



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

Escola de Minas

Departamento de Engenharia de Produção

Trabalho Final de Graduação



## **A RECICLAGEM DO ALUMÍNIO: CAMINHO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**Leonardo Vieira da Costa**

**Ouro Preto**

**2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

Escola de Minas

Departamento de Engenharia de Produção

Trabalho Final de Graduação



## **A RECICLAGEM DO ALUMÍNIO: CAMINHO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

***LEONARDO VIEIRA DA COSTA***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino

OURO PRETO

2021



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Leonardo Vieira da Costa**

### **A reciclagem do alumínio: caminho para o desenvolvimento sustentável**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia da Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 06 de dezembro de 2021

#### Membros da banca

DSc - Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)

DSc - Gustavo Nikolaus Pinto de Moura - (Universidade Federal de Ouro Preto)

DSc - Magno Silvério Campos - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 06/12/2021



Documento assinado eletronicamente por **Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/01/2022, às 17:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Magno Silvério Campos, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/01/2022, às 11:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Nikolaus Pinto de Moura, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/01/2022, às 11:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0258236** e o código CRC **255EABB1**.

## RESUMO

Diante de um cenário empresarial cada vez mais competitivo, o empreendedorismo e a capacidade de tomar decisões estratégicas são fatores determinantes para o sucesso de um negócio. Possuir o discernimento para entender que a hora da mudança chegou e ter a capacitação e coragem para realizar essa mudança através de soluções criativas são características de uma gestão estratégica. O correto posicionamento mercadológico é imprescindível para que a empresa se mantenha competitiva e ganhe mercado. Se isso significa mudar todo o processo produtivo da empresa, criar um novo produto, esta é a decisão a ser tomada. Empresas que não inovam, permanecem paradas no tempo, não se adaptam às frequentes mudanças do mercado, correm o risco de tornarem-se obsoletas, perderem mercado e fracassarem. Atualmente, outro aspecto que confere às empresas uma vantagem competitiva é adotar uma postura de responsabilidade em relação ao meio ambiente. Uma ótima maneira de aplicar esse conceito a uma atividade empresarial é introduzir em seu processo produtivo uma matéria prima proveniente de materiais recicláveis. A aliança entre um correto posicionamento de mercado e uma postura de consciência ambiental constitui, sem dúvida, uma forte estratégia empresarial.

Deste modo, este trabalho vem a descrever toda a cadeia produtiva do alumínio no modelo utilizado deste a extração da bauxita até a obtenção do alumínio líquido e a mudança deste mercado para a obtenção deste mesmo produto com foco na reciclagem de latas de alumínio da reciclagem das latas de alumínio. Ele descreve como a logística reversa e a reciclagem tem gerado uma solução para a indústria, diminuindo os custos operacionais, transformando a cadeia produtiva do alumínio de forma sustentável ambiental e social. Com parcerias firmadas entre governo e empresas foi criado o termo de compromisso visando o percentual de reciclagem acima de 95%. A indústria incentiva o desenvolvimento de pesquisas, novas técnicas produtivas, criação de centros especializados em coleta seletiva e apoio as associações de catadores de latinhas. Estas ações passam a ter resultados diretos na sociedade e no meio ambiente. Famílias são beneficiadas por um mercado que valoriza o resíduo importante como matéria prima ao processo produtivo e reduz os efeitos nocivos causados da exploração da bauxita até a produção do alumínio primário com redução de produtos nocivos a atmosfera e contaminação de solos.

**Palavras-chaves:** Alumínio, Reciclagem, Sustentabilidade, Responsabilidade Ambiental e Social.

## ABSTRACT

Faced with an increasingly competitive business scenario, entrepreneurship and the ability to make strategic decisions are determining factors for the success of a business. Having the discernment to understand that the time for change has arrived and having the training and courage to make that change through creative solutions are characteristics of strategic management. The correct market positioning is essential for the company to remain competitive and gain market. If that means changing the company's entire production process, creating a new product, this is the decision to be made. Companies that do not innovate, remain stuck in time, do not adapt to the frequent changes in the market, run the risk of becoming obsolete, losing market and failing. Currently, another aspect that gives companies a competitive advantage is to adopt a responsible attitude towards the environment. A great way to apply this concept to a business activity is to introduce raw materials from recyclable materials into your production process. The alliance between a correct positioning of the market and an attitude of environmental awareness is undoubtedly a strong business strategy.

Thus, this work describes the entire aluminum production chain in the model used from bauxite extraction to liquid aluminum and the change in this market to obtain this same product with a focus on recycling aluminum cans. He describes how reverse logistics and recycling have generated a solution for the industry, reducing operating costs, transforming the aluminum production chain in an environmentally and socially sustainable way. With partnerships signed between the government and companies, the term of commitment was created aiming at the recycling percentage above 95%. The industry encourages the development of research, new production techniques, creation of centers specialized in selective collection and support to associations of can collectors. These actions have direct results in society and the environment. Families benefit from a market that values important waste as a raw material for the production process and reduces the harmful effects caused from the exploration of bauxite to the production of primary aluminum, reducing harmful products to the atmosphere and soil contamination.

**Keywords:** Aluminum, Recycling, Sustainability, Environmental and Social Responsibility

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Figuras

Figura 1: Percentual de municípios brasileiros que destinam seus resíduos sólidos urbanos para lixão/ aterro controlado e aterro sanitário, em 2010 e 2018.....	17
Figura 2: Produção estimada de alumínio primário em 2017.....	24
Figura 3: Fluxograma simplificado do Processo Bayer.....	31
Figura 4: Fluxo de produção de alumina primária.....	33
Figura 5: Relação, em toneladas, de bauxita/ alumina/ alumínio metálico produzido.....	34
Figura 6: Consumo doméstico de alumínio por segmento de aplicação em 2019 (1.485,6 mil toneladas).....	35
Figura 7: Peso da energia elétrica adquirida pela indústria no custo total de produção do alumínio primário, em (%)......	39
Figura 8: Índices mundiais de reciclagem da lata de alumínio para bebidas - 1991 a 2016.....	42
Figura 9: Índice de Reciclagem de Latas de Alumínio para Bebidas: 2009 a 2019. .	42
Figura 10: Etapas do processo de reciclagem das latas de alumínio.....	43
Figura 11: Contribuição das etapas de produção nas emissões de CO <sub>2</sub> eq/t Al.....	48

### Tabelas

Tabela 1: Índice de reciclagem de resíduos secos provenientes de embalagens....	18
Tabela 2: Empresas do setor brasileiro de alumínio em 2019.....	25
Tabela 3: Perfil da indústria brasileira do alumínio.....	26
Tabela 4: Balança comercial do Brasil: exportação e importação.....	28
Tabela 5: Impactos ambientais da reciclagem do alumínio.....	47
Tabela 6: Redução de impacto ambiental em relação ao cenário sem reciclagem. .	48

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>06</b>
1.1 Objetivos.....	09
1.2 Justificativa.....	09
1.3 Estrutura do Trabalho e metodologia apresentada.....	10
<b>2. Aspectos gerais da sustentabilidade ambiental e a importância da reciclagem.....</b>	<b>10</b>
2.1 Sustentabilidade ambiental: conceito e importância.....	13
2.2 O papel da reciclagem na contribuição para uma sociedade sustentável.....	15
<b>3. A indústria do alumínio.....</b>	<b>20</b>
3.1 Breve histórico da produção de alumínio primário no Brasil.....	20
3.2 Perfil da indústria do alumínio no mundo e no Brasil.....	23
<b>4. Produção de alumínio: processos produtivos, principais aplicações e impactos.....</b>	<b>30</b>
4.1 Mineração da bauxita.....	30
4.1.1 Processo Bayer: o refino da alumina.....	31
4.1.2 Processo Hall-Héroult: redução da alumina.....	32
4.1.3 Aplicações do alumínio.....	33
4.2 Impactos ambientais da produção de alumínio.....	35
4.3 A relação entre energia e produção de alumínio.....	37
<b>5. A indústria de reciclagem de alumínio e sua contribuição para a sustentabilidade socioambiental.....</b>	<b>40</b>
5.1 Etapas do processo de reciclagem do alumínio.....	41
5.1.1 A cadeia de reciclagem do alumínio.....	41
5.2 Economia de eletricidade com a reciclagem do alumínio.....	45
5.3 A contribuição da reciclagem do alumínio na redução dos impactos ambientais.....	47
5.4 Aspectos sociais da reciclagem de alumínio no Brasil.....	49
5.4.1 Os catadores e a reciclagem de alumínio.....	50
<b>6. Conclusões.....</b>	<b>53</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>55</b>

## 1. Introdução

Esse capítulo introdutório irá apresentar como se dá o processo de reciclagem das latinhas de alumínio, bem como o compromisso sustentável assumido pela empresa com o meio ambiente e o desenvolvimento social. A necessidade imposta pelas relações econômicas de aumento da produtividade industrial tem contribuído para a ampliação do abismo existente entre progresso e preservação ambiental.

Percebe-se um aumento constante da destruição do meio ambiente, desencadeado pelo crescimento desenfreado das cidades e suas indústrias, do alto número de veículos, do aumento populacional nos grandes centros urbanos ou do consumo massivo de produtos não renováveis que causam poluição no ar, no solo e nas águas, aumentando a quantidade de resíduos inorgânicos e de natureza orgânica. O desenvolvimento é de suma importância para a humanidade, no entanto, o ser humano precisa respeitar o meio ambiente.

O alumínio é o terceiro elemento mais encontrado na crosta terrestre, com propriedades de leveza, boa condutividade elétrica, grande resistência à corrosão e baixo ponto de fusão, o que permite que seja usado de forma extensiva para a produção de diversos itens, tais como ligas metálicas e laminados. Levando em conta a sua quantidade e o valor do metal empregado, o alumínio é um material importante em diversas atividades econômicas, como no tratamento de água e nas indústrias metalúrgica, aeronáutica, farmacêutica e alimentar.

O alumínio é uma *commodity* global, com uma produção mundial de alumínio primário em 2016 com cerca de 57 milhões de toneladas e cerca de 70% está localizada na China, Rússia e Canadá. Pelas suas características de produção e utilização, essa indústria requer uma perspectiva de ciclo de vida para abordar adequadamente as questões de sustentabilidade.

A expectativa é que a demanda global de alumínio, que em 2016 foi de 58 milhões de toneladas, continue crescendo, impulsionada principalmente pela China e também pelos outros países asiáticos, que continuará com presença significativa no total de alumínio produzido.

Nesse sentido, a demanda global de alumínio continuará crescendo, influenciada não só pelas aplicações tradicionais relacionadas ao crescimento e



infraestrutura, mas também pelo aumento de sua utilização em mercados que valorizam materiais leves e de bom acabamento.

Em um contexto de grandes transformações, há cada vez mais a permanente demanda por alternativas mais sustentáveis, especialmente diante do aumento populacional e urbanização. Neste ambiente, o alumínio aparece como uma solução para um futuro sustentável e de baixas emissões de carbono.

O alumínio no Brasil é importante como uma indústria que reúne as condições para ser protagonista no fornecimento de soluções para uma economia de baixo carbono, tais como: energia de origem predominantemente hidrelétrica, com baixíssimas taxas de emissões de gases de efeito estufa; indústria mineradora de bauxita responsável; indústria primária e de transformação operando com padrões e desempenho de classe mundial; altas taxas de reciclagem de alumínio; baixa utilização de carbono em nossos produtos de alumínio.

Contudo, apesar de o Brasil reunir as vantagens competitivas fundamentais – bauxita de ótima qualidade e energia limpa e renovável o país tem perdido sua competitividade, devido ao aumento do custo de energia, em função de fatores macroeconômicos, aumento de encargos e falta de uma política de longo prazo para o setor. Diante da demanda por produtos transformados e fechamento de capacidade de produção de alumínio primário, o Brasil tornou-se um importador do metal, comprometendo a competitividade da cadeia.

Apesar da conjuntura atual desfavorável, a produção de alumínio no Brasil, pode apresentar perspectivas de retomada de investimentos, que dependerão da recuperação do crescimento no país e de políticas e ações conjuntas que encontrem maneiras de melhor aproveitar os recursos naturais disponíveis para valorizar nossas vantagens competitivas, como a energia limpa e renovável.

A indústria de alumínio é fundamental para o Brasil, que aspira no longo prazo entrar no grupo de economias desenvolvidas. A transformação da bauxita em alumínio primário é o processo industrial que mais utiliza energia no mundo.

Em relação ao processo de reciclagem, o Brasil é exemplo para o mundo no reaproveitamento da latinha e do alumínio em si. Mais da metade do metal consumido no país (56%) vem da reciclagem, o que o coloca bem acima da média mundial (25,9%) – índices de 2018 (ABRALATAS, 2020).

Toda e qualquer organização em seu planejamento estratégico deve pensar no futuro, percebendo que o resultado se dará conforme as ações do presente. O

futuro deve ser moldado por meio das ações e decisões do governo, das empresas e da própria sociedade. Isso demonstra que as mudanças no presente geram impactos positivos (ou não) para as gerações futuras. Senge (2009) aponta três caminhos possíveis para um futuro sustentável:

- (a) as mudanças baseiam-se em novas maneiras de pensar;
- (b) as instituições, trabalhando em conjunto, são fundamentais;
- (c) não é possível ignorar as necessidades das gerações futuras, com foco só no presente.

Dessa forma, a reciclagem do alumínio (em especial, das latinhas), tornou-se um importante mecanismo de encontrar soluções sustentáveis, a partir da visão da oportunidade do negócio no presente, associada à contribuição para a preservação ambiental e o compromisso com as gerações futuras.

Machado *et al.* (2011) apresentam as inúmeras vantagens de se fazer a reciclagem do alumínio primário, destacando:

1. Economia de energia: para se produzir o alumínio por meio da bauxita, há o consumo de grandes quantidades de energia, seja elétrica ou de combustíveis fósseis. Em relação à reciclagem do alumínio, consome-se apenas 5% de energia para a produção do alumínio primário.
2. Redução da eliminação de resíduos no meio ambiente: todo o processo de produção de alumínio primário acaba produzindo muitos resíduos sólidos, especialmente na etapa de purificação da alumina. A reciclagem gera resíduos, porém 90% menos do que na cadeia de produção do alumínio primário, desde a exploração do minério.
3. Redução da emissão de gases pois a produção do alumínio exige uma mina para extrair a bauxita e todo o processo de extração exige maquinários e equipamentos que contribuem para emissão de gases.
4. Sustentabilidade: o ato de reciclagem é um caminho ecologicamente necessário diante da alta taxa de resíduos produzidos e lançados na natureza.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo principal**

Apresentar a reciclagem do alumínio como um caminho para o desenvolvimento sustentável.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Compreender os principais aspectos da sustentabilidade ambiental e a importância da reciclagem;
- Traçar o histórico da indústria do alumínio;
- Apresentar a produção de alumínio com seus processos produtivos, principais aplicações e impactos;
- Apresentar a indústria de reciclagem de alumínio e sua contribuição para a sustentabilidade socioambiental

## **1.2 Justificativa**

O presente trabalho se justifica diante da constante preocupação com o meio ambiente, levando-se em conta a necessidade de usar os recursos de maneira sustentável, pensando na proteção do meio ambiente, na atualidade e também para as gerações futuras.

Com a reciclagem do alumínio, obtêm-se inúmeras vantagens, a saber: economia de energia, redução de eliminação de resíduos no ambiente, redução da emissão de gases do efeito estufa, redução do custo de produção, sustentabilidade, dentre outros.

A demanda global de alumínio continuará promissora, influenciada não só pelas aplicações tradicionais relacionadas ao crescimento e infraestrutura, mas também, e cada vez mais, pelo aumento de sua utilização em mercados responsáveis com as gerações futuras.

