



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS  
ÁGUAS  
CURSO DE BACHARELADO EM GESTÃO AMBIENTAL**

**RAYSSA AMORIM DA SILVA**

**RECICLAGEM DE MATÉRIAS-PRIMAS NO BRASIL: UM ESTUDO  
SOBRE O FERRO, O ALUMÍNIO E O AÇO**

**SANTARÉM – PARÁ**

**2022**

**RAYSSA AMORIM DA SILVA**

**RECICLAGEM DE MATÉRIAS-PRIMAS NO BRASIL: UM ESTUDO SOBRE O  
FERRO, O ALUMÍNIO E O AÇO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, da Universidade Federal do Oeste do Pará- Campus de Santarém - PA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Gestão Ambiental.

Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Quêzia Leandro de Moura Guerreiro

**SANTARÉM-PARÁ**

**2022**

**RAYSSA AMORIM DA SILVA**

**RECICLAGEM DE MATÉRIAS-PRIMAS NO BRASIL: UM ESTUDO  
SOBRE O FERRO, O ALUMÍNIO E O AÇO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, da Universidade Federal do Oeste do Pará- Campus de Santarém - PA, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Gestão Ambiental.  
Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Conceito:

Data de Aprovação: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

---

Dra. Quêzia Leandro de Moura Guerreiro – Orientadora  
Universidade Federal do Oeste do Pará

---

Dra. Diani Fernanda da Silva Less  
Universidade Federal do Oeste do Pará

---

Me. José Cláudio Ferreira dos Reis Júnior  
Universidade Federal do Oeste do Pará

## RESUMO

A reciclagem é de fundamental importância no reaproveitamento da matéria prima. Com ela, evita-se novas extrações minerais, conservar-se o minério nacional, gerando menos impactos ambientais. Este trabalho possui o objetivo de elencar a quantidade de ferro, de alumínio e de aço produzidos, beneficiados, comercializados e reciclados no Brasil nos anos 2015 a 2019. Trata-se de uma pesquisa quantitativa que utilizou como fonte de dados os relatórios anuais, de 2015 a 2019, oferecidos por instituições que fazem levantamento de números acerca da mineração brasileira, como a Associação Brasileira de Alumínio, a Agência Nacional de Mineração, o Instituto Aço Brasil e o Sindicato das Empresas de Sucata de Ferro e Aço. Como resultados, verificou-se que a produção de ferro é mais intensa nos estados de Minas Gerais e Pará, sendo o ferro bruto aquele produzido em maior quantidade quando comparado ao ferro beneficiado. Com relação ao alumínio, sua maior produção é no Pará e o total de sua produção bruta, em toneladas, foi de 232.880. No caso do aço, sua maior produção é em Minas Gerais e o total produzido observado foi de 166.857 de toneladas. Com relação à reciclagem desses minerais, percebe-se que o ferro ainda é pouco reciclado no Brasil, ao contrário do alumínio e do aço que possuem números bem expressíveis. Enfim, nota-se que o Brasil é uma potência na indústria de minério e, que por isso, a reciclagem deve ser estimulada no país como forma de reduzir impactos ambientais e sociais.

**Palavras-chaves:** Metais. Recursos minerais. Levantamento de dados.

## ABSTRACT

Recycling is of fundamental importance to reuse raw material. With it, new mineral extractions are avoided, national ore is conserved, generating less environmental impacts. This work aims to list the amount of iron, aluminum and steel produced, processed and recycled in Brazil from 2015 to 2019. This is a quantitative research that used the annual reports from 2015 to 2019 as a data source. 2019, offered by institutions that survey numbers about Brazilian mining, like as Brazilian Aluminum Association, National Mining Agency, Steel Brazil's Institute and the Union of Iron and Steel Scrap Companies. As a result, it was found that iron production is more intense in the states of Minas Gerais and Pará, with raw iron being the one produced in greater quantity when compared to processed iron. With regard to aluminum, its largest production is in Pará and its total gross production, in tons, was 232,880. In the case of steel, its largest production is in Minas Gerais and the total production observed was 166,857 tons. Finally, it is noted that Brazil is a power in the ore industry and,

therefore, recycling should be encouraged in the country as a way of reducing environmental and social impacts.

**Keywords:** Metal. Mineral Resources. Data collection.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

|                                                                                                                                        |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Quadro 1- Principais instituições que fornecem dados sobre produção, comercialização e reciclagem do ferro, do alumínio e do aço. .... | 2 |
| Figura 1 - Quantidade de ferro bruto e beneficiado produzidos no Brasil nos de 2015 a 2019. 6                                          | 6 |
| Figura 2 - Produção bruta e beneficiada de Alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 2015-2019 no Brasil. ....                        | 8 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Principais empresas que produzem e comercializam o Ferro no Brasil e suas respectivas cotas (em %) de participação no total comercializado nos anos de 2015 a 2019. .... | 3  |
| Tabela 2 - Total de ferro bruto e beneficiado produzidos, por estados brasileiros, nos anos de 2015 a 2019. ....                                                                    | 4  |
| Tabela 3 - Quantidade de ferro bruto e beneficiado comercializados e total de ferro reciclado.                                                                                      | 6  |
| Tabela 4 - Principais empresas que produzem o Alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) e suas participações (cotas) na comercialização nacional em 2015-2019. ....                | 7  |
| Tabela 5 - Total de alumínio bruto e beneficiado produzidos, por estados brasileiros, nos anos de 2015 a 2019. ....                                                                 | 8  |
| Tabela 6 - Quantidade de alumínio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) bruto e beneficiado comercializados e total de alumínio reciclado no Brasil nos anos de 2015 a 2019. ....       | 9  |
| Tabela 7 - Principais empresas que produzem o Aço no Brasil e suas produções de 2015-2019. ....                                                                                     | 11 |
| Tabela 8 - Quantidade de aço comercializado e total de aço reciclado no Brasil nos anos de 2015 a 2019. ....                                                                        | 12 |
| Tabela 9 - Comercialização de Aço 2015-2019. ....                                                                                                                                   | 13 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABAL - Associação Brasileira de Alumínio.

ABRALATAS - Associação Brasileira dos Fabricantes de Latas de Alumínio.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais .

ACIM - Associação Comercial e Industrial de Marabá.

AECIPP - Associação das Empresas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém.

ARBED - Acières Réunies de Bubach-Eich-dudelange.

ALCOA – Alcoa Alumínio S/A.

