em função da redução do descarte de rejeitos e da inclusão social por meio da geração de emprego e renda.

DA SILVA, Isac Caetano et al. Embalagens Tetra Pak® e os desafios para o meio ambiente. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 8, n. 5, p. 1412–1429, 2022.

Estudam-se os desafios para a reciclagem e o reuso das embalagens Tetra Pak®. Os objetivos deste estudo são descrever a estrutura das embalagens Tetra Pak®, identificar e descrever os diferentes casos de ações de reuso e reciclagem desse produto no Brasil e, por fim, identificar

e descrever a percepção da população sobre o reuso ou a reciclagem desse tipo de embalagem. Como método, utilizou-se a revisão de literatura e elaborou-se também uma pesquisa de opinião com 50 participantes, a fim de identificar o conhecimento destes sobre ações de reuso e reciclagem da embalagem longa vida, bem como a opinião dos respondentes em relação a ações relacionadas ao reuso e à reciclagem desses materiais. Os resultados demonstraram que, no Brasil, existem iniciativas de reciclagem em empresas, principalmente com a destinação do alumínio e do papel. Entre as pesquisas analisadas, os resultados apontam o uso em telhados, isolantes térmicos em casas de madeira e outros objetos. Entre os participantes, alguns conhecem ações de reciclagem e reuso, porém não conseguem descartar corretamente esses resíduos devido à ausência de coleta seletiva, embora compreendam a necessidade de realizar a coleta adequada para que haja a destinação correta. Concluiu-se que há iniciativas que buscam solucionar a reciclagem e o reuso das embalagens Tetra Pak®, algumas ainda no campo experimental, o que pode ser precursor de um futuro menos agressivo ao planeta. Entendeu-se ainda que é necessário inovar nessas embalagens em dois sentidos: primeiramente, melhorando sua estrutura material para oferecer melhores alternativas de reciclagem e, em segundo lugar, educando a população e a gestão municipal para a adequação e destinação desses resíduos, buscando alternativas mais favoráveis ao meio ambiente.

SABEDOT, Sydney; PEREIRA, Tiago José. Desempenho ambiental dos catadores de materiais recicláveis em Esteio (RS). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 22, p. 103-109, 2017.

Parte dos resíduos sólidos recicláveis gerados nas cidades é coletada por catadores. Essa atividade é considerada informal, porém reconhecida como a base da cadeia produtiva da reciclagem. Este artigo apresenta uma investigação realizada com uma amostra de 29 catadores individuais no município de Esteio (RS), os quais foram submetidos a entrevistas estruturadas. Os dados obtidos foram tratados estatisticamente e confrontados com informações provenientes de pesquisas públicas disponíveis. Os resultados demonstraram que PET, alumínio, papel e papelão são os resíduos que mais atraem os catadores, que a média individual de coleta de recicláveis da amostra é de

aproximadamente 1.200 kg por mês e que as massas mínima e máxima de recicláveis para todos os catadores do município são, respectivamente, 102,5 e 257,3 t/mês. Esses resultados indicaram que o desempenho ambiental dos catadores é de 2,3 a 5,7 vezes superior quando comparado ao indicador da coleta seletiva formal do município de Esteio.

DE CAMPOS, Roger Francisco Ferreira; BORGA, Tiago. Caracterização gravimétrica do material reciclável destinado à Coocima pelo programa de coleta seletiva do município de Caçador-SC. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, p. 325–338, 2015