A produção de alumínio no Brasil, apesar da conjuntura atual desfavorável, pode apresentar perspectivas de retomada de investimentos, que dependerão da recuperação do crescimento no País e de políticas e ações conjuntas que encontrem maneiras de melhor aproveitar os recursos naturais disponíveis para valorizar nossas vantagens competitivas, como a energia limpa e renovável.

### **1.3 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho de investigação encontra-se estruturado em seis capítulos, com temáticas específicas relativas aos objetos de estudo, com tópicos que descrevem a importância da reciclagem e a sustentabilidade ambiental como formas de buscarmos um mundo capaz de sustentar a vida humana. O trabalho descreve a indústria do alumínio desde a sua extração do minério bauxita, passando pela transformação deste minério e alumina e posteriormente em alumínio líquido através dos processos produtivos específicos de cada etapa bem como todo impacto ambiental das etapas de cada processo. Por fim, vai descrever o quanto a reciclagem tem contribuído para o meio ambiente e para a vida de pessoas que dependem deste comércio de latas. Para a execução deste trabalho foram utilizados dados da associação brasileira de alumínio (ABAL), da associação brasileira de latas (abralatas) e os dados do ministério do meio ambiente assim como o programa de nacional de resíduos sólidos para justificar não só economicamente mas a responsabilidade da sociedade para um mundo melhor através de práticas menos agressivas ao meio ambiente.

## **2. Aspectos gerais da sustentabilidade ambiental e a importância da reciclagem**

Percebe-se que apesar de haver uma maior consciência ambiental, há ainda um aumento constante da destruição do meio ambiente, desencadeado pelo crescimento desenfreado das cidades e suas indústrias, do alto número de veículos, do aumento populacional nos grandes centros urbanos e do consumo massivo de produtos não renováveis que causam poluição no ar, no solo e nas águas, aumentando a quantidade de poluentes. O desenvolvimento tecnológico é de suma importância para a humanidade, e o ser humano precisa aceitar que o caminho para um futuro melhor depende do respeito ao meio ambiente.

Quando se observa a realidade cotidiana, com o constante crescimento do consumo, das aglomerações urbanas, das indústrias e do número de veículos, constata-se enormes e, por muitas vezes, irreparáveis danos para o ar atmosférico, o solo e as águas. Em meio a tanta modernidade, nem sempre o ser humano respeita o meio ambiente no processo de desenvolvimento tecnológico e de crescimento econômico.

Com o processo de intensificação da industrialização e o conseqüente aumento da capacidade de intervenção do homem na natureza, o problema ambiental na Terra tornou-se mais agravado, o que se percebe pelo crescente número de desastres ambientais. Após a Revolução Industrial (séc. XVIII), o nível de problemas gerados pelas atividades humanas e suas concentrações urbanas foram gigantes e isso acabou fazendo com que muitas pessoas passassem a desenvolver um processo de conscientização diante da multiplicação dos efeitos negativos no meio ambiente.

Segundo Barbieri (2001), a chamada “Era Industrial” alterou o modo de produção, pois ela trouxe técnicas produtivas intensivas para atender a mercados de grandes dimensões, de modo que a exploração dos recursos e a descarga de resíduos no ambiente natural cresceram a ponto de ameaçar a possibilidade de subsistência dos povos atuais e das gerações futuras.

Sendo assim, no final no século XX, a preocupação com as questões ambientais estendeu-se para todos os âmbitos da sociedade: econômico, político, social, científico e tecnológico, de tal modo que se tornou indiscutível a existência de uma crise ecológica marcada especialmente pelos problemas globais, que se agravam com o aquecimento global, as mudanças climáticas, a diminuição da

biodiversidade, a ameaça aos ecossistemas, a contaminação do ar, dos solos e da água (DIAS, 2007).

Dias (2007) apresenta as causas dos principais problemas ambientais como decorrentes do aumento significativo da população, do consumo individual abusivo das pessoas, bem como do uso de processos e tecnologias de produção incompatíveis com a preservação dos recursos naturais, criando uma visão distorcida que a exploração industrial do meio ambiente de modo exacerbado não esgotam os recursos naturais, estando estes sempre à disposição do ser humano para serem explorados.

Soma-se a questão de as sociedades se desenvolverem por meio do crescimento contínuo e desenfreado do consumo e esse modelo requer uma infinidade de meios de produção, logísticos e de gestão de recursos. No entanto, a exploração dos bens naturais essenciais à manutenção de uma sociedade consumista ultrapassa as capacidades limitadas da natureza. Além do mais, grande parte dos problemas ambientais são causados pelos países desenvolvidos.

Conforme as discussões da ONU, na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972, concluiu-se que os níveis de industrialização, produção de alimentos e exploração de recursos minerais se continuassem a ser mantidos no ritmo acelerado, o limite de desenvolvimento, conforme vinha sendo realizado, seria esgotado, causando a redução da população mundial e da capacidade industrial. Nesse sentido, Dias (2011) destaca que o ser humano gerou os meios que podem levá-lo à sua própria extinção. O homem sem predadores naturais torna-se, como expressava Thomas Hobbes, o *lobo de si mesmo*.

O crescimento econômico desordenado caracterizado pelo uso de grandes quantidades de energia e de recursos naturais, acaba por configurar uma realidade de degradação contínua do meio ambiente. Todos esses problemas ambientais podem ter sido agravados por meio de uma concepção em que se vê o ser humano separado dos outros elementos da natureza. Para Barbieri (2011), foi o aumento da escala de produção e do consumo que provocaram o aumento dos problemas ambientais experimentados pelas gerações atuais.

A partir da década de 1970, diante dos processos de deterioração ambiental e a possibilidade de esgotamento dos recursos naturais tornaram-se mais evidentes,

começa-se a questionar e a refletir sobre o modo de agir do humano frente às questões ambientais.

A fim de conter essa realidade de degradação ambiental, no ano de 1987, a ONU publicou um relatório elaborado pela Comissão sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Comissão Brundtland), intitulado por “*Nosso Futuro em Comum*”. Esse relatório parte de uma visão complexa das causas dos problemas socioeconômicos e ecológicos da sociedade, destacando a interligação existente entre economia, tecnologia, sociedade e política, chamando a atenção para a necessidade de uma postura ética, responsável entre as gerações e os membros da sociedade atual. Diversas medidas e metas a serem cumpridas a nível internacional foram definidas, dentre as quais destacam-se algumas (DIAS, 2007):

- a) os países devem promover e adotar a estratégia do desenvolvimento sustentável;
- b) a ONU deve incentivar e promover a implantação de programas visando o desenvolvimento sustentável;
- c) deve-se promover a diminuição da geração de resíduos e do consumo de energia e o desenvolvimento de tecnologias que admitem o uso de fontes energéticas renováveis.

No Brasil, a questão do desenvolvimento sustentável foi impulsionada a partir da década de 1990, diante da evolução da discussão e preocupação com a preservação do meio ambiente e com as condições sociais e econômicas da sociedade, como resultado, principalmente, da realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, na cidade do Rio de Janeiro, em 1992, ocasião em que a proposta do modelo de desenvolvimento sustentável tornou-se mundialmente conhecida.

## **2.1 Sustentabilidade ambiental: conceito e importância**

No relatório *Nosso Futuro Comum*, da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987), é apresentada a base para o modelo de desenvolvimento sustentável - “*é aquela que atende às necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras a atenderem as suas próprias necessidades*”, a qual engloba o conceito de necessidades básicas das gerações atuais e ao mesmo tempo limitação dos recursos naturais, uma vez que propõe a solidariedade

para com as futuras gerações. Diante dessa realidade, deve-se ter em mente a necessidade de promover o desenvolvimento sustentável, que busca a garantia de que todos tenham acesso aos bens da natureza, para atender suas necessidades básicas, o que pressupõe, inclusive, o fim da pobreza, a redução da poluição ambiental e a diminuição do desperdício no uso de recursos naturais.

As análises e recomendações da Comissão Brundtland e da Agenda 21, apresentada na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992), estão centradas nas dimensões ambientais, econômicas e sociais, o que pode ser evidenciado, por exemplo, a partir dos temas de alguns de seus capítulos, como destacado a seguir:

*Capítulo 7: Promoção do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos;*

*Capítulo 18: Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos;*

*Capítulo 21: Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos.*

Em 1997 foi realizada, na cidade de Tessalônica, na Grécia, a Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Conscientização Pública para a Sustentabilidade, mostrando, assim, a necessidade da união entre as práticas de educação ambiental e a busca pelo desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, ao se propor o conceito de sustentabilidade, busca-se configurar a sociedade, de modo que a economia preencha suas necessidades no presente e ao mesmo tempo o homem possa agir de modo a preservar a biodiversidade e os recursos naturais, pensando nas gerações futuras.

Do ponto de vista empresarial, para que as empresas adotem em suas atividades a sustentabilidade ambiental, é preciso que exercitem a responsabilidade socioambiental e a prevenção dos riscos ambientais decorrentes das mesmas. Isso é de suma importância, pois a organização voltada para a sustentabilidade preocupa-se não somente com o lucro, mas também com as questões ambientais e sociais. Para Marcondes (2007), *o agir sustentável deve se tornar uma espécie de suporte para o dia a dia das organizações.*

Conforme Dias (2006), do ponto de vista econômico, a sustentabilidade faz com que as empresas desenvolvam ações que se tornam economicamente mais



viáveis. Em termos sociais, a organização deve gerar melhores condições de trabalho, procurando contemplar a diversidade cultural presente no contexto da localidade em que está inserida, atentando-se para as questões socioculturais da comunidade onde desenvolve sua atividade produtiva. Em relação à questão ambiental, as empresas devem fazer com que seus processos produtivos sejam ecoeficientes, a fim de desenvolver uma cultura ambiental com responsabilidade, além de participar de atividades voltadas para essa temática.

Conforme se pode perceber, a partir do relatório Nosso Futuro Comum, para que a sustentabilidade ambiental seja atingida, é preciso não colocar em risco os elementos naturais que sustentam o ecossistema natural: o ar, os solos, as águas e os seres vivos, por meio do uso de tecnologias que reduzam os impactos ambientais, propiciando, quando for possível, substitutos para esses recursos.

De acordo com a Agenda 21 (1996), a sustentabilidade está ligada com os padrões de consumo e a produção sustentáveis, de modo a reduzir as pressões ambientais, o esgotamento dos recursos naturais e a poluição. Os governos devem trabalhar juntamente com as organizações para promover a gestão de descartes de resíduos, por meio da reutilização, do reaproveitamento e/ou da reciclagem, inclusive nos processos industriais, incentivando a introdução de novos produtos que sejam ambientalmente saudáveis. Sachs (1993) relaciona o conceito de sustentabilidade ambiental pela intensificação do uso dos recursos potenciais, pela redução do volume de resíduos e dos níveis de poluição, até a ampliação do emprego de tecnologias mais limpas.

## **2.2 O papel da reciclagem na contribuição para uma sociedade sustentável**

Diante da importância da sustentabilidade ambiental, deve-se atentar até que ponto a reciclagem pode contribuir para o desenvolvimento sustentável da sociedade. Observa-se que o processo de reciclagem contribui, nesse sentido, na medida em que diminui o acúmulo de resíduos sólidos descartados no meio ambiente, além de ser um atenuante na extração dos recursos naturais.

O crescimento da população e das indústrias, o acúmulo de resíduos que são jogados diariamente na natureza, tornou-se um problema gigantesco para a humanidade, pois essa realidade contribui para o aumento gradativo da degradação da qualidade ambiental, fator preponderante para o desenvolvimento e a

manutenção da vida, além de contribuir para o aquecimento global. Ribeiro e Morelli (2009) destacam que *“entre as décadas de 1970 e 1990, enquanto a população mundial cresceu 18%, a quantidade de resíduos gerados cresceu 25% no mesmo período”*. Ou seja, de há muito, já se vem registrando cenários negativos relacionados à geração e ao descarte de resíduos.

Sendo assim, a reciclagem pode ser um mecanismo importante para salvaguardar as condições ambientais do planeta. Montibeller Filho (2008) diz que a reciclagem não traz soluções para toda a problemática ambiental, pois como toda atividade produtiva, apresenta, ainda que em menor escala, consumo de insumos e energia e também emissões poluentes. Porém, a reciclagem não pode ser descartada diante da realidade atual, pois há um aumento da escassez de matérias-primas e falta de locais para o descarte dos rejeitos.

Dessa forma, a reciclagem pode ser vista como uma ferramenta importante para diminuir a geração de resíduos lançados no ambiente, monitorando as consequências ambientais para os ecossistemas naturais. Ao se reciclar, economiza-se energia, poupam-se recursos naturais, reutilizando aquilo que antes seria descartado. A reciclagem apresenta-se como alternativa capaz de amenizar a preocupação com a questão de resíduos gerados.

A necessidade de adoção de práticas de reciclagem se dá principalmente no período marcado pelo desenvolvimento industrial, muito embora ela passou a ser valorizada mais tarde – antes predominava a ideia de que os recursos naturais eram inesgotáveis. Os hábitos de consumo das pessoas e o próprio incentivo ao consumo, cada vez maior, criaram novas necessidades, o que levou ao aumento dos tipos e quantidades de bens produzidos, para atender a essa demanda. Além disso, o consumo exagerado aumentou o descarte de produtos, impulsionado pela obsolescência programada. Ribeiro e Morelli (2009) enfatizam que a geração de resíduos é resultado das práticas de consumo e dos métodos de produção e, conseqüentemente, variam tanto na composição quanto no volume.

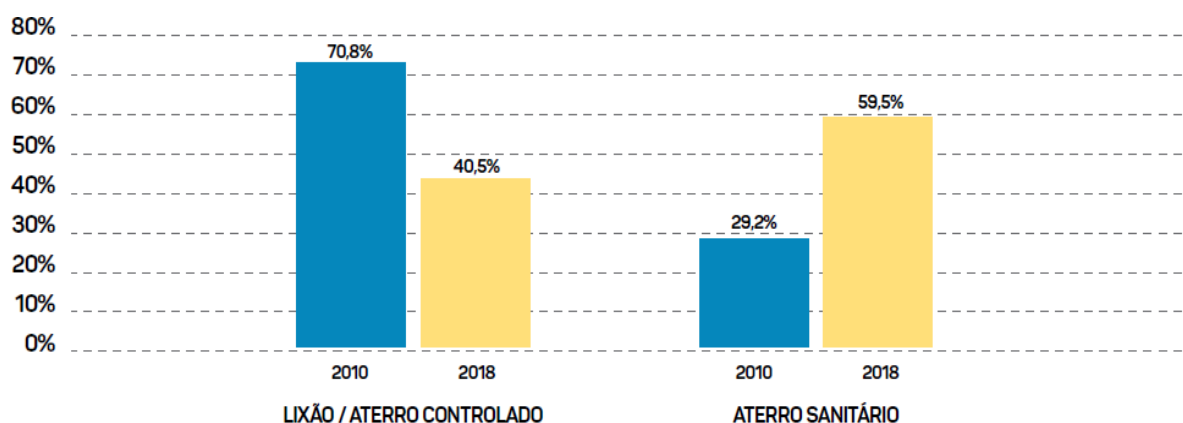
Esse cenário, juntamente com a criação de leis ambientais e a pressão exercida pelos órgãos ambientais e pela sociedade, fez com que as empresas passassem a adotar uma postura que, tendo como premissas a competitividade e a eficiência, esteja voltada para a redução dos impactos ambientais de suas atividades, ou seja, elas passaram a agir com responsabilidade social (LORA, 2000).