$Al_2O_3$  - Alumínio

$Al(OH)_3$  - gibbsita

ANM – Agência Nacional de Mineração

C - Carbono

$CO_2$  - Dióxido de carbono

Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente

$CH_4$  - Metano

CSN - Companhia Siderúrgica Nacional.

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

Fe – Ferro

$Fe_2O_3$  - hematita

FIEPA - Sistema Federação das Indústrias do estado do Pará.

FFB - Formações Ferríferas Bandadas

IAB - Instituto Aço Brasil

IAI – International Aluminium Institute.

INESFA - Instituto Nacional das Empresas de Preparação de Sucata Não Ferrosa e de Ferro e Aço.

MMA - Ministério do Meio Ambiente.

MRN – Mineração Rio do Norte S/A.

$NO_x$  - Óxidos de nitrogênio

P - Fósforo

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos.

S - Enxofre

SINDINESFA - Sindicato das Empresas de Sucata de Ferro e Aço

SINOBRAS – Siderúrgica Norte Brasil.

Si - Silício

SO<sub>x</sub> - Óxidos de enxofre

t – Tonelada.

TiO<sub>2</sub> - Dióxido de titânio

γ-AlOOH – boehmite

α-AlO (OH) - diásporo

## SUMÁRIO

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>                                                    | <b>1</b>  |
| <b>2 METODOLOGIA</b>                                                   | <b>2</b>  |
| <b>2.1 Tipo de estudo</b>                                              | <b>2</b>  |
| <b>2.2 Coleta de dados</b>                                             | <b>2</b>  |
| <b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>                                        | <b>3</b>  |
| <b>3.1 Produção, beneficiamento e reciclagem de ferro no Brasil</b>    | <b>3</b>  |
| <b>3.2 Produção, beneficiamento e reciclagem de alumínio no Brasil</b> | <b>7</b>  |
| <b>3.3 Produção, beneficiamento e reciclagem de aço no Brasil</b>      | <b>10</b> |
| <b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>                                          | <b>13</b> |
| <b>REFERÊNCIAS</b>                                                     | <b>14</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O ferro ocupa o quarto lugar em quantidade no que diz respeito aos metais presentes na crosta terrestre. No Brasil, o ferro possui três principais regiões de exploração - Quadrilátero Ferrífero, Região de Carajás e Região de Corumbá - onde é explorado para fins comerciais das seguintes formas: itabirito, hematita e canga (CARVALHO *et al.*, 2014). A produção de ferro em quase toda sua totalidade é destinada à indústria siderúrgica e, no Brasil, o minério de ferro possui importância na economia devido ao grande papel de exportador mundial do país (PEREIRA, 2012).

O alumínio, terceiro elemento mais comum na crosta terrestre, possui as propriedades de leveza, resistência à corrosão e alta condutividade elétrica. Sendo assim, pode ser usado na produção de ligas metálicas e laminados, o que garante sua importância econômica. O alumínio é um metal empregado nas indústrias farmacêutica, alimentícia, aeronáutica, além de ser usado em tratamento de água e, por isso, é o segundo metal mais empregado - perdendo apenas para o ferro (CARDOSO *et al.*, 2011).

O aço é definido como uma liga metálica composta por ferro e carbono. Tornou-se uma matéria prima popular por possuir algumas propriedades mecânicas e térmicas, como durabilidade, elasticidade, maleabilidade, resistência e boa condutividade térmica. Assim, nesse contexto, o aço tornou-se um dos metais mais utilizados na indústria automobilística e na construção civil (BISPO; REIS, 2019).

Contudo, a produção mineral, apesar de sua importância industrial, também possui aspectos negativos. Os impactos ambientais causados pela pesquisa, exploração, extração e beneficiamento dos elementos em questão são diversos e alteram a qualidade ambiental, como a perda da biodiversidade (tanto em relação à fauna quanto à flora) e a poluição dos recursos hídricos e do solo (SOUSA, 2020).

Dentro desse contexto, é válido compreender os conceitos de produção, beneficiamento, comercialização e reciclagem. A produção é o processo que transforma a matéria-prima em itens necessários para o consumidor. O beneficiamento é o processo que modifica o produto, aperfeiçoando-o (DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINEIRAS, [s.d].) Dessa forma, a produção beneficiada consiste no conjunto de operações que transforma a rocha extraída na mineração em matéria prima para a indústria. A comercialização são atividades que transferem os bens e os serviços dos produtores e prestadores de serviço para o consumidor (EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, [s.d.]).

Quanto à reciclagem, esta é definida como uma série de técnicas que visam

aproveitar resíduos, tendo por objetivo colocá-los no ciclo de produção novamente. Ela é fruto de atividades que buscam coletar, separar e processar materiais que estavam em sucatas para serem usados como matéria prima de novos produtos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, 2021).

Diante da compreensão da importância das matérias primas citadas para a sociedade e da posição de potência do Brasil no que diz respeito à produção e à exportação destes materiais, este trabalho torna-se relevante no intuito de compreender o processo de reciclagem brasileira do ferro, alumínio e aço. Assim, o presente estudo tem como objetivo elencar a quantidade de ferro, de alumínio e de aço produzidos, beneficiados, comercializados e reciclados no Brasil nos anos 2015 a 2019.

## 2 - METODOLOGIA

### 2.1 Tipo de estudo

Esta é uma pesquisa com abordagem quantitativa com o objetivo de elencar a produção, beneficiamento, comercialização e reciclagem de ferro, alumínio e aço no Brasil, baseadas em levantamentos de dados em documentos e fontes bibliográficas.

### 2.2 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada no período de 13 de julho a 11 de agosto de 2021 através do portal de empresas, associações dos minérios, Ministério do Meio Ambiente e de classes das indústrias de transformação e informações oficiais que disponibilizam dados acerca da produção bruta, beneficiada, reciclagem, importação, exportação e comercialização do ferro, do alumínio e do aço.

O Quadro 1 apresenta as principais instituições que fornecem dados oficiais e foram fonte de dados para elaboração da presente pesquisa. Para sua confecção, os *sites* das instituições foram acessados e foi verificado o setor industrial que elas atuam. A partir disso, essas informações foram extraídas e tabuladas no programa Microsoft Excel 2019. Destaca-se a importância da Agência Nacional de Mineração (ANM), órgão federal responsável por fiscalizar e oferecer dados sobre o minério no Brasil (BRASIL, 2020).