O impacto ambiental causado pelos resíduos sólidos tem se tornado um impasse para entidades públicas e privadas. Diante disso, este trabalho teve como objetivo a caracterização física e a composição gravimétrica dos resíduos recicláveis das áreas urbanas e rurais do município de Caçador-SC. O estudo foi realizado na Cooperativa Cidadania e Meio Ambiente, no período de 29/07/2013 a 30/08/2013. O volume total amostrado foi de 783,037 kg/mês, sendo 447,109 kg/mês provenientes da área urbana e 335,929 kg/mês da área rural. As áreas foram divididas em nove setores, correspondentes aos bairros e às linhas rurais do município, sendo realizadas cinco amostragens por setor. Com base nesses dados, a composição gravimétrica apresentou os seguintes percentuais: papel (10,538%), papelão (22,869%), Tetra Pak (7,647%), metal (3,048%), alumínio (2,961%), vidro (9,885%), plástico flexível (11,169%), plástico duro (13,150%), PET (6,862%), orgânico (2,942%), isopor (0,499%), eletrônico (0,643%), lâmpadas (0,566%), pilhas (0,420%), rejeito (3,242%) e sanitário (3,559%). Para a determinação da composição gravimétrica desses resíduos, seguiu-se a NBR 10007/04. A partir disso, foi possível realizar análises e cálculos referentes ao desvio padrão, à geração per capita do município e à média amostral de cada setor. Esses dados serão utilizados no Plano Municipal Integrado de Gestão de Resíduos do município de Caçador, que estabelecerá diretrizes relacionadas aos resíduos passíveis de reciclagem.

VENANCIO, Luis Carlos Alves; RABELO, Ana Beatriz Carvalho; CASTRO, Júlia Cruz. Análise das alternativas para reciclagem de resíduo de bauxita na cadeia industrial de ferro e

ação no Maranhão e Pará. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 4, p. e4349–e4349, 2024

A bauxita é um minério fundamental para a indústria no processo de obtenção do alumínio metálico e de seus derivados, possuindo grandes reservas em solo brasileiro. Seu resíduo é resultante do processo de produção de óxido de alumínio (Al_2O_3), no qual cerca de 90% é convertido em alumina e aproximadamente 10% é dissipado em outros setores da indústria, sendo o processo Bayer o mais utilizado devido ao seu baixo custo energético. Anualmente, cerca de 140 milhões de toneladas de resíduos de bauxita são geradas no mundo, formando estoques significativos. Para reduzir a emissão de gás carbônico (CO_2) proveniente do transporte rodoviário e minimizar os impactos ambientais, torna-se fundamental explorar alternativas que possibilitem o aproveitamento desse material em indústrias localizadas a menores distâncias, reduzindo os custos de transporte e as emissões de CO_2 . Este estudo busca identificar as melhores rotas de reciclagem de resíduos de bauxita na indústria de ferro e aço nos estados do Maranhão e Pará, por meio de revisões bibliográficas de artigos científicos. Dessa forma, os resultados das revisões indicam que o resíduo de bauxita pode atuar como uma fonte aditiva ou secundária de valor para a cadeia industrial.

DA SILVA, Ítalo Vidal et al. Eletrodos recicláveis de alumínio empregados no processo de eletrofloculação/eletrocoagulação de água oleosa. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 22, n. 5, p. e4644–e4644, 2024.

O descarte de efluentes industriais representa uma preocupação crescente devido aos impactos que podem causar ao meio ambiente, especialmente pela presença de resíduos oleosos, que apresentam elevado potencial de contaminação de corpos hídricos. Cada país estabelece seus próprios padrões de qualidade para o descarte de efluentes e, para atender a esses requisitos, os setores industriais aplicam diferentes técnicas e métodos de tratamento. Neste estudo, aplicou-se o tratamento por eletrofloculação ou eletrocoagulação no tratamento de água residual oleosa, utilizando eletrodos de alumínio produzidos a partir de latas de alumínio recicladas e um reator de vidro confeccionado

com vidro sucateado, visando à remoção de turbidez, da demanda química de oxigênio (DQO) e do teor de óleos e graxas (TOG). Os experimentos foram realizados em triplicata, à temperatura ambiente, com volume de trabalho de 2,5 L, tempo de imersão de 30 minutos, corrente contínua e duas variações de tensão, 5 V e 12 V. Obtiveram-se remoções de turbidez de 84,31% e 99,84%, DQO de 38,97% e 54,74% e TOG de 98,10% e 99,68% para as tensões de 5 V e 12 V, respectivamente. As reduções nos teores de óleos e graxas obtidas enquadraram-se nos padrões de qualidade da água e nos limites estabelecidos para lançamento em corpos hídricos, demonstrando que a utilização de materiais provenientes da reciclagem para a promoção dos processos de eletrofloculação constitui uma alternativa sustentável para a aplicação do método.