Como destacado, o crescimento do consumo de bens faz com que a produção industrial seja propulsora na geração de resíduos. Sem a devida consciência ambiental, a sociedade é prejudicada pela diminuição da qualidade ambiental e, conseqüentemente, com a qualidade de vida, atual e futura. Segundo Rocha e John (2003), a quantidade de resíduos é maior que a quantidade de bens consumidos.

Os resíduos produzidos podem seguir três caminhos diferentes: descartados num local seguro (aterros sanitários, ou armazenados em depósitos, de forma adequada e segura), descartados diretamente na natureza, poluindo o ambiente, ou voltar para a cadeia de produção. Os produtos pós-uso descartados também podem ser destinados ao processo de reciclagem, para serem reaproveitados pelo mercado. Para Barroso (2005), a reintegração de produtos pós-uso ou de outro tipo de resíduo, como matéria-prima ou energético, em processos produtivos permite fechar o circuito da poluição ambiental. A reintegração dos resíduos nos processos produtivos contribui, dessa forma, para o desenvolvimento mais sustentável, preservando os recursos naturais para as gerações futuras.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, a geração de resíduos urbanos no Brasil tem aumentado gradualmente, sendo que em 2018 foram geradas no Brasil 79 milhões de toneladas. Já a destinação adequada em aterros sanitários recebeu 59,5% dos resíduos sólidos urbanos coletados (Figura 1). O restante (40,5%) foi despejado em locais inadequados. Desse modo, boa parte dos resíduos sólidos urbanos acaba indo para lixões ou aterros controlados, que não contam com um conjunto de sistemas e medidas necessários para proteger a saúde das pessoas e o meio ambiente contra danos e degradações. Esta ainda é uma triste realidade de muitos municípios brasileiros, mesmo após dez anos de implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei Federal N.º 12.305/10) (ABRELPE, 2019).

Figura 1 – Percentual de municípios brasileiros que destinam seus resíduos sólidos urbanos para lixão/ aterro controlado e aterro sanitário, em 2010 e 2018



Fonte: MMA, 2020.

Marco na área ambiental do Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos orienta a hierarquia de ações a serem seguidas na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos. Uma das prioridades, nesse sentido, é a reciclagem, que pode ser definida como o processo de transformação de resíduos, envolvendo alteração de propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, de forma a originar insumos ou novos produtos (ABRELPE, 2019).

Como estabelecido na PNRS é preciso pensar um ciclo de gestão e manejo dos resíduos exigindo menor geração e maior reaproveitamento no ciclo de produção. Deve-se dar incentivo à separação dos tipos de resíduos na implementação da coleta seletiva e da reciclagem, que é apontada como uma alternativa sólida para o gerenciamento e manejo dos resíduos, minimizando o volume gerado e os impactos ambientais decorrentes de sua destinação. Nesse sentido, ao se pensar numa cultura sustentável, a reciclagem é um caminho seguro para enxergar o resíduo não como algo que deve ser descartado, mas que possui valor econômico, sendo reintegrado ao sistema produtivo.

Para Ribeiro e Morelli (2009), a reciclagem como solução no gerenciamento dos resíduos sólidos é pertinente por causa da economia no custo de produção a partir da matéria reciclável. Essa economia ocorre a partir da redução no consumo de insumos (água e energia) e de materiais, e ainda pela redução de controle ambiental e dos volumes de resíduos dispostos no solo.

No Brasil, considerando a taxa de recuperação de resíduos recicláveis em relação ao total coletado nas capitais federativas, as latas de alumínio, que constituem o tema do presente trabalho, possuem o maior índice de aproveitamento em relação aos demais tipos de materiais, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Índice de reciclagem de resíduos secos provenientes de embalagens

Resíduos Recicláveis de Embalagens	Índice de Reciclagem	Ano-base	Referência
Latas de Aço	47,10%	2019	Abeaço
Latas de Alumínio	97,30%	2017	Abal
Papel/Papelão	68,00%	2018	Ibá
Tetra Pak	29,10%	2018	Cempre/Tetra Pak
Plástico	22,10%	2018	Abiplast
Vidro	49,00%	2007	Abividro

Fonte: ABEAÇO (2019), ABAL (2018), IBÁ (2018), CEMPRE (2019), ABIPLAST (2018) e ABIVIDRO (2007).

**Fonte:** MMA, 2020.

Segundo a Associação Brasileira do Alumínio – ABAL e a Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio – Abralatas, o Brasil é um exemplo mundial em termos de reciclagem da latinha de alumínio. Em 2019, foram recicladas 97,6% de um total de 375,7 mil toneladas de latas de bebidas que entraram em circulação no mercado, o que confirma a posição do Brasil entre os líderes na reciclagem de alumínio há mais de dez anos.

Tal elevado índice de reciclagem das latas de alumínio revela que, além da eficiência do processo de reciclagem, essa prática carrega grande viés de sustentabilidade ambiental e energética, uma vez que retira menos recursos naturais como é o caso da bauxita e economiza em termos de consumo de energia – cerca de 5% da energia que demanda a produção de alumínio primário.

Além das contribuições ambientais, a reciclagem possui um viés sócio econômico importante, pois pode contribuir para melhorar um pouco as condições de vida de pessoas em situação socioeconômica muito precária, sendo, portanto, uma oportunidade de inclusão social enquanto os valores econômicos forem atrativos para esta parcela da sociedade. Para Figueiredo (2013), a reciclagem desempenha um papel sócioeconômica importante por alimentar a economia subterrânea, onde atuam os trabalhadores informais na coleta e separação dos materiais.

Considera-se, também, que o elevado índice da reciclagem de alumínio no país possa servir de exemplo para outros resíduos, como vidro, plástico e papel. Nesse sentido, atualmente, o Ministério de Meio Ambiente lançou o Programa Nacional Lixão Zero, que está com consulta pública aberta até julho de 2021 por meio de minuta do Termo de Compromisso, que envolve seis grandes empresas. O objetivo do programa é alavancar a cadeia de reciclagem e reutilização de embalagens, de forma a fomentar a economia circular e a logística reversa (CEMPRE, 2020).

Cabe lembrar que o sucesso da reciclagem de latas de alumínio esta associado ao valor pago pelas empresas e o baixo numero de atravessadores que existem neste mercado durante o ciclo de retorno da lata as fabricas.

### **3. A indústria do alumínio**

A história da descoberta do alumínio é relativamente recente e uma das razões para isso é a inexistência deste importante metal no estado nativo (não combinado). Dessa forma, apesar de ser um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre, o alumínio é o metal mais jovem obtido em escala industrial. Isso somente foi possível a partir de 1886, quando o químico estadunidense Charles Martin Hall e o francês Louis Toussaint Héroult obtiveram o metal puro a partir da dissolução eletrolítica de óxido de alumínio (alumina), em banho de criolita. O processo ficou conhecido como Hall-Héroult e ainda é o principal processo de produção de alumínio, ou seja, da refinação elétrica da bauxita, que é o minério básico de toda a cadeia do alumínio.

Anos mais tarde, a necessidade de fabricar produtos mais leves e resistentes impulsionou a indústria do alumínio durante a Primeira Guerra Mundial, quando o primeiro milhão de toneladas anual de bauxita extraída foi atingido em 1917. Nessa época, a mineração havia se expandido para a Áustria, Hungria, Alemanha e Guiana Britânica, na América do Sul. Desde, então, essa indústria tem ocupado uma posição mundial altamente estratégica, ao suprir com metal praticamente todos os setores da economia.

Na época da Segunda Guerra Mundial, por volta de 1943, os maiores produtores de bauxita eram os Estados Unidos, a Guiana Britânica, Hungria, Iugoslávia, Itália, Grécia, Rússia, Suriname, Guiana, Indonésia e Malásia (PATROCINIO, 2011).

Em 1952, a Jamaica iniciou intensa mineração de bauxita, ultrapassando o Suriname, por anos seguidos o maior produtor. Na década de 60, a Austrália e a Guiné, ao lado desses países, tornaram-se também grandes produtores de bauxita (PATROCINIO, 2011).

#### **3.1 Breve histórico da produção de alumínio primário no Brasil**

A história da indústria do alumínio no Brasil surge na segunda década do século XX, no entanto, permaneceu por muitos anos dependente do produto primário – o alumínio. As primeiras toneladas do metal foram produzidas em 1945, graças às iniciativas do empreendedor Américo Giannetti, na Eletro Química

Brasileira S/A – Elquisa, primeira indústria de alumínio primário do Brasil, e que foi construída em Saramenha, no município de Ouro Preto, Minas Gerais (ABAL, 2020).

Interessante destacar que as primeiras referências sobre a bauxita no Brasil estão nos Anais de 1928 da Escola de Minas de Ouro Preto e nessa época ocorreram duas iniciativas concorrentes para implantar a produção de alumínio: a da Elquisa, de Ouro Preto (MG) e a da CBA – Companhia Brasileira de Alumínio, em Alumínio (SP).

Contudo, a consolidação da indústria de alumínio no Brasil só ocorreu com a chegada, no país, da ALCAN Aluminium LTDA, em 1940, quando fundou a Alumínio do Brasil S.A. – Alubrasil em São Paulo. Em 1950, A ALCAN comprou A Elquisa e, em 1951, iniciou a produção regular em Minas Gerais (OBSERVATÓRIO SOCIAL, 2002). Mais de meio século depois, em 2005, a empresa mudou globalmente seu nome para Novelis, depois que área de laminação foi separada das demais atividades do grupo. Atualmente, a fábrica de Ouro Preto foi adquirida pela indiana Hindalco, cujo objetivo é produzir hidratos e aluminas especiais tanto para o mercado local como para exportação.

Outro marco importante nesse cenário foi a entrada em operação da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), empresa ligada ao grupo Votorantim, implantada no município de Alumínio, em São Paulo, e que se destaca como única empresa de produção de alumínio primário de capital exclusivamente nacional até os dias de hoje. A Alcan e a CBA dominaram o mercado de alumínio primário até 1970, quando entrou em operação uma fábrica da Aluminum Company of America (Alcoa), no município de Poços de Caldas, Minas Gerais. Nesse ano, também houve expansão da capacidade produtiva da Alcan, que inaugurou uma nova unidade em Aratu, Bahia, e da CBA, que duplicou a sua capacidade produtiva. O período subsequente foi marcado por um processo de verticalização das empresas produtoras de alumínio primário (ALVES, 2011).

Outra empresa que possui hoje uma posição de destaque na indústria transformadora de alumínio é a atual Laminação de Metais Clemente, fundada na década de 1940 na cidade de S. Paulo e atualmente em Jandira (SP).

Em 1983, o Brasil passa de grande importador a um dos principais exportadores mundiais, graças aos grandes e contínuos investimentos das empresas do setor. Três anos depois, o país torna-se o quinto produtor mundial de alumínio primário.



Esses são apenas alguns dos resultados da união dos produtores primários e transformadores em torno de foro que na década de 70 levou à fundação da Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) para discutir e conciliar os interesses comuns, com representação junto ao governo e à comunidade.

Segundo a ABAL (2020), outras empresas que participaram do crescimento do setor:

1) A Alcoa – Aluminium Company of American – estabeleceu representação no Brasil em 1915 e iniciou operações comerciais somente em 1940. A Alcoa se interessou pelo mercado brasileiro apenas no início da década de 60, quando adquiriu a Companhia Geral de Minas, detentora de jazidas de bauxita em Poços de Caldas (MG).

A instalação da primeira “redução” da Alcoa, em Poços de Caldas (MG), destinou-se a produzir alumínio para o mercado interno no período entre 1967 e 1970, o que coincidiu com a descoberta das grandes reservas comerciais de bauxita na Amazônia pela Alcan em 1967.

2) Nesse período, a Alcan criou a Mineração Rio do Norte S. A., a qual posteriormente foi assumida pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) com uma participação de 41%, Alcan (19%), VM-CBA (10%) e mais seis empresas internacionais (Reynolds, INI, RTZ, ASV, Norsk e Billiton), cada uma delas com 5%.

3) Em 1978, um acordo entre os governos brasileiro e japonês, com a participação da CVRD, estabeleceu a Alunorte – refinaria de alumina instalada em Barcarena (PA). A operação iniciou-se quase vinte anos depois, em 1995, devido à crise no mercado mundial.

4) A Valesul Alumínio S.A., instalada em Santa Cruz (RJ), foi a quarta empresa produtora de alumínio primário no Brasil e passou a operar em janeiro de 1982, por iniciativa da CVRD e da Billiton Metais S.A., então subsidiária do Grupo Shell. A presença da Valesul permitiu substituir as importações brasileiras de alumínio, que experimentavam crescimento acentuado àquela época. Em abril de 2009 a empresa encerrou suas atividades.

5) Em 1981, a Billiton Metais S.A., hoje BHP Billiton, engajou-se no projeto da Alcoa (já com o nome de Alcoa Alumínio S.A.), destinado à produção de alumina e exportação de alumínio primário em grande escala, transformando-o no Consórcio de Alumínio do Maranhão – Alumar, em São Luís do Maranhão, que iniciou suas operações em 1984.

6) Enquanto isso a Aluvale – Vale do Rio Doce Alumínio – dava andamento aos estudos de viabilidade do projeto Albras (consórcio entre NAAC – Nippon Amazon Aluminium Co Ltd. e CVRD – Companhia Vale do Rio Doce), no qual estava previsto inclusive a construção de Tucuruí. O início de operação da Albras deu-se em 1985. Em 2011, os ativos do negócio alumínio da Vale (Albras e Alunorte) foram adquiridos pela empresa Norsk Hydro.

### **3.2 Perfil da indústria do alumínio no mundo e no Brasil**

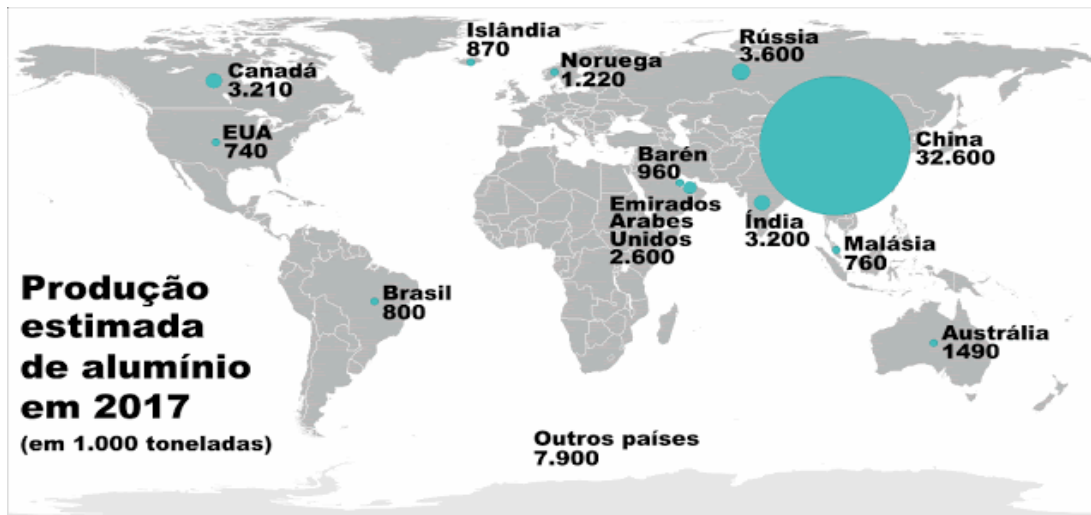
A indústria do alumínio foi uma das primeiras indústrias globais estabelecidas nas décadas de 1980 e 1990, advindas de empresas europeias e norte-americanas. A sua origem, por sua vez, ocorre diante do desenvolvimento contemporâneo de tecnologias capazes de produzir alumínio puro a partir da bauxita, associados a sua leveza e bom acabamento, tornou-se um valor estratégico para produção de produtos de transporte e armamento. A difusão de novas técnicas produtivas associadas a globalização, tem sido a marca registrada da indústria do alumínio, desde o seu início, no final do século XX.