**Quadro 1-** Principais instituições que fornecem dados sobre produção, comercialização e reciclagem do ferro, do alumínio e do aço.

| <b>Sigla</b> | <b>Associação/empresa</b>         | <b>Setor industrial</b> |
|--------------|-----------------------------------|-------------------------|
| ABAL         | Associação Brasileira de Alumínio | Alumínio                |

|            |                                                 |             |
|------------|-------------------------------------------------|-------------|
| ALCOA      | Alcoa Alumínio S/A                              | Alumínio    |
| ANM        | Agência Nacional de Mineração                   | Minérios    |
| DNPM       | Departamento Nacional de Produção Mineral       | Minérios    |
| IAB        | Instituto Aço Brasil                            | Aço         |
| SINDINESFA | Sindicato das Empresas de Sucata de Ferro e Aço | Ferro e Aço |

Fonte: Autor (2021).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Produção, beneficiamento e reciclagem de ferro no Brasil

As principais empresas que produzem e comercializam o ferro no país estão listadas na Tabela 1. Em ordem decrescente, as empresas com maiores cotas de comercialização foram: Vale S.A., Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Anglo American Minério de Ferro S.A. e Congonhas Minérios S.A.

Tabela 1 - Principais empresas que produzem e comercializam o Ferro no Brasil e suas respectivas cotas (em %) de participação no total comercializado nos anos de 2015 a 2019.

| Empresas                                  | Ano                          |       |       |       |       |
|-------------------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                           | 2015                         | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  |
|                                           | <b>Cotas (%)<sup>1</sup></b> |       |       |       |       |
| Anglo American Minério de Ferro S.A.      | 2,97                         | 5,74  | 5,01  | 1,00  | 7,19  |
| Congonhas Minérios S.A.                   | 2,64                         | 7,93  | -     | -     | -     |
| Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)      | 4,49                         | -     | 5,84  | 4,89  | 10,15 |
| Emprapa – Empresa de Mineração Pau Branco | -                            | -     | 0,45  | -     | -     |
| Ferrous Resources do Brasil S.A.          | -                            | 0,53  | 0,45  | -     | -     |
| Ferro + Mineração S.A.                    | -                            | -     | 0,48  | -     | -     |
| Gerdau Açominas S.A.                      | 1,48                         | 1,27  | 1,09  | 0,93  | -     |
| Itaminas Comércio de Mineração S.A.       | 1,15                         | 0,88  | 0,59  | -     | -     |
| Nacional Minérios S.A.                    | -                            | -     | 1,93  | -     | -     |
| Mineração Corumbaense Reunida S.A.        | -                            | -     | 0,48  | -     | -     |
| Mineração Reunidas S.A.                   | 2,26                         | 0,76  | 0,78  | -     | -     |
| Samarco Mineração S.A.                    | 3,98                         | -     | -     | -     | -     |
| Mineração Usiminas S.A.                   | 1,46                         | 0,95  | 0,96  | -     | 2,23  |
| Vale S.A.                                 | 73,77                        | 77,29 | 79,17 | 84,74 | 71,90 |
| Vallourec Mineração Ltda                  | -                            | 0,78  | 0,76  | -     | 1,27  |

|              |             |              |              |              |              |
|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>94,2</b> | <b>95,35</b> | <b>97,23</b> | <b>91,56</b> | <b>91,47</b> |
|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|

Fonte: ANM, 2016; ANM, 2017; ANM, 2018; ANM, 2019; ANM, 2020.

Salienta-se que os espaços em lacuna na Tabela 1 se referem aos anos em que as empresas não disponibilizaram dados de sua produção para a ANM, órgão do Governo Federal responsável por montar o anuário mineral brasileiro que concentra essas informações.

A empresa Vale S. A. foi criada em 1942 como empresa estatal e, atualmente, é a maior empresa de mineração do Brasil, sendo líder mundial na produção de ferro. A empresa é responsável pelo emprego de 120 mil pessoas de forma direta ou indireta e sua produção é ativa nas regiões Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Por esses fatores, é uma companhia de intenso destaque no ramo da mineração, chegando a movimentar, em média, 112 milhões de toneladas de ferro em seus terminais de embarque (GENENA *et al.*, 2015; VALE, 2022)

O minério de ferro é explorado, principalmente, em três regiões: no Quadrilátero Central, conhecido também como Quadrilátero Ferrífero, situado no Estado de Minas Gerais, no Maciço do Urucum, localizado no Estado do Mato Grosso do Sul e na Serra dos Carajás, no Estado do Pará (LOPES, 2018).

A produção bruta do ferro é concentrada no estado de Minas Gerais, que produziu quase 2 bilhões de toneladas nos anos de 2015 a 2019. O estado do Pará é o segundo que mais produz ferro no país, nesse mesmo período, alcançou mais de 800 milhões de toneladas (Tabela 2).

Tabela 2 - Total de ferro bruto e beneficiado produzidos, por estados brasileiros, nos anos de 2015 a 2019.

| <b>Estados</b>      | <b>Qtde. produzida de ferro bruto (t)</b> | <b>Qtde. produzida de ferro beneficiado (t)</b> |
|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Amapá               | 283.435                                   | 16.038                                          |
| Amazonas            | 24.645                                    | 0                                               |
| Bahia               | 279.163                                   | 15.476                                          |
| Ceará               | 298.327                                   | 10.542                                          |
| Goiás               | 39.615                                    | 69.633                                          |
| Maranhão            | 52.094                                    | 25.249                                          |
| Mato Grosso do Sul  | 30.924.744                                | 20.157.003                                      |
| Minas Gerais        | 1.909.950.116                             | 1.301.789.717                                   |
| Pará                | 860.971.575                               | 829.234.946                                     |
| Rio Grande do Norte | 19.119                                    | 0                                               |
| São Paulo           | 16.780.067                                | 1.813.171                                       |

Fonte: ANM, 2016; ANM, 2017; ANM, 2018; ANM, 2019; ANM, 2020.