VIANNA, Yuri Tavares et al. Alumínio e ferro fundido na produção de carcaças de motores elétricos aletados: eficiência, custos, aspectos operacionais e ambientais. *Cadernos UniFOA*, v. 9, n. 1 (Esp.), p. 11–19, 2014

As superfícies estendidas, conhecidas como aletas, são utilizadas para aumentar o tempo de vida médio de motores elétricos por meio da melhoria da troca de calor. Motores com diferentes potências utilizam carcaças distintas em função de suas dimensões. Neste estudo, realizou-se uma análise comparativa, determinando-se os custos por unidade de peso relacionados às carcaças de motores elétricos com potências variadas, bem como a quantidade de material utilizada em cada situação analisada, considerando dois tipos de materiais: alumínio e ferro fundido. Esses materiais são comumente empregados na confecção de carcaças de motores elétricos e influenciam diretamente o tempo de vida médio dos equipamentos, que é função das eficiências térmicas associadas às superfícies estendidas utilizadas. Motores aletados com superfícies estendidas distintas apresentam custos operacionais diferentes, uma vez que a eficiência térmica altera o tempo de vida médio do equipamento. Foram utilizados dados reais de um motor elétrico Weg, modelo W21, amplamente empregado na indústria para o acionamento de bombas, ventiladores, exaustores, britadores, moinhos, talhas, compressores e outras aplicações. Efetuou-se uma análise comparativa de custos em relação aos materiais utilizados em motores com até 15 cv, com o objetivo de determinar o motor aletado com melhor desempenho e o

custo operacional mais adequado para uso prático. A escolha do material foi justificada por meio de resultados gráficos e numéricos, que evidenciaram as diferenças de desempenho entre os materiais analisados. Aspectos relacionados à preservação ambiental também foram avaliados e, nesse contexto, o alumínio mostrou-se mais adequado, uma vez que sua reciclagem evita a extração da bauxita, mineral utilizado na fabricação da alumina, posteriormente transformada em liga de alumínio.

HISATUGO, Erika; MARÇAL JÚNIOR, Oswaldo. Coleta seletiva e reciclagem como instrumentos para conservação ambiental: um estudo de caso em Uberlândia, MG. *Sociedade & Natureza*, v. 19, p. 205–216, 2007.

Um dos maiores problemas dos centros urbanos é a destinação final dos resíduos sólidos, situação agravada pelo modelo capitalista de produção e consumo. A coleta seletiva e a reciclagem de materiais estão entre as principais soluções para esse problema. Este estudo teve como objetivo determinar a quantidade de materiais coletada por uma das empresas de coleta seletiva da cidade de Uberlândia (MG) e avaliar os ganhos ambientais potenciais decorrentes desse processo. No período de 2001 a 2004, as atividades da empresa foram acompanhadas pela pesquisadora, que também teve acesso aos registros referentes à separação, classificação e pesagem dos materiais. Foram realizados cálculos de economias potenciais de energia e de recursos naturais. No total, foram coletadas 4.727,74 toneladas de materiais recicláveis. A média anual de alumínio desviado do aterro foi de 8,22 t/ano, o que proporcionaria uma economia de 41,1 t de bauxita. O peso médio anual de papel coletado foi de 804,26 t/ano, possibilitando uma economia de água de 19.571,63 mil litros por ano. O peso médio anual de plástico foi de 369,51 t/ano, destacando-se que a reciclagem de plásticos proporciona economia de um importante recurso não renovável: o petróleo. Os resultados indicam que a coleta seletiva de

materiais e sua reciclagem podem oferecer ganhos econômicos e ambientais significativos para a cidade de Uberlândia.

ZANELLA, Kelen; FOIATO, Maiara; CARELLI, Jhulis Marina. Avaliação do desempenho térmico de coberturas com a substituição de manta térmica por embalagens Tetra Pak®. *Conhecimento em Construção*, v. 9, p. 53–74, 2022.