Segundo estatísticas da ABAL (2020), em 2017, o Brasil estava em 11º lugar no ranking da produção de alumínio primário (Figura 2). Em 2018, caiu para 14º, com 654 mil toneladas. Mesmo assim, o país segue como destaque no cenário mundial. Atualmente, o Brasil é o décimo quinto produtor de alumínio primário, precedido pela China, Rússia, Índia, Canadá, Emirados Árabes, Austrália, Vietnã, Bahrain, Noruega, Estados Unidos, Arábia Saudita, Malásia, África do Sul e Islândia; quarto produtor de bauxita, atrás da Austrália, Guiné e China e terceiro produtor de alumina, atrás de China e Austrália.

A indústria brasileira de alumínio é marcada pela exportação, que contribui significativamente para que balança comercial brasileira se torne positiva. Em 1990, o Brasil exportou US\$ 1,16 bilhões em alumínio primário, ligas e produtos semi manufaturados de alumínio. O setor de alumínio contribuiu com cerca de 9,6% da balança comercial. Porém em 2018, o mercado nacional de alumínio ficou abaixo do esperado nesse período, com reflexos decorrentes da instabilidade da economia brasileira, afetada pela greve dos caminhoneiros e pela guerra comercial entre Estados Unidos e China. A balança comercial brasileira registrou superávit de US\$ 2 milhões de dólares nesse período, 24,2% inferior ao de 2017. Ainda assim, o

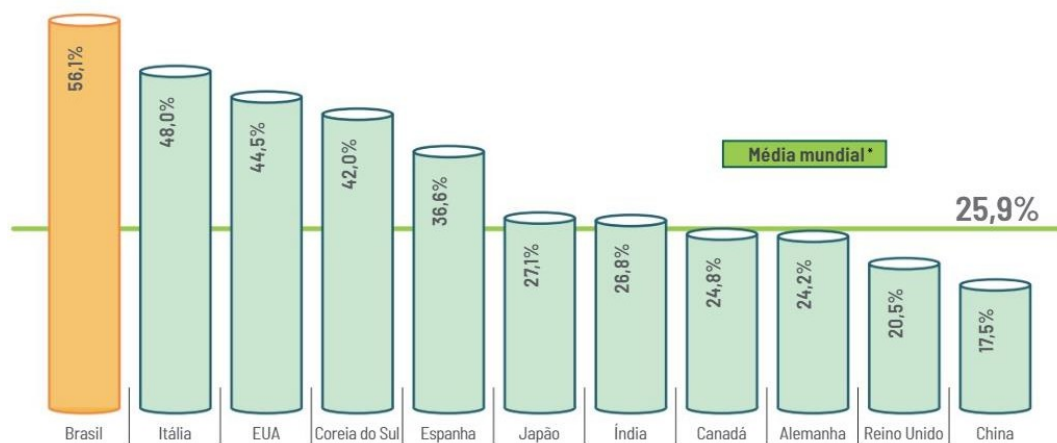
consumo de produtos de alumínio cresceu em torno de 9,1%, demonstrando o quanto o alumínio possui tendência clara em relação a outros materiais (ABAL, 2017). Os maiores consumidores mundiais de alumínio estão relacionados na Figura 3.

Figura 2 – Produção estimada de alumínio primário em 2017



Fonte: United States Geological Survey – USGS, 2017.

Figura 3 – Consumo mundial de alumínio



Fonte | Source: The Aluminum Association, cálculo/calculata ABAL.

(\*) A média indicada considera os principais países consumidores do metal indicados no gráfico.  
The average indicated considers the main consumer countries of the metal indicated in the graph.

Um dos fatores que contribui para o desenvolvimento dessa indústria no Brasil são as tarifas de energia elétrica e a disposição dos países industrializados

em deslocar para países em desenvolvimento a produção de matérias-primas que são muito poluidoras ou consumidoras de energia.

Em nível mundial, o setor de alumínio caracteriza-se como uma indústria sujeita a grandes oscilações nas cotações do produto. A rivalidade interna tem provocado a retirada de muitos concorrentes, mas as condições específicas dos fatores de produção tem facilitado a entrada de novos concorrentes.

O principal insumo que favorece a produção do alumínio é a energia elétrica, que tem se tornado cada vez mais escassa diante da ausência de investimentos nesse setor.

Segundo a Associação Brasileira de Alumínio (ABAL, 2018), a indústria do alumínio primário apresentou um faturamento total de US\$ 62,9 bilhões em 2017 e US\$ 61,5 bilhões em 2018. A queda no faturamento se dá pelo fato da maior fábrica de alumínio do mundo, a Alunorte, em Barcarena (Pa), ter sofrido embargo da Justiça Federal, que durou dezenove meses, em função do novo depósito de resíduos de bauxita. As empresas produtoras atuam internacionalmente, extraíndo minério, refinando alumina, produzindo alumínio, comercializando o metal na forma primária, em países que apresentam condições mais favoráveis.

A indústria de alumínio é estratégica para o Brasil e o mundo, pois o alumínio é um material que possui inúmeras qualidades e aplicações, além de ser infinitamente reciclável. Isso é muito importante no contexto de consumo responsável e logística reversa conforme preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A Tabela 2 apresenta as empresas do setor brasileiro de alumínio, considerando a mineração, o refino de alumina e a produção de alumínio primário.

Tabela 2 – Empresas do setor brasileiro de alumínio em 2019

<b>Empresa</b>	<b>Segmento</b>	<b>Localização</b>	<b>Produção 10<sup>3</sup> toneladas</b>
Albras	Alumínio primário	Barcarena – PA	326,6
Companhia Brasileira de Alumínio – CBA	Alumínio primário	Alumínio – SP	323,6
Alcan Alumina Ltda.	Alumina	São Luís – MA	367,2
Alcoa Alumínio S.A.	Alumina	Poços de Caldas – MG e São Luís – MA	2.147,8
Companhia Brasileira de Alumínio	Alumina	Alumínio – SP	702,5
Norsk Hydro Brasil Ltda. Alunorte – Alumina do Norte do Brasil S.A.	Alumina	Barcarena – PA	4.530,1
South32 Minerals S.A.	Alumina	São Luís – MA	1.321,8
Hindalco do Brasil	Alumina	Ouro Preto – MG	101,4

Alcoa Alumínio S.A.	Bauxita	Poços de Caldas – MG e Juruti – PA	7.444,7
Companhia Brasileira de Alumínio	Bauxita	Poços de Caldas – MG, Miraf – MG, Itamarati – MG e Barro Alto – GO	2.114,9
MRN – Mineração do Rio do Norte S.A.	Bauxita	Oriximiná e Terra Santa – PA	12.173,1
Norsk Hydro Brasil Ltda. – Mineração Paragominas S.A.	Bauxita	Paragominas – PA	7.360,2
Mineração Curimbaba, Bauminas Mineração, Terra Goyana Mineradora, Mineração Varginha e Hindalco do Brasil	Bauxita	Poços de Caldas – MG; Miraf – MG, Cataguases – MG, Palmeira – SC; Barro Alto – GO; Poços de Caldas – MG; Ouro Preto – MG	2.845,0

Fonte: Extraído e adaptado de ABAL, 2020.

Segundo ABAL (2020c), entre 2018 e 2019 houve ligeira queda na produção nacional de alumínio primário, embora o consumo per capita tenha se elevado, favorecendo um aumento das importações, embora a participação das exportações de alumínio tenha mantido o percentual de 1,7% nas exportações brasileiras, conforme o perfil da indústria brasileira do alumínio (Tabela 3).

Tabela 3 – Perfil da indústria brasileira do alumínio

	2018	2019
<b>Empregos (31/12)</b>	448.064	484.882
■ Diretos	113.827	114.015
■ Indiretos	334.237	370.867
<b>Faturamento (R\$ bilhões) <sup>(1)</sup></b>	79,4	83,6
■ Participação no PIB (%)	1,2	1,2
■ Participação no PIB Industrial (%)	6,4	6,4
<b>Investimentos (R\$ bilhões) <sup>(1)</sup></b>	2,4	1,0
<b>Impostos pagos (R\$ bilhões) <sup>(1) (2)</sup></b>	17,1	18,0
<b>Produção de Alumínio Primário (mil t)</b>	659	650
<b>Consumo Doméstico de Produtos Transformados (mil t)</b>	1.373	1.486
<b>Consumo Per Capita (kg/hab./ano)</b>	6,6	7,1
<b>Exportação (mil t) (peso alumínio)</b>	287	287
<b>Importação (mil t) (peso alumínio)</b>	690	784
<b>Balança Comercial da Indústria do Alumínio (US\$ milhões FOB) <sup>(3)</sup></b>		
■ Exportações		
■ Importações	4.003	3.773

<b>■ Saldo</b>	1.985 2.018	1.977 1.796
<b>Participação das Exportações de Alumínio nas Exportações Brasileiras (%)</b>	1,7	1,7
Notas: (1) Estimativa com base em dados da ABAL e Ministério da Economia. (2) Inclui impostos sobre produção, consumo e propriedade. (3) Inclui Bauxita e Alumina.		

**Fonte:** ABAL, 2020c.

A produção de alumínio primário em 2019 totalizou 650 mil toneladas, representando uma queda de 23,4 % em relação a 2017. O auge foi registrado em 2008, quando a produção nacional atingiu uma marca de 1661 mil toneladas. Duas razões podem ser citadas: (a) a maior fábrica de alumina do mundo, a Alunorte, em Barcarena, no Pará, operou com metade da sua capacidade desde o início de 2018; (b) o impacto do preço da energia elétrica, uma vez que o processo de transformação da alumina em alumínio primário é eletrointensivo.

A produção brasileira de alumínio primário se concentra nas fábricas da Albras em Barcarena (PA) e CBA em Alumínio ( SP) enquanto a produção de bauxita foi aproximadamente 32 mil toneladas. O consumo metálico foi de 24.681,3 mil toneladas para a produção de alumina. As exportações chegaram a 7.105,2 mil toneladas e as importações registraram 301,7 mil toneladas (ABAL, 2020c). Já a produção de alumina, em 2019 houve aumento de cerca de 11% em relação ao ano anterior, com uma produção de mais de 9.170 mil toneladas. O consumo foi de 1.240,9 mil toneladas. Nas exportações, o aumento foi de 14,3% (7.128,9) (ABAL, 2020c).

Durante os anos de 2017 a 2018, a indústria mundial de alumínio continuou sofrendo os efeitos da sobre capacidade de alumínio primário e produtos da China, além da disputa comercial envolvendo o país asiático e os Estados Unidos, com altas taxas sobre a importação. Apesar disso, a produção mundial de bauxita cresceu 4,55 e a de alumínio 1,8% em relação a 2017. A produção de alumina foi impulsionada pelo crescimento expressivo de 13,3% da produção chinesa, representando 55% do total.

A Tabela 4, a seguir, traz uma análise detalhada dos números da indústria do alumínio no Brasil, nos últimos anos.

Tabela 4 - Balança comercial do Brasil: exportação e importação

Ano/2019	Exportação	Importação	Saldo
Brasil	225.383	177.348	48.035
Indústria do Alumínio	3.773	1.977	1.796
– Alumínio e seus Produtos	895	1.932	(1.037)
– Alumina/Hidróxido de Alumínio	2.620	31	2.589
– Bauxita	258	14	244
Participação (%)	1,7	1,1	

Ano/2018	Exportação	Importação	Saldo
Brasil	239.264	181.230	58.034
Indústria do Alumínio	4.003	1.985	2.018
– Alumínio e seus Produtos	1.020	1.944	(924)
– Alumina/Hidróxido de Alumínio	2.714	35	2.679
– Bauxita	269	6	263
Participação (%)	1,7	1,1	

Variação 2019/2018	Exportação	Importação	Saldo
Brasil	-5,8%	-2,1%	-17,2%
Indústria do Alumínio	-5,7%	-0,4%	-11,0%
– Alumínio e seus Produtos	-12,3%	-0,6%	12,2%
– Alumina/Hidróxido de Alumínio	-3,5%	-11,4%	-3,4%
– Bauxita	-4,1%	–	-7,2%

Fonte: Sistema Integrado de Comércio Exterior – SISCOMEX.

Notas:

(1) Os valores indicados para a indústria do alumínio, referem-se a NCM/SH 2606 – Bauxita, NCM/SH 2818.20 – Alumina, NCM/SH 2818.30 – Hidróxido e o Capítulo NCM/SH 76 – Alumínio e seus produtos; em exportações, inclui ainda os NCM/SH 8409.91.20, 8409.99.21 e 8409.99.29 – Peças fundidas.

Fonte: ABAL, 2020c

#### **4. Produção de alumínio: processos produtivos, principais aplicações e impactos**

O alumínio é um dos elementos químicos encontrados em maior quantidade na crosta terrestre. Sua cadeia produtiva inicia-se por meio da mineração de bauxita, cuja composição é formada principalmente por óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Com o processamento desse minério, obtém-se a alumina, que originará o alumínio metálico por meio de processo eletrolítico.

O alumínio destaca-se por suas propriedades, como resistência, anti corrosividade, leveza, maleabilidade e atua como ótimo condutor de calor. Além disso, é altamente utilizado na produção de ligas metálicas, laminados e extrudados. Dessa forma, o alumínio é importante no uso de diversas atividades econômicas, como na construção civil, no tratamento de água, metalurgia, aeronáutica, farmacêutica e alimentar.

O alumínio na sua forma metálica é conhecido como alumínio primário e pode ser refundido sem apresentar perdas de propriedades químicas, o que o torna altamente reciclável e sustentável, como será visto mais adiante nesse trabalho.

##### **4.1 Mineração da bauxita**

O alumínio não é encontrado diretamente em estado metálico na crosta terrestre, sendo sua obtenção pela mineração da bauxita, presente principalmente em regiões de clima subtropical e tropical. A bauxita é um tipo de rocha de tom avermelhado que contém o alumínio em diferentes formas, como gipisita ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ), boemita e diáspora ( $\text{AlO}(\text{OH})$ ), além de outras substâncias como óxido de ferro, dióxido de titânio, silicato de alumínio, impurezas e misturas de sílica. (WORLD ALUMINIUM, 2021) A bauxita deve apresentar um teor mínimo de 30% de óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) aproveitável para que a produção seja economicamente viável. As reservas brasileiras de bauxita, além da ótima qualidade do minério, também estão entre as maiores do mundo (3º lugar). Depois de extraída a bauxita, seguem-se dois processos industriais independentes de uso intensivo de energia para transformar esse minério em metal. Tratam-se do refino da bauxita (processo Bayer), para obtenção da alumina (óxido de alumínio), e do processo Hall-Héroult, para obtenção do alumínio metálico a partir da eletrólise da alumina. Esses processos podem ser realizados em uma mesma unidade industrial ou em plantas distintas.