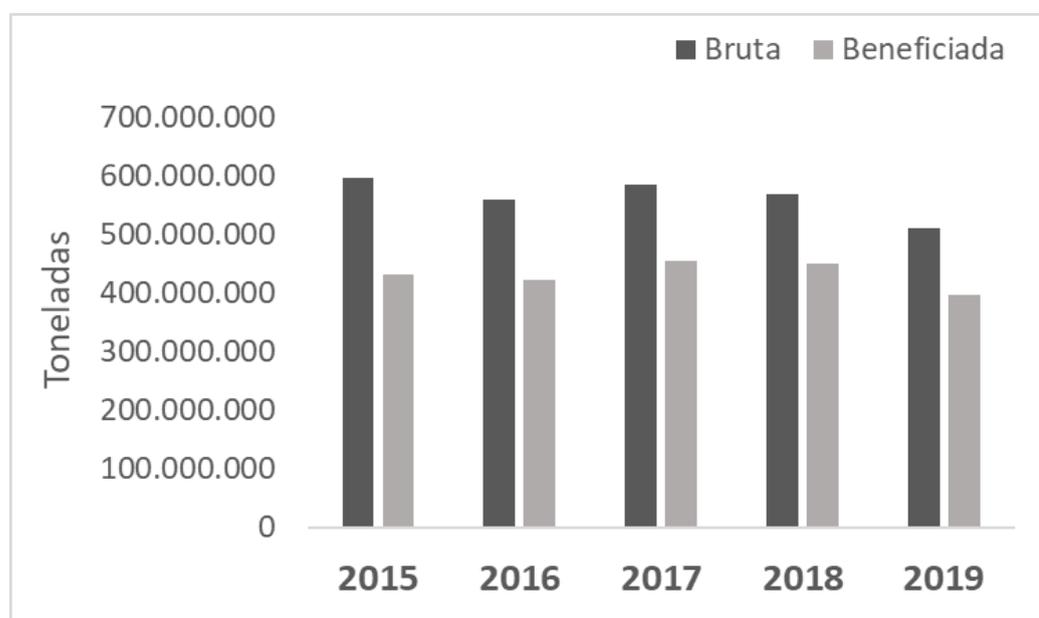
No estado de Minas Gerais, a produção de ferro concentra-se em três áreas principais:

O Quadrilátero Ferrífero, região de maior destaque, e as províncias Conceição do Mato Dentro e Nova Aurora (Porteirinha) (CODEMGE, 2018). O Quadrilátero Ferrífero é uma área de 7000 km<sup>2</sup>, que fica entre os municípios de Ouro Preto e Belo Horizonte, com suas primeiras explorações de ferro datadas de 1913 (ROESER E ROESER, 2010). A extensa área destinada à extração de ferro explica porque o estado de Minas Gerais é o líder da produção brasileira do metal. Além disso, a indústria de extração mineral é fundamental na economia do estado, visto que, de acordo com o Governo de Minas Gerais (2020), esta já chegou a representar 24,4% da produção industrial mineira.

Destacando-se como segundo maior produtor de ferro nacional, o Pará abriga a Serra dos Carajás, região localizada no sudeste do estado do Pará, com relevo acidentado e composta por rochas ferruginosas, sendo formada pelos municípios de São Felix do Xingu, Ourilândia do Norte, Curianópolis, Eldorado dos Carajás, Parauapebas, Canaã dos Carajás e Água Azul do Norte (VIANA *et al*, 2016). Segundo o Governo do Pará (2021), a produção de ferro no estado paraense vem merecendo destaque por estar apresentando aumento nos últimos anos, chegando a 192,3 milhões de toneladas em 2020.

Atenta-se para uma possível mudança de posição no que diz respeito à produção de ferro entre os estados de Minas Gerais e do Pará. Enquanto a produção de ferro no estado do Pará apresenta crescimento (GOVERNO DO PARÁ, 2020), a produção de ferro em Minas Gerais vem diminuindo sua participação no setor industrial mineiro e encontra-se em situação desfavorável após os acidentes das barragens em Mariana e Brumadinho (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2020).

Na Figura 1, demonstra-se a quantidade de ferro bruto e beneficiado produzidos anualmente durante o período de 2015 a 2019. Em 2015 ocorreu a maior produção de ferro bruto (595.606,203 toneladas) e em 2019 a maior quantidade de ferro beneficiada (396.840,918 toneladas). Essa queda pode ser explicada pela diminuição da produção verificada no ano 2019 na produção de ferro no estado de Minas Gerais, visto que a produção do metal em área mineira mostrou-se ascendente somente até 2018 (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2020). Além disso, de acordo com a Vale S.A (2020), o sistema Norte da empresa, que possui um intenso funcionamento no estado do Pará, sofreu variação de produção em 2019 devido ao elevado nível de chuvas na região que impactou a atividade de produção.

**Figura 1** - Quantidade de ferro bruto e beneficiado produzidos no Brasil nos de 2015 a 2019.

Fonte: BRASIL, 2016; BRASIL, 2017; BRASIL, 2018; BRASIL, 2019; BRASIL, 2020.

Para a identificar a quantidade de ferro reciclado no país, foi necessário elencar os dados de comercialização na forma bruta, pois na forma beneficiada o ferro se torna matéria-prima para outros materiais como o aço e latarias. No ano de 2015, foi registrado o maior índice de comercialização bruta do período estudado (Tabela 3), mais de 16 milhões de toneladas em relação a 2019, quando houve queda de 37,44% (6.702.690 toneladas) (BRASIL, 2019).

Tabela 3 - Quantidade de ferro bruto e beneficiado comercializados e total de ferro reciclado.

| Ano  | Qtde. de ferro bruto comercializado | Qtde. de ferro beneficiado comercializado | Qtde. de ferro reciclada | % <sup>1</sup> reciclado |
|------|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 2015 | 16.218.330                          | 418.618.954                               | 243.274                  | 0,06                     |
| 2016 | 4.647.376                           | 424.034.365                               | 69.710                   | 0,02                     |
| 2017 | 3.517.873                           | 450.109.229                               | 52.768                   | 0,01                     |
| 2018 | 6.157.236                           | 452.128.611                               | 92.358                   | 0,02                     |
| 2019 | 6.072.690                           | 402.247.088                               | 91.090                   | 0,02                     |

Fonte: BRASIL, 2019.

O percentual de reciclagem do minério de ferro no Brasil é um dos mais baixos entre as maiores economias mundiais, o que pode ser explicado pela falta de incentivo governamental (PRIZIBISCZKI, 2019). Na Argentina, a reciclagem varia de 80% a 95% de ferro consumido a partir do material comercializado, enquanto na Dinamarca, Suécia e Noruega os números chegam a 100%, já no Brasil esse total é de apenas 1,5% do total

consumido (BRASIL, 2009). A reciclagem do ferro, no Brasil, deve ser estimulada, tendo em vista que isso gera economia de minerais, além de evitar a ocorrência de tragédias ambientais e sociais, como as ocorridas em Minas Gerais nos últimos anos (PRIZIBISCZKI, 2019).

### 3.2 Produção, beneficiamento e reciclagem de Alumínio no Brasil

As principais empresas que atuam no país estão listadas na Tabela 4. Elas estão localizadas nos estados do Pará, Minas Gerais e Goiás. Atualmente, as três maiores empresas estão localizadas no Pará, sendo elas: Mineração Rio do Norte, Mineração Paragominas e Alcoa Alumina (BRASIL, 2019).