Conforto térmico é o termo utilizado para descrever a satisfação de um ser humano em determinado espaço em relação à temperatura do ambiente. Uma das formas de garantir esse conforto consiste no uso de mantas térmicas em coberturas, associadas a tipos de telhas que auxiliem nesse processo. O objetivo deste estudo foi avaliar a utilização de embalagens Tetra Pak® como substitutas das mantas térmicas comercializadas em lojas de materiais de construção. Para isso, foram confeccionadas placas com embalagens dispostas em diferentes posições, com a face aluminizada voltada para cima, para baixo e de forma intercalada, utilizando diferentes tipos de união, como colagem, grampeamento e costura, além da aplicação de uma e duas camadas. Também foram empregadas diferentes tipologias de telhas, sendo elas cerâmicas, de fibrocimento e metálicas. Para fins de comparação, realizou-se ainda o teste com a manta térmica dupla face disponível no mercado local. Os ensaios de medição de temperatura foram realizados em protótipos, utilizando-se um termo-higrômetro digital, com medições das temperaturas internas e externas durante três dias para cada simulação, em cinco horários distintos por dia. Os resultados foram positivos quando comparadas as placas confeccionadas com embalagens Tetra Pak® à manta aluminizada comercial. A avaliação indicou que a melhor combinação para obtenção de conforto térmico ocorreu com as embalagens coladas entre si para formar a placa e com a face aluminizada voltada para cima, no sentido da telha. Nessa configuração, a diferença entre as temperaturas externa e interna foi de aproximadamente 7,7 °C, enquanto a manta dupla face comercial apresentou redução de 6,9 °C. Observou-se ainda que, independentemente da disposição das embalagens e do tipo de telha utilizada, seu uso pode proporcionar maior conforto

térmico no verão, além de se configurar como uma alternativa sustentável, em razão da reciclagem das embalagens.

PORTELA, Carolina Inácio; CHO, Liu Yao; LIU, Andrea Santos. Extração de Aluminato de Embalagens Plásticas Metalizadas. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba, 2016.

O crescente uso de embalagens plásticas metalizadas, como as do tipo Tetra Pak®, gera desafios ambientais devido à dificuldade de reciclagem causada pela estrutura multicamadas desses materiais. O estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar um método para a extração do aluminato presente nessas embalagens, visando a recuperação do alumínio e o reaproveitamento dos demais componentes. O processo envolveu etapas de separação físico-química, permitindo a obtenção do aluminato de forma eficiente. Os resultados demonstraram que a técnica aplicada possibilita a recuperação do alumínio com potencial de reaplicação industrial, além de reduzir o volume de resíduos destinados a aterros sanitários. Dessa forma, o método apresenta-se como uma alternativa viável e ambientalmente adequada para o tratamento de embalagens plásticas metalizadas, contribuindo para a valorização de resíduos e para a economia circular.

GRILLO, Fernanda; MATOSKI, Adalberto; ALBERTI, Mauro Edson. Caracterização de geopolímeros elaborados com resíduos de vidro e lodo de anodização Characterization of geopolymers made with glass residues and anodizing sludge. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 6, p. 60707-60725, 2021.

A reciclagem de resíduos industriais é uma prática importante para a sustentabilidade, pois ameniza o impacto ambiental. Assim, o objetivo desse trabalho é a caracterização de um material cimentante, utilizando como matérias-primas resíduos industriais. Nessa pesquisa foram utilizados os resíduos gerados na indústria do vidro, lodo de anodização do alumínio e um filler mineral. Para obtenção do meio alcalino foi usada solução de hidróxido de sódio e silicato de sódio. As análises envolvidas no processo de caracterização dos insumos e mistura foram: granulometria, porosidade, fluorescência de raios X (FRX), difração de raios X (DRX)

e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Foram realizados ensaios de resistência à compressão nas amostras para avaliar o grau de polimerização, tendo em vista que, quanto maior a resistência, mais polimerizada é a estrutura. Com 90 dias de cura em temperatura ambiente, os corpos de prova atingiram uma média de resistência à compressão de 17,8 MPa. Em cura térmica após 7 dias obteve-se 31,5 MPa. Em ensaios DRX, os geopolímeros apresentaram estrutura amorfa e configurações semelhantes às fases cristalinas provenientes das matérias-primas.