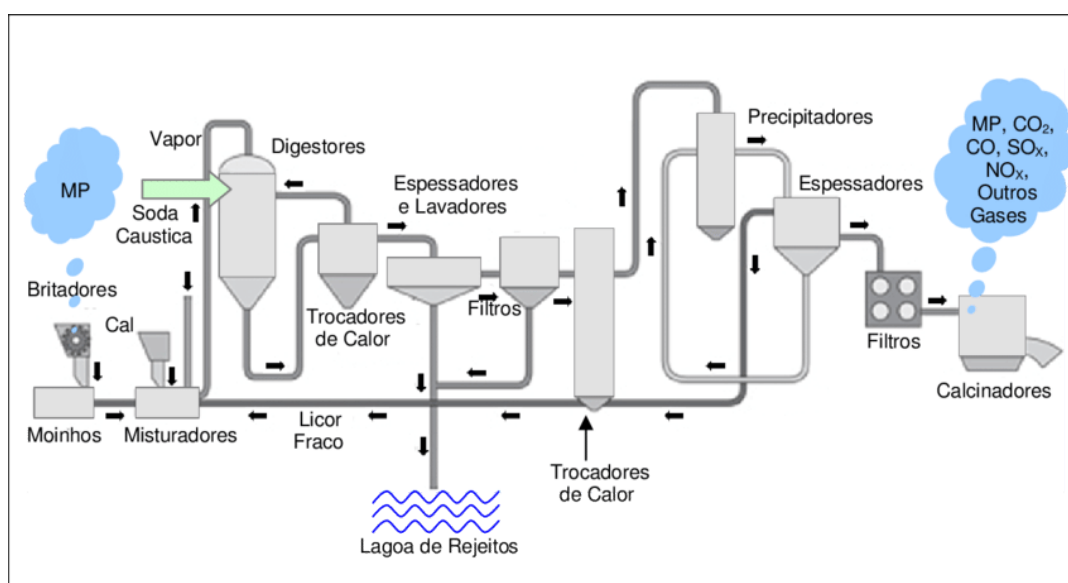
A produção do alumínio primário consiste de dois processos independentes de uso intensivo de energia para transformar o minério (bauxita) em metal por meio de redução eletrolítica. Esses ciclos são o processo Bayer que extrai a alumina a partir da bauxita, utilizando a digestão termoquímica e o processo Hall-Héroult, que produz o alumínio fundido pela redução eletrolítica de alumina.

#### 4.1.1 Processo Bayer: o refino da alumina

A alumina, além de ser insumo para a obtenção do alumínio primário, tem diversas aplicações, como por exemplo, para a fabricação de materiais refratários, tratamento de água, uso em produtos abrasivos e para polimento, como retardante de chamas, na fabricação de velas de ignição, entre outros.

O processo mais utilizado para obtenção de alumina é o Bayer, que foi desenvolvido e patenteado na Áustria, em 1888, por Karl Josef Bayer, e apresenta o grau de pureza ideal para ser usada no processo eletrolítico. Pelo processo Bayer a alumina é extraída a partir da bauxita, utilizando a digestão termoquímica. A Figura 4 apresenta o fluxo de produção de alumina pelo Processo Bayer.

Figura 4 – Fluxograma simplificado do Processo Bayer



Fonte: SILVA, 2010 (Adaptado de ABAL, 2020b).

Como ilustrado na Figura 4, a bauxita é misturada à soda cáustica (NaOH), que dissolve o alumínio presente no mineral e, posteriormente, filtrada para separar o material sólido (conhecido como “lama vermelha”) e para concentrar o filtrado para

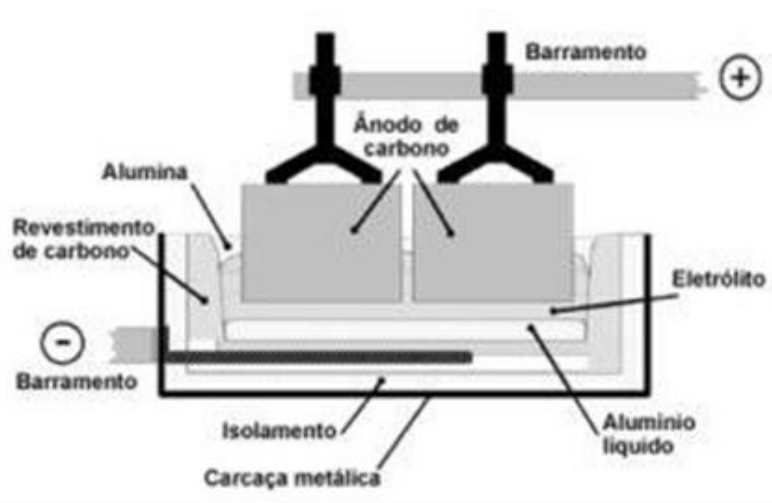
a cristalização da alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Os cristais de alumina obtidos na operação são secados e calcinados para eliminar a água, e o pó branco de alumina é enviado à unidade de redução para a obtenção do alumínio, por meio de um processo eletrolítico (ABAL, 2020b).

#### **4.1.2 Processo Hall-Héroult: redução da alumina**

O alumínio em sua forma metálica é produzido a partir da redução eletrolítica da alumina, no processo Hall-Héroult. O processo consiste em passar grande quantidade de energia por uma solução (eletrólito) de alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), tendo sido elaborado em 1886, simultaneamente e de maneira independente, por dois diferentes cientistas: o americano Charles Martin Hall e o Francês Paul Héroult (KVANDE, 2014).

O processo Hall-Héroult produz o alumínio fundido pela redução eletrolítica de alumina dissolvida num eletrólito de fluoreto fundido (constituído principalmente de criolita), decompondo-a em oxigênio. Por sua vez, o oxigênio se combina com o ânodo de carbono, desprendendo-se na forma de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e em alumínio líquido que se precipita na parte inferior da cuba eletrolítica. O alumínio é então transferido para a etapa de refusão em que serão produzidos os lingotes, as placas e os tarugos (ABAL, 2020b).

Figura 5 - Fluxo de produção de alumina primária



A Figura 5 traz a configuração das cubas eletrolíticas, que são grandes vasos de aço no formato de um tanque, sendo constituídas, no fundo, por blocos catódicos e revestimento carbonáceo, sobrepostos a uma camada de isolamento térmico. Barras em aço ligado, que servem de coletoras de corrente elétrica, estão chumbadas na parte inferior dos blocos catódicos. Os anodos (mistura de coque de petróleo e piche), que funcionam como pólo positivo, encontram-se suspensos no banho e são consumidos durante o processo. Forma-se, então, uma corrente elétrica que passa pelo anodo, atravessa o catodo, seguindo para o anodo da cuba seguinte e assim por diante. Como são necessários milhares de ampères para realizar a dissociação da alumina no banho eletrolítico o processo é energointensivo.

#### 4.1.3 Aplicações do alumínio

Em números redondos, a relação bauxita/alumina/alumínio metálico produzido, em toneladas, está apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Relação, em toneladas, de bauxita/ alumina/ alumínio metálico produzido

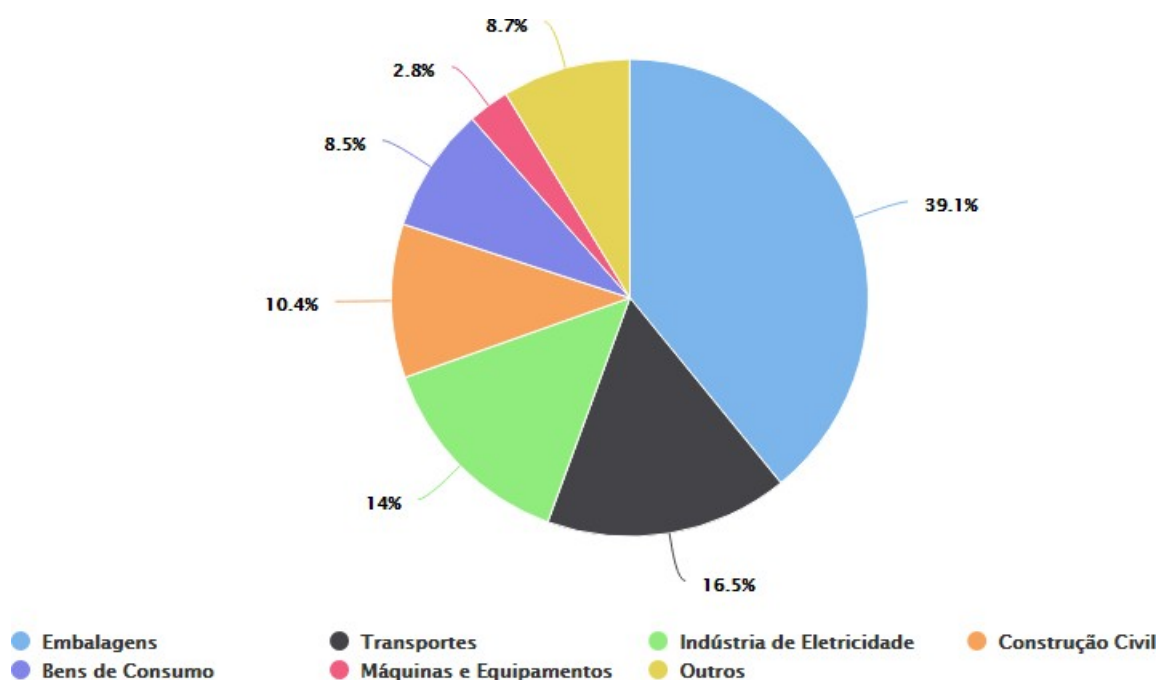


Fonte: SILVA, 2010.

As inúmeras aplicações em diversos setores da indústria (transportes, construção civil, eletroeletrônica, petroquímica, metalurgia e outros), e a frequente presença no dia-a-dia (eletrodomésticos, brinquedos, utensílios de cozinha, embalagens de alimentos, produtos farmacêuticos, etc.) ilustram bem a sua

importância econômica no mundo contemporâneo (SILVA, 2010). A tecnologia de produção desse metal possibilita sua comercialização a preços competitivos no mercado e, no Brasil, é utilizado principalmente pelos setores de embalagens e de transportes, conforme pode ser constatado no gráfico apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Consumo doméstico de alumínio por segmento de aplicação em 2019 (1.485,6 mil toneladas)



Fonte: ABAL, 2020c.

## 4.2 Impactos ambientais da produção de alumínio

A produção do alumínio gera significativos impactos ambientais em toda a sua cadeia produtiva, indo desde a extração da bauxita até o processo de transformação da alumina em alumínio.

Os impactos decorrentes da mineração incluem a destruição de florestas, contaminação de água e emissões atmosféricas. A lama vermelha gerada na etapa de refino, por exemplo, deve ser devidamente tratada e disposta em barragens, caso contrário pode contaminar o lençol freático, além de elevar o teor de sódio dos poços artesianos, que por ventura existirem. Os elementos mais comuns presentes na lama vermelha são ferro, titânio, sílica e alumínio que não pode ser extraído com sucesso. A lama vermelha é formada por partículas bem finas e é extremamente alcalina, com pH variando entre 10 a 13. Além disso, nos locais onde estão as minas de alumínio, ocorre a contaminação da água local, causando prejuízos às plantações de frutas, legumes e ervas.

A poluição atmosférica decorrente da cadeia produtiva do alumínio inclui desde material particulados até poluentes perigosos, como é caso dos Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAPs), que apresentam risco cancerígeno.

O documento “*Compilation of air pollutant emission factors*” – AP-42, publicado pela *US Environmental Protection Agency* – USEPA (USEPA, 1998) pode ser referenciado como modelo para identificar os principais poluentes atmosféricos gerados no processo de fabricação de alumínio primário.

Já na fase de fragmentação da bauxita (britagem e moagem da bauxita) e de calcinação da alumina há geração de diversos tipos de material particulado, e os níveis de emissão podem ser remediados por meio da instalação de equipamentos de controle da poluição do ar, tais como os separadores ciclônicos, os filtros de manga, os precipitadores eletrostáticos ou os lavadores de gás. Na etapa de calcinação da alumina, tal procedimento é amplamente utilizado, pois os particulados representam grandes volumes de material de grande valor econômico e devem ser retornados ao processo. Nos processos de refusão/fundição há utilização de cloro com o objetivo de retirar impurezas do alumínio, e, assim, há a geração de poluentes clorados, como o HCl, Cl<sub>2</sub>, entre outros. Destaca-se que esses poluentes contribuem para a formação de chuvas ácidas e são classificados, de acordo com o documento AP-42, como poluentes do ar perigosos (USEPA, 1998).

Considera-se, ainda, que em toda a cadeia produtiva do alumínio são gerados gases de efeito estufa (GEEs), principalmente CO<sub>2</sub>, em função do uso de combustíveis fósseis. Contudo, segundo Silva (2010), há geração de outros gases de efeito estufa gerados na etapa de redução da alumina, como é o caso do tetrafluorometano (CF<sub>4</sub>) e do hexafluoretano (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>), ambos compostos perfluorados (PFC) extremamente estáveis e de difícil remoção por tratamentos convencionais, pois apresentam baixa solubilidade em água e alta estabilidade térmica e química. A emissões de PFC tem relação com a tecnologia adotada na redução eletrolítica do alumínio. Nesse caso, leva-se em conta os tipos de anodos utilizados no processo Hall-Hérault – o anodo pré-cozido (*pre-bake*) e o anodo Soderberg, pois isso define a configuração e a operação das cubas eletrolíticas.

O anodo pré-cozido é fabricado antes de ser introduzido no processo, sendo substituído de tempos em tempos, tão logo seja consumido no banho eletrolítico. Já os anodos Soderberg são cozidos pelo próprio calor das cubas eletrolíticas e, portanto, consumidos continuamente devendo ser constantemente substituídos.

Dessa forma, enquanto na primeira configuração, as emissões podem ser melhor controladas já que não há necessidade de abertura dos fornos onde os blocos são cozidos (etapa anterior ao processo Hall-Hérault), na segunda é difícil controlar as emissões. Por esse motivo, o anodo de pasta Soderberg vem sendo substituído pelo anodo pré-cozido. Porém, essa substituição impacta sobremaneira a planta industrial e a viabilidade econômica é considerada pelos empreendedores (SILVA, 2010).

### **4.3 A relação entre energia e produção de alumínio**

A indústria do alumínio é uma das principais consumidoras de energia no mundo, o que acaba influenciando sua contribuição para o aquecimento global, em função do emprego de combustíveis fósseis para geração de eletricidade, como ocorre em muitos países.

O Brasil dispõe de uma considerável vantagem comparativa mundial pela alta renovabilidade de sua matriz energética (46,12%), sendo fonte hidráulica o recurso mais empregado para geração de energia elétrica, correspondendo atualmente a cerca de 65% do sistema hidrotermoeólico nacional (EPE, 2020). Tal configuração é, em geral, usufruída especialmente por setores eletro intensivos, como é o caso da produção de alumínio. O Processo Hall-Hérault se destaca como sendo o processo de maior consumo de energia elétrica por tonelada de produto fabricado: são necessários 16,1 MWh (média brasileira em 2015) para a produção de uma tonelada de alumínio primário (ABAL; CNI, 2017).

Contudo, as mudanças no setor elétrico brasileiros, ocorridas a partir dos anos 1990, impactaram significativamente a indústria do alumínio. O cenário era bem diferente para o setor.

A regulamentação do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) teve seus primórdios nos anos 1930, quando o presidente Getúlio Vargas promulgou o Decreto 24.643/1934, mais conhecido como Código de Águas, passando à União os direitos sobre o potencial hidrelétrico nacional. Já nos anos 1960 o governo federal passou a centralizar o planejamento e a gestão do SEB e promoveu altos investimentos, criando um cenário pouco atrativo à iniciativa privada. A verticalização do SEB se consagrou com a instituição da Eletrobrás, em 1961, apresentando uma estrutura composta, basicamente, por empresas públicas integradas, tanto na geração,

quanto na transmissão e distribuição de energia elétrica. Houve grandes investimentos em infraestrutura, o que atraiu, juntamente com outros segmentos industriais, as primeiras fábricas para produção de alumínio primário, entre as décadas de 1940 e 1960.