O minério da bauxita, o qual é usado na fabricação do alumínio, é explorado, principalmente, em território paraense, boa parte da produção é extraída das minas localizadas nos municípios de Oriximiná e Juruti (MARIALVA, 2012). Já no território mineiro, destaca-se as cidades de Miraf e Poços de Caldas, com a exploração das empresas Companhia Brasileira de Alumínio e Companhia Geral de Minas (Kurusu *et al*, 2009).

Tabela 4 - Principais empresas que produzem o Alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e suas participações (cotas) na comercialização nacional em 2015-2019.

| Empresas                              | Ano                    | 2015         | 2016        | 2017         | 2018         | 2019         |
|---------------------------------------|------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
|                                       | Cotas (%) <sup>1</sup> |              |             |              |              |              |
| Alcoa World Alumina Brasil Ltda       |                        | 14,18        | 16,78       | 16,76        | 21,24        | 23,29        |
| Companhia Brasileira de Alumínio      |                        | 3,13         | 2,34        | 3,18         | 2,38         | 1,86         |
| Companhia Geral de Minas              |                        | -            | -           | 0,23         | -            | -            |
| Hindalco do Brasil Ind. E Comer. Ltda |                        | 0,33         | -           | 0,71         | -            | -            |
| Terra Goyana Mineradora Ltda          |                        | -            | -           | 1,44         | 1,87         | -            |
| Mineração Caldense Ltda               |                        | -            | 0,44        | 0,26         | -            | -            |
| Mineração Paragominas S.A             |                        | 33,19        | 35,44       | 36,83        | 24,96        | 31,23        |
| Mineração Rio do Norte S.A            |                        | 47,38        | 43,05       | 40,17        | 47,61        | 40,10        |
| Mineração Santo Expedito Ltda         |                        | 0,72         | 1,15        | 0,14         | -            | -            |
| <b>TOTAL</b>                          |                        | <b>98,93</b> | <b>99,2</b> | <b>99,72</b> | <b>98,06</b> | <b>96,48</b> |

Fonte: BRASIL, 2016; BRASIL, 2017; BRASIL, 2018; BRASIL, 2019; BRASIL, 2020.

Nota<sup>1</sup>: Os espaços da tabela que não possuem informações são devido o não repasse de dados das empresas nos determinados anos.

A Mineração Rio do Norte encontra-se desde 1979 no Oeste do estado do Pará. Em 2018, foi responsável pela produção de 14,4 milhões de toneladas de bauxita. A empresa possui destaque na produção de alumínio nacional devido não apenas conseguir produzir, em

média, mais de 12 milhões de toneladas anuais, mas também porque garante exportação para três continentes, além de empregar mais de 6 mil pessoas (MINERAÇÃO RIO DO NORTE, [s.d]).

A produção bruta do alumínio é destacada em seis estados do país, conforme demonstra a Tabela 5. O Espírito Santo começou a produção do minério apenas em 2019 (1.940 t), mas já é o 6º estado que mais produz alumínio. O Pará é o estado que mais produz, no mesmo período de 2019, foram produzidas mais de 34 milhões de toneladas de alumínio. Contudo, apesar de em 2016, ter alcançado a maior marca nos últimos cinco anos (46.767.625 toneladas), em 2019 houve uma queda de 26,71% na produção (BRASIL, 2019).

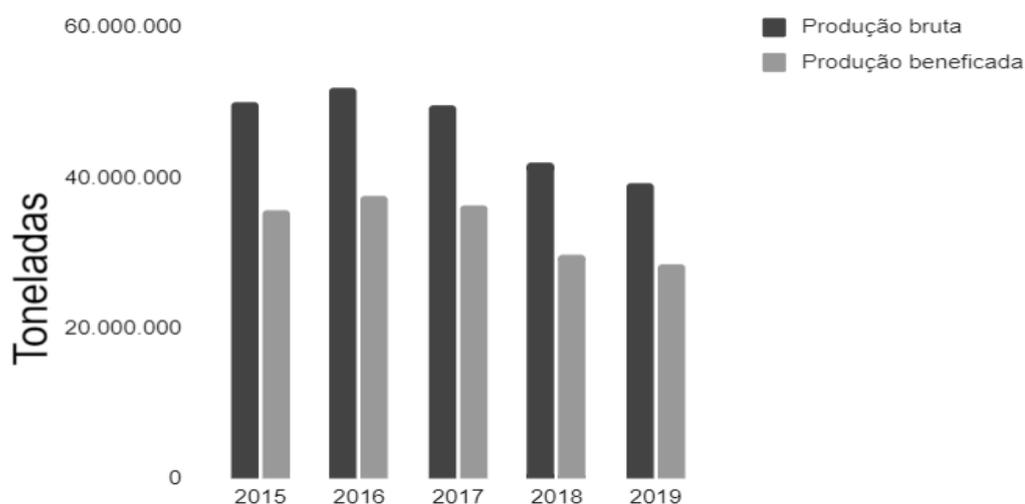
Tabela 5 - Total de alumínio bruto e beneficiado produzidos, por estados brasileiros, nos anos de 2015 a 2019.

| <b>Estados</b> | <b>Qtde. produzida de alumínio bruto (t)</b> | <b>Qtde. produzida de alumínio beneficiado (t)</b> |
|----------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Espírito Santo | 1940                                         | 0                                                  |
| Goiás          | 4.904.010                                    | 4.258.680                                          |
| Minas Gerais   | 14.344.217                                   | 5.739.668                                          |
| Pará           | 209.145.447                                  | 156.261.392                                        |
| São Paulo      | 4.402.512                                    | 387.509                                            |
| Santa Catarina | 82.223                                       | 0                                                  |

Fonte: BRASIL, 2016; BRASIL, 2017; BRASIL, 2018; BRASIL, 2019; BRASIL, 2020.

A produção bruta e beneficiada de alumínio no Brasil de 2015 a 2019 é exposta na Figura 2. Destaca-se a produção bruta 2016 que foi maior devido ao estado do Pará, o qual abriga as maiores empresas nacionais de produção de alumínio, como a Alcoa, a Mineração Rio do Norte e a Mineração Paragominas.

**Figura 2** - Produção bruta e beneficiada de Alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 2015-2019 no Brasil.



Fonte: BRASIL, 2016; BRASIL, 2017; BRASIL, 2018; BRASIL, 2019; BRASIL, 2020.