A partir dos anos 1990, deu-se início ao Programa Nacional de Privatizações, iniciado no Governo Collor (1990- 1992) e tendo sua continuação durante os Governos Itamar Franco e Fernando Henrique Cardoso (1992-2002). Tem início, assim, a reforma do SEB, sob a aposta em investimentos privados como solução para falta de recursos necessários para expandir a infraestrutura energética brasileira. No entanto, os anos seguintes, mais notadamente o início dos anos 2000, mostraram o fracasso da desverticalização perante o tímido investimento na geração de energia, apesar da realização de diversas concessões. Tal fato, somado a um período de falta de chuvas, teve como resultado uma Crise de Abastecimento e a necessidade de um Racionamento em 2001 (batizado popularmente por “Apagão”). Diante do problema, foi realizada uma nova reforma do SEB, durante o governo do ex-presidente Luís Inácio Lula da Silva, por meio da adoção de uma nova estrutura de gerenciamento e criação de novos procedimentos como os leilões de energia e um ambiente mais condizente com a atuação do setor privado (MEDEIROS, 2017).

A respeito das tarifas, pode-se dizer que, apesar da configuração da matriz elétrica brasileira, com predominância de fonte hidráulica, que por sua vez tem uma geração mais barata, são elevadas quando comparadas a outros países que dependem de fontes não renováveis. Nesse sentido, a indústria brasileira do alumínio tem grande destaque no cenário mundial, já que o país é detentor de uma matriz energética onde se destacam as energias renováveis na geração de eletricidade, fazendo com que o alumínio fabricado aqui tenha uma das mais baixas emissões de carbono, que é de cerca de 4 t de CO<sub>2e</sub> por tonelada de alumínio, sendo a média mundial de 9,7t de CO<sub>2e</sub> por tonelada de alumínio (ABAL; CNI, 2017). Entretanto, o que realmente destaca neste metal em termos de sustentabilidade é o seu potencial de reciclabilidade, que apresenta baixíssimo consumo energético, como será apresentado no capítulo 5 do presente trabalho.

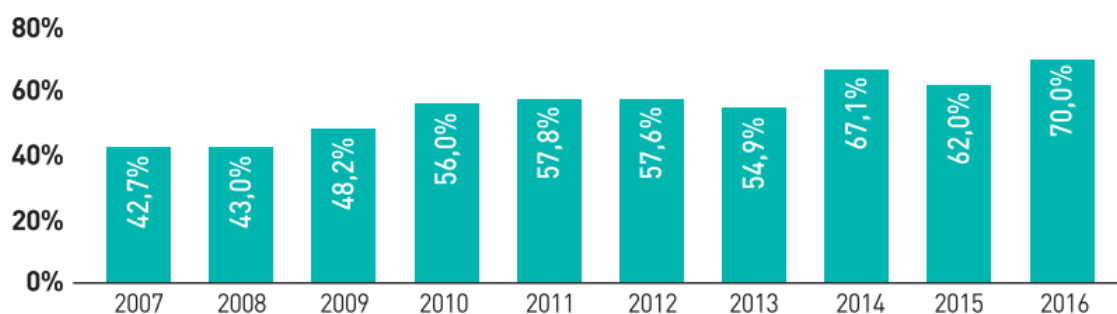
A partir de 2012, por sua vez, o Brasil se deparou com uma nova crise energética, dessa vez em função de uma crise de recursos – baixo nível dos reservatórios nacionais. Isso levou ao aumento de participação de termelétricas,



elevando ainda mais as tarifas de energia elétrica. Obviamente, muitas indústrias sofreram perdas de produção, dentre elas as de alumínio.

De acordo com ABAL (2017), a energia elétrica adquirida responde por quase 70% do custo de produção do alumínio nacional, conforme ilustrado a seguir.

Figura 8 – Participação relativa da energia elétrica adquirida pela indústria no custo total de produção do alumínio primário, em (%) - produção de 801,7 mil ton. em 2016



Fonte: ABAL, 2017.

Segundo análises realizadas por Medeiros (2017) duas fábricas de alumínio foram fechadas no período mais crítico da crise financeira global (2008-2010), notadamente a Valesul (Rio de Janeiro-RJ) e a Alunordeste (Aratú-BA). Entre 2012 e 2015, foram fechadas três fábricas dentre as cinco restantes de alumínio no Brasil: em Saramenha-MG, Poços de Caldas-MG e São Luís-MA. Dessa forma, a produção nacional no período sofreu uma redução de 46%. Simultaneamente, a produção mundial registrou crescimento de 27%, o que reflete a queda da participação brasileira na mesma, afastando hipóteses de que a crise financeira global seja o fator determinante na queda da produção do setor.

## **5. A indústria de reciclagem de alumínio e sua contribuição para a sustentabilidade socioambiental**

Em função das possibilidades infinitas para a reciclagem do alumínio e sua importância na conservação de energia, a indústria de alumínio ocupa um lugar estratégico, pois o metal pode ser 100% reciclado sem perder suas características.

Segundo Enríquez (2010), deve-se dar importância para esse tipo de reciclagem, pois o desperdício e o consumo acelerado acabam produzindo acúmulo de resíduos no meio ambiente e a escassez dos recursos naturais. Não se pode desenvolver a sociedade atual, satisfazendo suas necessidades, sem se preocupar com a sociedade do futuro e mesmo contribuir para a degradação ambiental, a cujos danos estarão expostas as pessoas, tanto no momento atual, quanto no futuro.

A sucata de alumínio provém da produção de semi manufaturados – constituída de resíduos industriais que são reincorporados – e do descarte pela obsolescência de produtos acabados e bens de consumo, no qual a lata de alumínio para bebidas é o maior exemplo (ABAL, 2021).

O Brasil é considerado destaque mundial na reciclagem das latas de alumínio, tornando-se um dos mais notáveis casos de economia circular, além de atender aos requisitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que define uma série de medidas voltadas para a destinação correta dos resíduos pós-consumo no Brasil. Porém, o cenário é bem diferente para a grande maioria dos resíduos sólidos, pois do total dos resíduos sólidos urbanos secos do país, o alumínio representa somente 1%, contra 20% de plástico e 40% de papelão. Trata-se de uma evidente constatação do excelente resultado dos esforços e recursos investidos na cadeia do alumínio e sua reciclagem (ABAL, 2017).

Além disso, a fundição do alumínio reciclado tem forte impacto na redução de gases do efeito estufa, pois diminui demasiadamente o consumo energético em seus processos, reduzindo também a demanda por alumínio primário e os demais danos ambientais, como será apresentado a seguir. Moreira (2002) informa que a reciclagem do alumínio evita a extração de cinco toneladas de bauxita a cada tonelada de alumínio metálico reaproveitado.

O alumínio reciclado encontra-se diversas aplicações, como por exemplo, revestimentos internos e de fachadas, peças de acabamento, divisórias, forros, esquadrias de janelas, painéis e sistemas de geração de energia renovável, partes

automotivas, eletrodomésticos, latas de bebidas e outros. Dentre essas aplicações, destacam-se as embalagens que, em 2015, o mercado de embalagens no Brasil girou em torno de 480 mil toneladas de alumínio (ABAL, 2016).

Outro destaque para a reciclagem de alumínio é a questão social, pois o alto valor pago favorece a coleta e a separação do material, gerando renda para muitas famílias e fazendo com que a logística reversa deste resíduo funcione de forma eficaz e sem atravessadores favorendo aproximadamente 800 mil famílias assistidas em todo o Brasil.

## **5.1 Etapas do processo de reciclagem do alumínio**

O potencial de reciclabilidade sem perda de propriedades físico/químicas torna o alumínio uma excelente escolha, principalmente para as embalagens de bebidas carbonatadas (refrigerantes, cervejas, etc.).

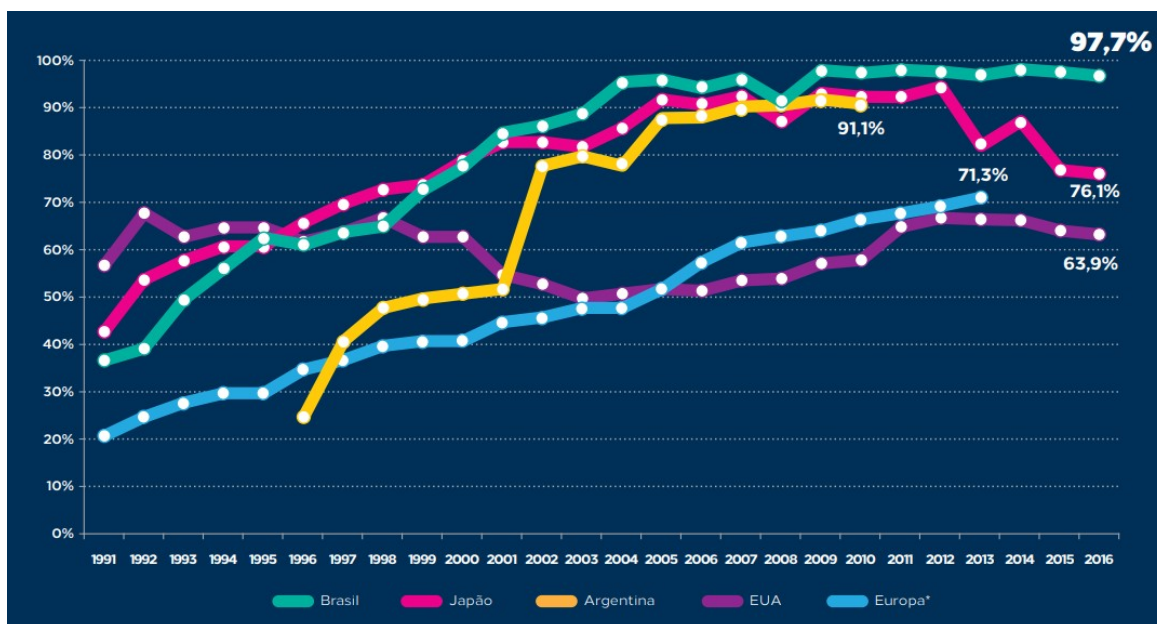
O alcance do mercado do alumínio se destaca pelo consumo expressivo desse material no consumo de embalagens. Segundo dados do Ipea (2013), as latas de alumínio são as com maior destaque nas embalagens, respondendo por cerca de 60% de todas as embalagens de alumínio vendidas.

A seguir, são descritos os processos industriais de reciclagem do alumínio, considerando, sobretudo as latas de alumínio, que constituem o principal produto reciclado no país, respondendo por quase 50% do volume de sucata de alumínio recuperada anualmente (ABAL; CNI, 2017).

### **5.1.1 A cadeia de reciclagem do alumínio**

Com uma trajetória de 31 anos de utilização das latas de alumínio para bebidas, o Brasil vem se mantendo na liderança em reciclagem desse material, desde o ano de 2001, com exceção de 2019, quando o Japão assume a liderança (Figuras 9 e 10). No período de 30 dias, a lata é produzida, envasada, distribuída, coletada e reciclada até a produção de uma nova lata, retornando ao mercado, fechando o ciclo.

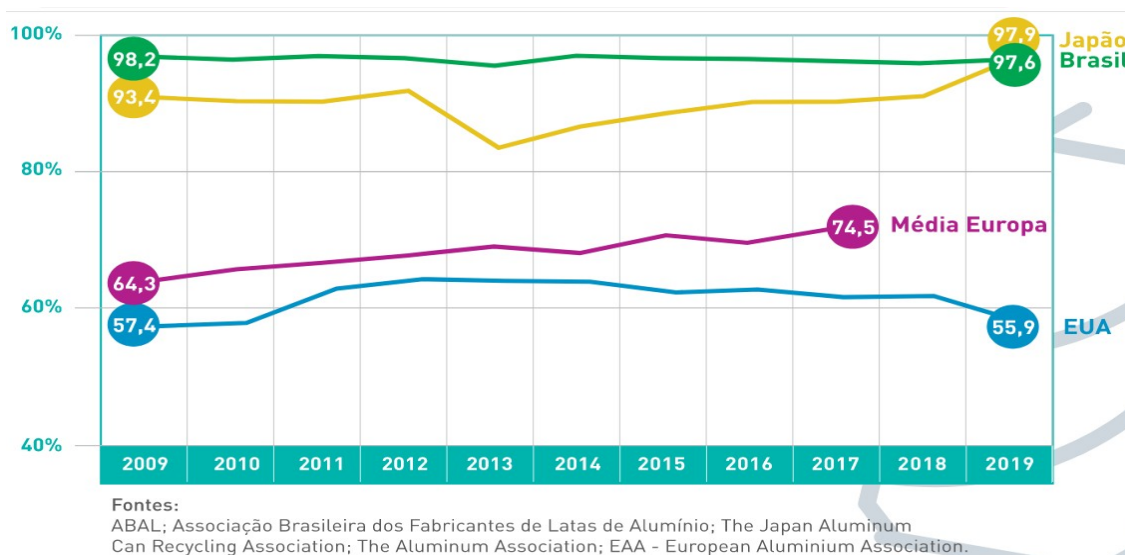
Figura 9 – Índices mundiais de reciclagem da lata de alumínio para bebidas - 1991 a 2016.



Fonte: ABRALATAS, 2017.

Em 2019, foram recicladas, no país, 97,6% (aproximadamente 366,8 ton) das latas para bebidas que entraram em circulação no mercado (Figura 10), representando uma redução de 70% das emissões de GEE do ciclo de vida da embalagem e confirmando a posição de destaque entre os líderes do ranking mundial (ABRALATAS, 2020).

Figura 10 - Índice de Reciclagem de Latas de Alumínio para Bebidas – 2009 a 2020



Fonte: ABAL, 2021.

O ciclo de reciclagem do alumínio tem uma etapa crucial ao processo, que se tornou tão efetivo devido aos esforços desempenhados por importantes agentes – os catadores de latinha (organizados ou não em cooperativas). Além desses também são agentes do ciclo os fabricantes de chapas, de latas, envasadores de bebidas, estabelecimentos comerciais, escolas etc. Nesse sentido, diversas pessoas atuam na cadeia produtiva da reciclagem, sendo sua base composta por catadores autônomos que comercializam o material para as organizações. As atividades dessas organizações consistem em prensagem, trituração, armazenamento e transporte. Segundo Demajorovic e Lima (2013), existem 3 níveis de atuação dessas organizações: no primeiro nível, há as cooperativas, os sucateiros informais, que compram os materiais de catadores e os revendem. Posteriormente, surgem as organizações com maior capacidade de processamento de material e estocagem, que vendem para alguma empresa de reciclagem. Por fim, temos os sucateiros e aparistas.

Em seguida, já nas plantas industriais, o material é preparado para seguir aos processos de fundição.

De acordo com VERRAN *et.al.* (2007), em empresas maiores e modernas, o material a ser reciclado segue para um desfardador, que quebra os blocos prensados de latas em pedaços. Através de uma correia transportadora, o material é levado para um moinho de facas, onde os pedaços dos blocos são completamente desmanchados. Após essa etapa, o material desmanchado passa por um separador eletromagnético, que remove metais ferrosos e, em seguida, para o moinho de martelos, onde é picotado, formando o cavaco de latas. Outra separação magnética é realizada para garantir a pureza do material que será reutilizado. Na sequência, o cavaco passa por uma peneira vibratória que retira terra, areia e outros resíduos. Um separador pneumático complementa este processo por meio de jatos de ar que separam papéis, plásticos e os demais contaminantes leves e pesados. A próxima etapa é a remoção das tintas e polímeros que recobrem o material num sistema de fluxo simultâneo ar/cavaco, no interior de um grande forno rotativo, conhecido como forno Klin, havendo perdas de rendimento em função da formação de óxido de alumínio (escória). A partir desse ponto, o material está pronto para ser fundido em metal líquido. Novamente na forma de metal, o alumínio é encaminhado para a laminação de chapas que serão transformadas novamente em latas.