Na produção beneficiada do alumínio, o número de estados diminuiu em relação à produção bruta. Isso ocorre devido ao uso imediato do minério, sem passar pelo processo de beneficiamento, prática comum nos estados Espírito Santo e Santa Catarina que tem as produções mais baixas do Brasil, suprindo assim a capacidade local. Os demais, além de suprir suas necessidades, também exportam para todo o país e outros países que precisam da matéria-prima. Destaque do beneficiamento é o Pará com 26 milhões de toneladas produzido em 2019, tendo uma pequena queda de 3,3% em relação a 2018 (27.300.461 t) (BRASIL, 2019).

Para a verificação da reciclagem desse minério, é necessário considerar a produção bruta e beneficiada comercializada, conforme elencado na Tabela 6, pois ambos têm a mesma finalidade de fabricar vários componentes como painéis, janelas, peças de carro, equipamentos eletrônicos, latas de bebidas. Observa-se que esses objetos podem ser reciclados, onde alguns realizam o processo de mineração, refinaria e redução para uso específico, porém, as propriedades do minério continuam as mesmas, sem sofrer qualquer alteração em sua forma mineralógica original (SOUZA, 2019).

Tabela 6 - Quantidade de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bruto e beneficiado comercializados e total de alumínio reciclado no Brasil nos anos de 2015 a 2019

| Ano  | Qtde. de alumínio bruto comercializado (t) | Qtde. de alumínio beneficiado comercializado (t) | Qtde. de alumínio reciclada (t) <sup>1</sup> |
|------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2015 | 935.984                                    | 35.709.506                                       | 35.875.934                                   |
| 2016 | 720.133                                    | 37.662.891                                       | 37.500.214                                   |
| 2017 | 1.091.920                                  | 36.771.352                                       | 36.954.553                                   |

|      |           |            |            |
|------|-----------|------------|------------|
| 2018 | 1.434.997 | 29.923.765 | 30.574.792 |
| 2019 | 1.585.302 | 27.822.117 | 28.643.118 |

Fonte: ABAL, 2020; BRASIL, 2016; BRASIL, 2017; BRASIL, 2018; BRASIL, 2019; BRASIL, 2020.

Nota: <sup>1</sup> Percentual utilizado foi de 97,9% em 2015, 97,7% em 2016, 97,6% em 2017, 97,5% em 2018 e 97,4% em 2019 de acordo com a números divulgados pela Associação Brasileira de Alumínio (ABAL) em 2020.

A comercialização do alumínio é digna de destaque, pois, sozinha, a indústria de alumínio é responsável por 10% do saldo da balança comercial do Brasil. Diante dos incentivos fiscais oferecidos pelo país, diversas empresas deslocaram sua produção para o Brasil nos últimos anos. Sendo assim, atualmente, 90% das exportações brasileiras são constituídas de alumínio, demonstrando sua importância para o mercado nacional (TORRES, 2010).

A quantidade de alumínio reciclado no Brasil ultrapassa 90% anualmente, números esses que vêm sendo consolidados desde 2004. Esse cenário é consequência do alto índice de reciclagem das latas de alumínio, que ultrapassa os 97% desde 2009. Com isso é possível verificar a quantidade de alumínio reciclado no Brasil em relação ao total comercializado. Salienta-se a importância das mais de 200 mil cooperativas de reciclagem de alumínio que geram empregos e estimulam o crescimento dos números de reciclagem no país (ABAL, 2020).

Entre as vantagens oriundas da reciclagem do alumínio, salienta-se a economia de energia, visto que a reciclagem de alumínio consome cerca de 5% da energia que seria utilizada na produção de alumínio primário – gerando, como consequência, outra vantagem que seria a redução da emissão de gases frustos do uso de energia gerada por combustíveis fósseis. Somado a isso, a reciclagem de alumínio reduz os custos de produção em 80%, pois os equipamentos necessários para reciclagem são mais baratos (MACHADO; SANTOS; OLIVEIRA, 2011).

### **3.3 Produção, beneficiamento e reciclagem de aço no Brasil**

As principais empresas que atuam no país estão localizadas no Estado de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro. Dentre as empresas demonstradas na Tabela 7, atualmente as três maiores empresas são a ArceloMittal, Gerdau e Usiminas, as quais possuem indústria nos três estados citados. Nas empresas listadas, a subsidiária do grupo Aço Ceaesne, a Sinobras, está em constante crescente em um dos estados que mais produzem ferro no país, elemento este essencial para a fabricação de aço, mantendo a média anual de

360,8 mil toneladas fabricados nos últimos cinco anos (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2019).

Tabela 7 - Principais empresas que produzem o Aço no Brasil e suas produções de 2015-2019.

| Empresas                                  | Ano | 2015          | 2016          | 2017          | 2018         | 2019         |
|-------------------------------------------|-----|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
|                                           |     |               |               |               |              |              |
| <b>Quantidade</b>                         |     |               |               |               |              |              |
| <b>Unid: 10<sup>3</sup>t</b>              |     |               |               |               |              |              |
| Aço Verde do Brasil                       |     | 2             | 157           | 144           | 2794         | 338          |
| Aperam                                    |     | 709           | 754           | 716           | 709          | 688          |
| ArcelorMittal Aços Longos                 |     | 3.146         | 3.106         | 2.891         | 3.135        | 2.870        |
| ArcelorMittal Sul Fluminense <sup>1</sup> |     | 1.124         | 959           | 1.032         | 1.010        | 720          |
| ArcelorMittal Tubarão                     |     | 6.843         | 7.052         | 7.198         | 7.043        | 6.268        |
| CSN                                       |     | 4.255         | 3.179         | 4.426         | 4.199        | 3.043        |
| CSP                                       |     | -             | 1.063         | 2.455         | 2.978        | 2.866        |
| Gerdau                                    |     | 7.031         | 6.831         | 6.955         | 6.654        | 6.301        |
| Simec                                     |     | -             | 210           | 284           | 480          | 671          |
| Sinobras                                  |     | 351           | 374           | 389           | 345          | 345          |
| Ternium Brasil <sup>2</sup>               |     | 4.235         | 4.229         | 4.497         | 4.606        | 4.379        |
| Usiminas                                  |     | 5.007         | 3.143         | 3.012         | 3.086        | 3.264        |
| Vallourec                                 |     | 260           | 278           | 671           | 769          | 705          |
| Villares Metais                           |     | 119           | 116           | 108           | 114          | 111          |
| VSB <sup>3</sup>                          |     | 176           | 191           | -             | -            | -            |
| <b>TOTAL</b>                              |     | <b>33.258</b> | <b>31.642</b> | <b>33.778</b> | <b>37.92</b> | <b>32.59</b> |
|                                           |     |               |               |               | <b>2</b>     | <b>6</b>     |

Fonte: IAB, 2016; IAB, 2017; IAB, 2018; IAB, 2019; IAB, 2020.