Obviamente, em empresas de pequeno porte, não existem todas essas etapas citadas. Nesse caso, geralmente, o processo contempla a quebra dos blocos de latas de alumínio e posterior fusão dos cavacos, o que é prejudicial para a qualidade do alumínio obtido (VERRAN *et.al.*, 2007).

No Brasil ainda existem sucateiros sem máquinas e equipamentos capazes de preparar sucata de latas em boas condições, a saber: prensas especiais para compactação das latas, máquinas para limpar as impurezas impregnadas nas latas vazias, equipamentos especiais para o transporte sem contaminação por chuva, poeira etc. Ou seja, as latas normalmente chegam nas fundições repletas de elementos indesejáveis, como matéria orgânica, vidros, plásticos, areia, outros metais etc. Existem alguns casos em que a presença de outros metais, areia e pedras dentro das latas foi proposital para aumentar o peso, e assim, aumentar o valor do material a ser reciclado. Tal fato acarreta processos mais trabalhosos para separação. Os problemas seguem quando as latas descompactadas que passaram por um tratamento precário são carregadas diretamente nos fornos de fusão. A falta de remoção das tintas/vernizes e demais impurezas são prejudiciais ao rendimento metálico e à operação de estampagem, que pode ocasionar rupturas na conformação de novas latas. Sabe-se que o aquecimento de tintas e vernizes pode ocasionar a emissão orgânicos voláteis e dioxinas (GUSMÃO, 2000).

Os tipos de fornos usados na fundição da sucata de alumínio podem ser: rotativos, rotativos selados, sidewell sem sal, de indução (pouco utilizados) e de plasma (em desenvolvimento). Os primeiros, de tecnologia mais antiga, têm rendimento metálico entre 50% e 60%. Já os fornos rotativos selados com sal de cobertura têm um aproveitamento de até 85% e são os mais utilizados (ABAL, 2017).

Durante as operações do processo de fusão de sucata de latas de alumínio são adicionados certos fundentes que possuem características de proteger o banho metálico da extrema oxidação assim como proteger contra a dissolução de gases como nitrogênio e hidrogênio. Estes fundentes são a base daquilo que passará a ser chamado de escória. Possuem densidade inferior ao metal líquido e desta maneira permanecem na superfície do banho metálico (GUSMÃO, 2000).

Em termos econômicos, o ciclo de reciclagem pode ser continuamente alimentado já que os preços do mercado de sucata para o alumínio são bem atrativos. No caso das latinhas de alumínio, os preços são mais elevados em relação

a outros materiais recicláveis como papel, papelão, pet e vidro. Particularmente, em meados do ano de 2020, os preços no mercado de recicláveis caíram em função do crescimento das infecções pelo novo coronavírus. Para se ter uma ideia, na região metropolitana de Belo Horizonte, MG, comparado com o mês de maio de 2019, o preço do quilo de lata de alumínio caiu 22% pelo preço médio em maio de 2020. No ano passado valia em média R\$ 3,85 e hoje vale R\$ 2,99. O quilo do anel ou lacre de alumínio caiu 27%, de R\$ 3,74 para R\$ 2,71. O quilo da garrafa pet vazia que custava em média R\$ 1,19 reduziu para R\$ 0,75, uma queda de 37%. O quilo do papelão caiu de R\$ 0,25 para R\$ 0,24, queda de 4% .

## **5.2 Economia de eletricidade com a reciclagem do alumínio**

Como visto, é a grande vantagem do alumínio, que sai da cadeia depois de utilizado e pode ser reaproveitado em diferentes segmentos, gerando ganhos para todo o ciclo.

Segundo Abraltas (2008) a reciclagem da lata alumínio é capaz de gerar uma economia da ordem de 95% em relação à produção de uma tonelada de alumínio a partir da bauxita. Para se ter uma ideia desse valor, seria a energia necessária para produzir 20 latas de alumínio reciclado contra uma lata produzida a partir do minério virgem. Desconsidera-se desse valor, a energia já consumida durante os processos de coleta e separação do material a ser reciclado.

Segundo estudo conduzido pelo Centro de Tecnologia de Embalagem (Análise do Ciclo de Vida da lata de alumínio para bebidas), encomendado pela ABAL e ABRALATAS, a reciclagem da lata de alumínio para obtenção de uma nova embalagem pode proporcionar uma redução de até 70% (366,8 mil ton.) nas emissões de CO<sub>2</sub> necessárias para a fabricação dos produtos e 71% de redução no consumo de energia, em comparação à lata fabricada apenas com alumínio primário. Para tal, foram analisados diferentes cenários, a saber, (THE GREENEST POST, 2016):

*"No caso de 50% de metal reciclado e 50% de metal virgem, haveria uma redução de 35% em relação às emissões de CO<sub>2</sub> quando comparado com o primeiro cenário (apenas metal primário), haveria um consumo de energia elétrica 36% menor, um consumo de água 33% menor, um consumo de bauxita (ou seja, a necessidade de retirada de*

*minerais ou minérios) de menos 47% e 36% de redução na pegada de carbono. Já no cenário com 98% de metal reciclado, que é o que acontece hoje no Brasil, nós temos 70% de redução em relação às emissões de CO<sub>2</sub>, uma redução de 71% no consumo de energia elétrica, 65% de redução no consumo de água e 93% de redução no consumo de bauxita, resultando em 71% de redução do CO<sub>2</sub> equivalente, ou seja, da pegada de carbono. Então isso mostra que as emissões atmosféricas são muito menores, bem como a redução na pegada de carbono”.*

Esse assunto que tem chamado a atenção é a Nova Lei do Gás (Projeto de Lei n. 6407/13), que altera o marco regulatório do setor de gás natural, matéria-prima importante para a geração de energia elétrica das indústrias de alumínio. Espera-se que com o fim do monopólio da produção e distribuição do gás natural, haja uma redução nos preços do insumo, criando melhores condições para o crescimento da produção de alumínio, que se tornou importador do produto desde 2014.

De acordo com a ABAL, hoje a indústria paga no Brasil US\$ 14 por milhão de BTU (unidade térmica britânica, na sigla em inglês), comparado um custo de US\$ 3 e US\$ 7, nos Estados Unidos e na Europa, respectivamente. Espera-se, com a Nova Lei do Gás, que esse valor caia para metade (REVISTA ALUMÍNIO, 2020).

### **5.3 A contribuição da reciclagem do alumínio na redução dos impactos ambientais**

Apesar de tantas vantagens, a reciclagem do alumínio, assim como todo processo produtivo, apresenta aspectos ambientais que requerem cuidados. De acordo com informações do Sebrae (2004), os principais aspectos ambientais decorrentes da reciclagem do alumínio são: geração de resíduos sólidos causando alteração das características físico-químicas da água e do solo; emissão de gases levando a alteração da qualidade do ar; geração de ruído causando incômodo e alteração dos níveis sonoros locais.

A Tabela a seguir apresenta os principais impactos desse processo.



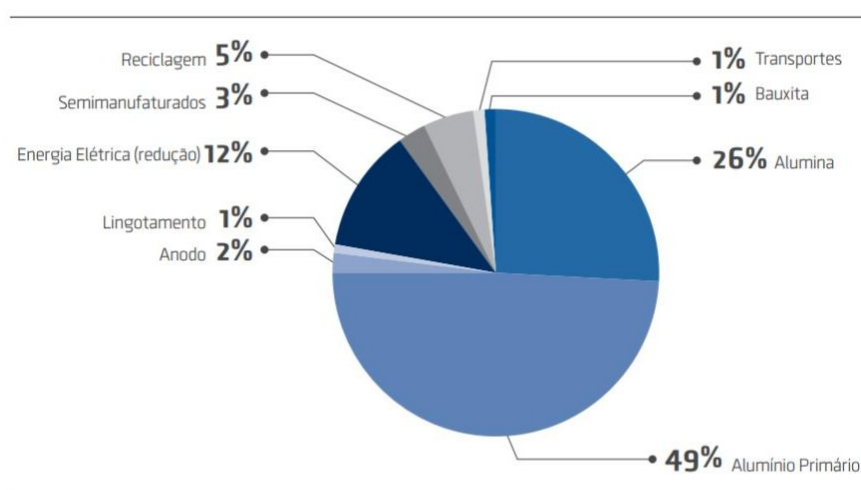
Tabela 5 – Impactos ambientais da reciclagem do alumínio

Atividades	Aspectos ambientais	Impactos ambientais
Recebimento da matéria-prima	- Ruídos - Gases - Poeira	Alteração das características físico-químicas do solo
Transporte da matéria-prima	- Ruído - Gases	Alteração da qualidade do ar
Armazenamento	- Resíduos sólidos	Visual
Processamento	- Ruídos - Resíduos	Alteração dos níveis sonoros
Transporte Final	- Ruído - Gases	Alteração da qualidade do ar

Fonte: Sebrae, 2004

Por outro lado, quando se compara a produção de alumínio primário e a reciclagem, observa-se que essa última caminha na direção de uma economia de baixa emissão de carbono. Um estudo realizado pela ABAL em parceria com a Fundação Espaço Eco (ABAL, 2010) aponta que as emissões de gases de efeito estufa na etapa de reciclagem são de 5%, conforme Figura 11.

Figura 11 – Contribuição das etapas de produção nas emissões de CO<sub>2eq</sub>/ para 1 ton. de alumínio primário produzido



Fonte: Estudo - Avaliação das emissões de gases de efeito estufa na cadeia de valor do alumínio - Fundação Espaço ECO.

Fonte: ABAL, 2010.

O impacto de cada fase da produção da lata, seja por meio do alumínio primário ou pela reciclagem, foi analisado pelo Centro de Tecnologia de Alimentos (Cetea), a fim de traçar a análise do ciclo de vida (ACV) da mesma, resultando em três cenários possíveis que são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 –Redução de impacto ambiental em relação ao cenário sem reciclagem (%) tomando como valores 1 ton. de alumínio primario com ao atulizar 0% de reciclado.

<b>% ALUMÍNIO REICLADO</b>	<b>EMIÇÃO DE CO<sub>2</sub></b>	<b>CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>CONSUMO DE ÁGUA</b>	<b>CONSUMO DE BAUXITA</b>
0%	100%	100%	100%	100%
50%	-35%	-36%	-33%	-47%
98%	-70%	-71%	-65%	-93%

Fonte: ABAL, 2017.

Pela Tabela 6, percebe-se que a melhoria dos processos de produção de alumínio e da reciclagem, considerando conservação e uso de fontes de energia renováveis, a indústria de alumínio pode ter uma contribuição positiva para o combate às mudanças climáticas.

#### **5.4 Aspectos sociais da reciclagem de alumínio no Brasil**

Na área social, a atividade tem reflexo na geração de renda para os catadores de materiais recicláveis, além de estimular maior consciência da sociedade sobre a importância da reciclagem e da conservação dos recursos naturais.

No Brasil, há uma elevada taxa de resíduos sólidos que cresce constantemente. O total de resíduos gerados no Brasil em 2015 correspondeu a mais de 218 toneladas por dia, segundo dados da Abrelpe (2015) e a quantidade de resíduos coletados correspondeu a 1978.750 toneladas diárias. 58,7% do total de resíduos coletados foram destinados para os aterros sanitários e o restante encaminhado para aterros e lixões, sem as medidas necessárias de proteção do

meio ambiente contra danos e degradações. Isso significa que grande parte dos resíduos produzidos não é reciclado.

Com o grande número da população brasileira, a tendência é haver sempre um crescimento dos resíduos. Esse é um dos fatores que contribuem para a expansão da reciclagem no país. Para ABRELPE (2015), a reciclagem deve ser uma meta não só a nível nacional, mas deve ser empreendida em várias partes do mundo.

Metello e Sant'Anna (2016) afirmam que os municípios devem priorizar a participação de cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis na coleta seletiva. O resíduo sólido reutilizável possui um valor econômico e social, gerador de trabalho e renda, além de promover a cidadania, conforme preconiza o Art. 6º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A PNRS tem como objetivo integrar os catadores de materiais recicláveis na gestão dos RSU e contribuir para alterar as condições desfavoráveis onde se encontram a cadeia de reciclagem. É preciso o fortalecimento das cooperativas ou associações, além da construção de diversas possibilidades de atuação na cadeia de reciclagem.

Há a necessidade de um incentivo maior em prol da atuação dos catadores na cadeia produtiva de reciclagem, de modo a expandir a reciclagem e a inserção dos catadores. Conforme indica a PNRS, art. 42, o poder público poderá instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender as iniciativas de implantação de infraestrutura física e aquisição de equipamentos para cooperativas ou associações de catadores de recicláveis.

De acordo com Metello e Santana (2016), o processo de reciclagem custa menos ao poder público do que a coleta de resíduos por meio das empresas de coleta de lixo. O estímulo à ampliação da reciclagem é um desafio para as mudanças estruturais para as cooperativas de catadores.

Para isso, são necessários investimentos sociais, que evitem as condições precárias de trabalho e qualifique o serviço prestado por meio de captação permanente e remuneração justa. Os investimentos voltados para a promoção e fortalecimento do cooperativismo e o incentivo ao desenvolvimento da reciclagem são aspectos importantes para a busca de mudanças no destino dos resíduos sólidos (ABAL, 2017).

#### **5.4.1 Os catadores e a reciclagem de alumínio**

De acordo com o Ministério da Agricultura, existem mais de 800 mil pessoas cadastradas como catadoras. Com bases nos dados do IPEA, a coleta de materiais recicláveis representa a principal atividade econômica para os catadores. No entanto, existe um quadro de preconceito e exclusão social, que levam os catadores a não declarar sua atividade ou não se declara como catador.

A média de idade desses trabalhadores é de 39 anos predominante no sexo masculino. O índice de escolaridade dos catadores mostra que esses trabalhadores possuem baixas taxas de escolaridade. Outro aspecto que se destaca entre eles é o alto índice de informalidade na atividade que os catadores realizam (IBGE, 2012).

Para Braga (2007), os catadores desempenham uma atividade ambiental de fundamental importância para o meio ambiente brasileiro. O mérito dessa afirmação é parcial, haja vista usar do recurso mercadológico de enxugar o mercado de latas de alumínio em momentos de crise no mercado da reciclagem para se elevar o preço pago pela indústria de reciclagem às latas de alumínio, significa que para os catadores o que conta são as oportunidades econômicas da atividade da reciclagem.

Somente na etapa da coleta da latinha, R\$ 1,6 milhão foram injetados diretamente na economia brasileira em 2018. O montante corresponde a 1,8 milhões de salários mínimos ou a remuneração de 1 salário mínimo por mês para a população de uma cidade com cerca de 150 mil habitantes (ABAL, 2017). Esse resultado é fruto da conjugação de vários aspectos. O principal deles é o fato do país possuir um mercado de reciclagem já estabelecido em todas as suas regiões.

A reciclagem do alumínio é muito importante para as organizações continuarem com resultados positivos e crescentes. Grande parte das empresas brasileiras de alumínio tem se preocupado com o desenvolvimento sustentável, investindo diversos recursos em programas de preservação ambiental.

Destaca-se que a participação de catadores tem sido fundamental ao longo dos anos e, segundo a ABAL (2017), eles estão cada vez mais se organizando em cooperativas, e há casos, inclusive que condomínios passaram a juntar e a vender as latinhas para reduzir as despesas. Juntam-se a estes, os estabelecimentos comerciais como restaurantes, bares, escolas particulares, devido ao seu alto valor.