Nota: <sup>1</sup>Ex-Votorantim Siderurgia.

Note: <sup>2</sup>Ex-Thyssenkrupp CSA.

Nota<sup>3</sup>: <sup>3</sup>A VSB não repassou dados de 2016 a 2019.

A empresa de maior destaque na produção de aço é a ArcelorMittal, fundada em 2006 a partir da fusão das empresas *Mittal Steel Company* e Arcelor. Sendo considerada a maior empresa produtora de aço do mundo, no Brasil, suas produções estão presentes em cinco estados: Bahia, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Possui produção anual de 12,5 milhões de toneladas de aço que são destinados para a indústria civil,

naval, automobilística (ARCELORMITTAL, [s.d]).

A produção de aço tem maior expressão em Minas Gerais, ultrapassando 10 milhões de toneladas em 2019. Em seguida, aparece o estado do Rio de Janeiro com mais de 8 milhões de toneladas no mesmo período. O Estado do Maranhão passou a produzir, a partir de 2018, 279 mil toneladas. Com isso, superou, no mesmo ano, o estado de Pernambuco (230 mil t), marca essa mantida em 2019, tendo apenas 7 mil toneladas a menos que o estado do Pará (345 mil toneladas) (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2019). A produção e comercialização total de aço entre os anos de 2015 a 2019 pode ser visualizada na Tabela 8.

Tabela 8 - Quantidade de aço comercializado e total de aço reciclado no Brasil nos anos de 2015 a 2019.

| <b>Ano</b> | <b>Qtde. de aço produzido (t)<sup>1</sup></b> | <b>Qtde. de aço comercializado (t)<sup>1</sup></b> | <b>Qtde. de aço reciclada (t)<sup>2</sup></b> |
|------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 2015       | 33.256.000                                    | 18.173.000                                         | 12.828.000                                    |
| 2016       | 31.275.000                                    | 16.828.000                                         | 11.225.000                                    |
| 2017       | 34.350.000                                    | 17.247.000                                         | 12.124.000                                    |
| 2018       | 35.407.000                                    | 18.920.000                                         | 12.338.000                                    |
| 2019       | 632.569.000                                   | 18.799.000                                         | 10.372.000                                    |

<sup>1</sup>Fonte: BRASIL, 2016; BRASIL, 2017; BRASIL, 2018; BRASIL, 2019; BRASIL, 2020.

<sup>2</sup>Fonte: IAB, 2016; IAB, 2017; IAB, 2018; IAB, 2019; IAB, 2020.

A reciclagem do aço foi vista de duas formas, a geração própria realizada pela indústria ao fabricar o aço e por meio de sucatas de aço, que representa a maioria geradas depois da comercialização, geralmente vistas em ferros velhos e na construção civil (RICCHINI, 2016). O aço é o produto mais reciclável do mundo. Mesmo que o consumo do material se mantenha estável desde os anos de 1970, a reciclagem é fundamental para a preservação de recursos naturais, além de reduzir a emissão de gás carbônico. Contudo, poucos estímulos governamentais que estimulem a prática da reciclagem, como descarte adequado de eletrodomésticos e, como consequência desse cenário, o Brasil observa certa escassez de sucatas que impedem o avanço da reciclagem do aço (PETTI, 2021).

Ademais, são perceptíveis vantagens econômicas na reciclagem do aço. Entre tais vantagens, tem-se a simplicidade do processo de reciclagem, que diminui os custos de produção. Além disso, o aço tem suas propriedades controladas durante a reciclagem, não perde sua utilidade e pode ser aplicado na construção civil, na fabricação de móveis e de utensílios domésticos. Percebe-se, inclusive, que objetos fabricados com aço reciclado possuem a mesma qualidade de objetos feitos de aço não reciclado (GRUPO AÇO CEREARENSE, 2018).

A quantidade de aço reciclado no Brasil considera apenas os aços de comercialização nacional, seja ele longo ou plano, conforme demonstra a Tabela 9. Assim, o aspecto da exportação e importação desse material é excluído. Nesse mesmo panorama, o consumo de sucatas de aço que são utilizados na produção de novos aços importados e exportados são desprezados para melhor representação dos números em ambiente nacional (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2020).

Tabela 9 - Comercialização de Aço 2015-2019.

| <b>Tipo de produto</b> | <b>2015 (t)</b>   | <b>2016 (t)</b>   | <b>2017 (t)</b>   | <b>2018 (t)</b>   | <b>2019 (t)</b>   |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Produtos planos        | 10.008.000        | 9.581.000         | 10.084.000        | 11.157.000        | 10.981.000        |
| Produtos Longos        | 8.165.000         | 7.247.000         | 7.163.000         | 7.763.000         | 7.818.000         |
| <b>Total</b>           | <b>18.173.000</b> | <b>16.828.000</b> | <b>17.247.000</b> | <b>18.920.000</b> | <b>18.799.000</b> |
| <b>Comercializado</b>  |                   |                   |                   |                   |                   |

Fonte: IAB, 2016; IAB, 2017; IAB, 2018; IAB, 2019; IAB, 2020.

Enfatiza-se a diferença entre os produtos planos e longos oriundos do aço. O aço longo é aquele que resulta da laminação, possui formato poligonal nas seções transversais e comprimento maior que a dimensão da seção, comumente é ofertado em aço carbono. O aço plano, por sua vez, é o produto final da siderurgia do aço plano, tendo a largura maior que a espessura (COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL, 2021).

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste artigo foi apresentado o levantamento da quantidade de ferro, alumínio e aço produzidos, comercializados e reciclados no Brasil no ano de 2015 a 2019, utilizando números e dados fornecidos pelas associações, agenciados e empresas que produzem os elementos em questão.

Destaca-se o estado de Minas Gerais e o estado do Pará como grandes potências nacionais na produção de minério. Isso se deve ao solo rico em recursos minerais que estes estados possuem e aos grandes investimentos federais e privados que esses locais recebem há anos, visto que as maiores empresas de mineração atuam em Minas Gerais e no Pará.