Mas o trabalho é árduo: para acumular um quilo de alumínio são necessárias 75 latinhas.

A participação de variados setores da sociedade acelerou o ciclo de vida da embalagem, cujo destino são as cooperativas e os centros de coleta. As cooperativas ganharam força na década de 1990 e é resultado da organização e profissionalização dos catadores (coletores de material reciclável). A cadeia de reciclagem do alumínio no Brasil absorve mais de duas mil empresas envolvidas com a coleta, transporte, laminação e fabricação de latas (ABAL, 2017).

Nesse sentido, conforme Costa e Mendes (2007), a reciclagem do alumínio tem contribuído muito para o desenvolvimento socioambiental, trazendo diversos benefícios para o Brasil e o meio ambiente, com destaque para:

#### **Benefícios Sociais:**

- Colabora para o crescimento da consciência ecológica na comunidade;
- Contribui para menor agressão ao meio ambiente;
- Reduz a quantidade de lixo nos aterros sanitários;
- Incentiva a reciclagem de outros materiais;
- Promove o aumento de renda em áreas carentes;
- Beneficia entidades assistenciais tais como igrejas e escolas.

#### **Benefícios Políticos**

- Colabora para o estabelecimento de políticas de destinação de resíduos sólidos;
- Ajuda no conhecimento da composição do lixo urbano;
- Pode ser adaptável a realidades diferentes sem problemas (cidades grandes, médias e pequenas).

#### **Benefícios Econômicos**

- Injeção de recursos na economia local;
- Fonte de renda permanente para mão-de-obra não qualificada;
- Não necessita de grandes investimentos;
- Proporciona grande economia de energia elétrica;
- Estimula outros negócios. Exemplo: máquinas e equipamentos de prensagem.

## 6. Conclusões

A presente pesquisa procurou abordar a reciclagem do alumínio como um caminho para o desenvolvimento sustentável. Aspectos de sustentabilidade ambiental, importância da reciclagem; histórico da indústria do alumínio; processos produtivos, principais aplicações e impactos na sociedade foram abordados a fim de demonstrar a responsabilidade com o futuro para as futuras gerações.

Além das contribuições para o mercado brasileiro, foi possível perceber qual é a aplicação da reciclagem como pilar da sustentabilidade na construção do desenvolvimento sustentável mundial. O Brasil é pioneiro na reciclagem e o gráfico abaixo que apresenta a relação entre sucata recuperada e o consumo doméstico mostra o caminho para o qual a indústria metalúrgica da reciclagem está caminhando.

Diante do aumento do consumo de produtos acabados que demandam de matérias-primas naturais, tem crescido a geração dos resíduos decorrentes destes processos. Isso acarreta uma maior exigência de produtos e serviços ambientalmente corretos e aumento do segmento de consumidores que exigem produtos não nocivos ao meio ambiente. Como resultado, as empresas estão assumindo posturas de responsabilidades social e ambientalmente corretas.

A reciclagem é uma proposta de tratamento ambientalmente correta, pois proporciona o uso de resíduos em forma de matéria-prima reciclada, além de poupar recursos naturais.

A respeito das latas de alumínio, em 2019 foram coletadas e recicladas 96,9% dessas embalagens. O que equivale dizer que foram reaproveitadas quase todas as latas que entraram em circulação no mercado, cerca de 26 bilhões de unidades. Em números exatos: das 330,3 mil toneladas de latas que foram comercializadas no período, 319,9 mil toneladas foram recicladas. O levantamento é feito com base em números apurados pela ABAL e pela Abralatas. Em relação a 2017, o consumo de latas de alumínio de bebidas em 2019 cresceu 8,7% e esse aumento foi acompanhado pela reciclagem, que avançou 8,1%. A alteração do perfil do consumidor por produtos mais sustentáveis levaram os fabricantes a investir na qualidade de suas embalagens pensando na responsabilidade social.

Na área social, a atividade de reciclagem tem reflexo na geração de renda para os catadores de materiais recicláveis, estimulando maior consciência da

sociedade sobre a importância da reciclagem e da conservação dos recursos naturais. O montante corresponde a 1,8 milhão de salários mínimos ou a remuneração de 1 salário mínimo por mês para a população de uma cidade com cerca de 150 mil habitantes. Conforme destacado ao longo do trabalho, a reciclagem contribui também para a redução do consumo de insumos no meio ambiente, reduzindo do consumo de energia, a redução da emissão de gases do efeito estufa, a redução do consumo de água e proteção da biodiversidade. O reaproveitamento das latas revela não só a eficiência do processo de reciclagem, mas também evidencia a firme decisão da indústria por essa prática sustentável.

Outra questão é a economia de energia. A reciclagem de alumínio usa 95% menos energia em comparação ao processo feito com o alumínio pelo processo convencional. Além disso, há redução significativa da extração do minério de bauxita do solo.

No ano de 2020, mesmo com mercado instável e de dificuldades, a latinha de alumínio foi na contramão e apresentou um crescimento de 7,3% no Brasil. Um total de 32 bilhões de latas foram comercializadas, um recorde de faturamento de 17,5 bilhões conforme dados Abralatas.

Para 2022 a previsão de expansão do setor é de 2 bilhões com novas plantas instaladas no país, levando a necessidade de conscientização da reciclagem deste produto.

Em termos mundiais, segundo o gerente automotivo e de transporte da European Aluminium Patrik Ragnarsson , com o aumento de veículos elétricos acontecendo mais rápido que o previsto impulsionado pelas rígidas regulamentações de emissão de CO2 estabelecidas pela comissão europeia, com valores previstos de redução em 15% para 2025 e 37,5% para 2030 a utilização de alumínio nestes veículos faz-se necessário para diminuir o peso e conseqüentemente reduzir as emissões. A demanda deve crescer só para este segmento aproximadamente 18 milhões de toneladas até 2050, sendo seguidos também pela indústria da construção e de embalagens.

## Referências Bibliográficas

ALVES, C. G. S. M. **Análise comparativa dos impactos ambientais e dos aspectos tecnológicos da produção de alumínio primário em Minas Gerais**. Dissertação. Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Ouro Preto, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE LATAS DE ALUMÍNIO [ABRALATAS]. **Brasil reciclou mais de 97% das latas de alumínio para bebidas**. 03/12/2020. Disponível em: <<https://www.abralatas.org.br/?p=11148>>. Acesso em 02 jan. 2021.

\_\_\_\_\_. **Dados do setor - Mundo: Índices de reciclagem da lata de alumínio para bebidas - 1991 a 2016**. Disponível em: <[https://www.abralatas.org.br/wp-content/uploads/2015/03/abralatas\\_dados\\_do\\_setor\\_abralatas.pdf](https://www.abralatas.org.br/wp-content/uploads/2015/03/abralatas_dados_do_setor_abralatas.pdf)>. Acesso em 02 jan. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS [ABRELPE]. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2019**. ABRELPE: Novembro, 2019.

\_\_\_\_\_. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2014**. São Paulo. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/>. Acesso em: 10 abr 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO [ABAL]. **A História do Alumínio no Brasil**. Disponível em: <<https://abal.org.br/aluminio/historia-da-industria-do-aluminio/historia-da-industria-no-brasil/#:~:text=Em%201981%2C%20a%20Billiton%20Metais,do%20Maranh%C3%A3o%20que%20iniciou%20suas>>. Acesso em 29 nov. 2020. (a)

\_\_\_\_\_. **Alumínio: Cadeia primária**. Disponível em: <<https://abal.org.br/aluminio/cadeia-primaria/>>. Acesso em: 20 dez. 2020. (b)

\_\_\_\_\_. **A indústria brasileira de alumínio no rumo da economia de baixo carbono**. ABAL: São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://abal.org.br/publicacao/a-industria-brasileira-de-aluminio-no-rumo-da-economia-de-baixo-carbono/>>. Acesso em 04 de jan. 2021.

\_\_\_\_\_. **Estatísticas**. Disponível em: <<https://abal.org.br/estatisticas/>>. Acesso em: 20 dez. 2020. (c)



\_\_\_\_\_. **Plano Energético para a indústria do alumínio no Brasil 2017.** Disponível em: <<http://abal.org.br/downloads/publicacoes/folder-plano-de-energia-2017-port.pdf>>. Acesso em 02 jan. 2021.

\_\_\_\_\_. **Sustentabilidade:** reciclagem. Disponível em: <<https://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/>>. Acesso em 02 jan. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO [ABAL]; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA [CNI]. **A sustentabilidade da indústria brasileira do alumínio.** Brasília: CNI, 2017.

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento e meio ambiente:** as estratégias de mudanças da Agenda 21. Petrópolis: Vozes, 2001.

BARROSO, A.; MACHADO, V. **Recovery logistics management in Portugal. Investigation Operational.** v. 25, n. 2, p.179-194. 2005.

BRAGA, H. M. C. O re-ciclo dos resíduos urbanos em cidades médias: um estudo de caso no sudoeste baiano. Scripta Nova. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales.** Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2007, vol. XI, n. 245.

CARDOSO, J. G. R. et al. **A indústria do alumínio:** estrutura e tendências. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 33 , p. 43-88, mar. 2011

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA A RECICLAGEM [CEMPRE]. **Radiografando a Coleta Seletiva.** Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

\_\_\_\_\_. **MMA lança Programa Nacional Lixão Zero.** CEMPRE INFORMA número 157. Disponível em: <<http://cempre.org.br/cempre-informa/id/120/mma-lanca-programa-nacional-lixao-zero>>. Acesso em 09 dez. 2020.

CORREIO BRAZILIENSE. **Coronavírus: queda de preços de recicláveis dificulta vida de catadores.** 11/05/2020 Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/brasil/2020/05/11/interna-brasil,853590/coronavirus-queda-de-precos-de-reciclaveis-dificulta-vida-de-catadore.shtml#:~:text=O%20quilo%20da%20latinha%20vazia,com%20uma%20vari%C3%A7%C3%A3o%20de%20133%25>>. Acesso em 04 jan. 2021.

COSTA, L. PIRES, H. **Contribuição da reciclagem do alumínio para o alcance do desenvolvimento sustentável**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia A Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2007.

DEMAJOROVIC, Jacques; LIMA, Márcia. **Cadeia de reciclagem: um olhar para os catadores**. São Paulo: Senac; Sesc, 2013.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 5ª ed. São Paulo: Editora Global, 2004.

DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

EMBALAGEM MARCAS. **Brasil reciclou mais de 97% das latas de alumínio para bebidas em 2019**. 16/11/20. Disponível em: <<https://www.embalagemmarca.com.br/2020/11/brasil-reciclou-mais-de-97-das-latas-de-aluminio-para-bebidas/>>. Acesso em 18 dez. 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA [EPE]. **Balço Energético Nacional 2020 – Ano base 2019**. Rio de Janeiro: EPE, 2020.

ENRÍQUEZ, M.A. **Economia dos recursos naturais**. In: MAY, P.H. (Org.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

FIGUEIREDO, F. F. **Ambientalismo Econômico na Indústria da Reciclagem dos Materiais no Brasil**. In: **Encontros de Socioeconomia do Meio Ambiente e Política Ambiental**. Natal, RN: DPP/CCHLA, 2013.

GUSMÃO, M. A. B. de. **Avaliação de uma planta de reciclagem de alumínio à luz da gestão pela qualidade total**. Dissertação. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica. Campinas, 2000.

KVANDE, H. **O Processo de Fundição do Alumínio**. *Journal of Occupational and Environmental Medicine (JOEM)*, n.5S, maio 2014. Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/processos-de-producao/fundicao/>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

LORA, Electo E. S. **Prevenção e controle da poluição no setor energético industrial e transporte**. Brasília. ANEEL, 2000.

MACHADO C.T., SANTOS V., OLIVEIRA, E. **A reciclagem de alumínio como vantagem estratégica de negócios em uma indústria metalúrgica**: um estudo de caso. XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

MARCONDES, A. W. A. **Trilha da Sustentabilidade**. Disponível em: <<http://www.agsolve.com.br/noticia.php?cod=448>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

MEDEIROS, C. **O setor elétrico brasileiro e a produção nacional de alumínio**. Uma análise sobre o período 2000-2015. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. Rio de Janeiro, 2017.

METELLO, D.; SANT'ANA, D. de. Reciclagem e inclusão social no Brasil: balanço e desafios. In: PEREIRA, Bruna Cristina Jaquetto; GOES, Fernanda Lira (Org.). **Catadores de materiais recicláveis**: um encontro nacional. Rio de Janeiro: Ipea, 2016.

MONTIBELLER FILHO, G. **O mito do desenvolvimento sustentável**: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias. 3. ed. rev. e atual. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2008.

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE [MMA]. SECRETARIA DE QUALIDADE AMBIENTAL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. 2020.

MOREIRA, V.C.S. **Lixo urbano e a reciclagem de latas de alumínio**. São Paulo, 2002. Disponível em: Acesso em: 15 out 2006.

OBSERVATÓRIO SOCIAL. **Estudos das empresas ALCOA e ALCAN na cadeia produtiva do alumínio**. ALCOA e ALCAN, Outubro de 2002.

PATROCINIO, P. R. G.. **Caracterização da textura e do orelhamento (“earring”) da liga AA3104 após a redução a frio**. Dissertação. Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo. Lorena, 2011.

PINTO, L., CABRAL J. **Reciclagem de latas de alumínio no brasil**: relevância econômica e tecnológica. Universidade Federal da Paraíba.

LATAS de alumínio. **Alcan Embalagens do Brasil**. Disponível em: Acesso em: 8 set 2020.

REVISTA ALUMÍNIO. **Câmara dos Deputados aprova texto base da “Nova Lei do Gás”**. 02/09/20. Disponível em: <<https://revistaaluminio.com.br/um-mes-apos-ser->

aprovada-na-camara-nova-lei-do-gas-esta-parada-no-senado/>. Acesso em 08 jan. 2021.

RIBEIRO, D.V.; MORELLI, M.R. **Resíduos Sólidos**: problema ou oportunidade? Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009.

ROCHA, J. C.; JOHN, V. M. **Utilização de resíduos na construção habitacional**. Porto Alegre, 2003.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI**: desenvolvimento e meio ambiente. São Paulo: Studio Nobel/Fundap, 1993.

SEBRAE. **Curso básico de gestão ambiental**. Brasília: SEBRAE, 2004

SENGE P. **A Revolução decisiva**. São Paulo: Elsevier Campus, 2009.

SILVA, D. C. C. **Estudo sobre a vulnerabilidade sócio-ambiental no Município de Alumínio, São Paulo, a partir da poluição do ar**. Dissertação. Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Mestrado em Engenharia Ambiental. Ouro Preto, 2010.

THE GREENEST POST. **Fabricar latas com alumínio reciclado diminui em até 70% emissões de CO<sub>2</sub>**. 20/06/16. Disponível em: <<https://thegreenestpost.com/processo-de-fabricacao-de-latas-com-aluminio-reciclado-diminui-em-ate-70-as-emissoes-de-co2/>>. Acesso em: 07 dez. 2020.

USEPA, US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Compilation of air pollutant emission factors**. Primary Aluminum Production, Section 12.1. Final Section, 1998. Washington: USEPA, 1998.

VERRAN, G.O.; KURZAWA, Udo; GABOARDI, G. G. Reciclagem de latas de alumínio usando fusão em forno elétrico à indução. **Estudos tecnológicos**, v. 3, n. 1, p. 01-11, 2007.

WORLD ALUMINIUM. **Mining Process**, s.d. Disponível em: <<http://www.bauxite.world-aluminium.org/mining/process.html>>. Acesso em: 04 jan. 2021.