Conclui-se que o Brasil é um dos maiores produtores de ferro mundial, resultado, em grande parte, do beneficiamento do ferro para a produção de aço. Percebe-se que o aço possui uma taxa expressiva de reciclagem, visto que aproximadamente 35% do aço

produzido é reciclado anualmente, a qual ultrapassa a reciclagem da forma bruta do ferro – que não chega a 1%. Com relação ao alumínio, nota-se que ele é fruto do beneficiamento da bauxita e possui expressiva porcentagem de reciclagem - superior a 95% do total comercializado. Salienta-se que o Brasil, apesar de ser um importante produtor de minérios, ainda possui entraves na reciclagem destes materiais, visto que este processo ainda é pouco estimulado pelo Governo Federal e pouco realizado entre indústrias, como a automotiva.

Enfim, a reciclagem não apenas é um caminho fundamental para o melhor aproveitamento das riquezas presente no solo brasileiro, como também possui os benefícios de maior durabilidade e de ser fonte de renda para a sociedade brasileira, sem gerar grandes impactos ao meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

AECIPP. **Essência sustentável: como o Grupo Aço Cearense transforma o reaproveitamento da sucata em parte de sua estratégia.** 2021. Disponível em: <http://www.aecipp.com.br/pt-br/noticias/essencia-sustentavel-como-o-grupo-aco-cearense-transforma-o-reaproveitamento-da-sucata-em>. Acesso em: 03 ago. 2021.

ACELORMITTRAL BRASIL. **Quem somos.** Disponível em: <https://brasil.arcelormittal.com/a-arcelormittal/quem-somos>. Acesso em: 11 jan. 2022.

AÇO BRASIL. **O aço e a economia circular.** 2021. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/reciclagem-do-aco/>. Acesso em: 04 ago. 2021.

ASSOCIALIZAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO. **Reciclagem no Brasil.** 2021. Disponível em: <https://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/reciclagem-no-brasil/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

BISPO, Vagner; REIS, Elton. O entendimento do aço: do desenvolvimento a suas patologias. **Étic-encontro de iniciação científica-issn 21-76-8498**, v. 15, n. 15, 2019.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas.** Brasília, 2016.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas.** Brasília, 2017.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas.** Brasília, 2018.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas.** Brasília, 2019.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas.** Brasília, 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente (ed.). **Reciclagem de latas de alumínio bate recorde no Brasil em 2020**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/reciclagem-de-latas-de-aluminio-bate-recorde-no-brasil-em-2020>. Acesso em: 08 ago. 2021.

BRASIL. Instituto Aço. **História do Aço**. 2020. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/historia-do-aco/>. Acesso em: 03 ago. 2021.

CARDOSO, José Guilherme da Rocha *et al.* **A indústria do alumínio: estrutura e tendências**. 2011.

CARVALHO, Pedro Sérgio Landim de *et al.* **Minério de ferro**. 2014.

CARVALHO, Victor Vasconcelos. **Mercado internacional de minério de ferro**. 2017. 35 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Minas, Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017. Disponível em: [https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/810/1/MONOGRAFIA\\_MercadoInternacionalMin%C3%A9rio.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/810/1/MONOGRAFIA_MercadoInternacionalMin%C3%A9rio.pdf). Acesso em: 02 ago. 2021.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS (CODEMGE). **Recusos minerais de Minas Gerais on line: síntese do conhecimento sobre riquezas minerais, história geológica, meio ambiente e mineração de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2018.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL. **Glossário técnico**. 2021. Disponível em: <https://ri.csn.com.br/glossario-tecnico/>. Acesso em: 15 jan. 2022.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERAIS. **PRODUÇÃO - Conceitos Iniciais**. [s.d] Disponível em: [http://www.dmr.com.br/adm1010/pdf/ADM1010\\_Producao1.pdf](http://www.dmr.com.br/adm1010/pdf/ADM1010_Producao1.pdf). Acesso em: 10 jan. 2022.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO DISTRITO FEDERAL (EMATER). **Conceitos de Mercado**. [s.d] Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/proext/images/conceitosmercado.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2022.

FAGURY, Thais. **Os ganhos da reciclagem do aço da construção civil**. 2019. Disponível em: <https://www.temsustentavel.com.br/ganhos-reciclagem-aco-da-construcao/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

GENENA, Suheir Kamal *et al.* **Minério de Ferro e Vale SA: uma história de sucesso. Tópicos em gestão da produção**. 2015.

GOVERNO DE MINAS GERAIS. **Diagnóstico do setor mineral de Minas Gerais**. Belo Horizonte, p. 20, 2020.

GOVERNO DO PARÁ. Agência Pará. **Pará lidera exportação, arrecadação e geração de empregos no setor mineral.** 2021. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/25154/>. Acesso em: 11 jan. 2022.

GRUPO AÇO CEARENSE. **Fique por dentro: 4 curiosidades sobre a reciclagem do aço.** 2018. Disponível em: <https://www.grupoacocearense.com.br/blog/gestao/fique-por-dentro-4-curiosidades-sobre-a-reciclagem-do-aco/>. Acesso em: 08 fev. 2022.

KURUSU, Renata Salles *et al.* Concentração de finos de bauxita por flotação. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 62, n. 3, p. 271-276, 2009.

MACHADO, CTS; SANTOS, V. S.; OLIVEIRA, EAAQ. **A reciclagem de alumínio como vantagem estratégica de negócios em uma indústria metalúrgica. estudo de caso.** XI INC, 2011.

MARIALVA, Dilza Azevedo. **Novas dinâmicas territoriais na Amazônia. Implicações/desdobramentos da mineração da bauxita em Juruti.** Tese (Doutorado) - Programa de pós graduação em geografia humana, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MÁRTIRES, Raimundo Augusto Corrêa. Alumínio. In: MÁRTIRES, Raimundo Augusto Corrêa. **Estatística e economia mineral.** Brasília: Abal, 2009. Cap. 4, p. 197. Disponível em: [https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/4-1n-aluminio#:~:text=A%20China%20\(31%2C6%25\),t%20\(USGS%2C%202008\)%2C](https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/4-1n-aluminio#:~:text=A%20China%20(31%2C6%25),t%20(USGS%2C%202008)%2C). Acesso em: 03 ago. 2021.

MINERAÇÃO RIO DO NORTE. **Quem somos.** Disponível em: <https://www.mrn.com.br/index.php/pt/quem-somos>. Acesso em: 11 jan. 2022.

MONFERRATO. **Conheça a Reciclagem do Aço.** 2020. Disponível em: <https://monferrato.com.br/conheca-a-reciclagem-do-aco/>. Acesso em: 08 ago. 2021.

PEREIRA, Suzana de Avila Cortes. **O mercado de minério de ferro.** Monografia (Título de Especialista) – Departamento de engenharia de minas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

PETTIN, Carin. Escassez de sucata impede avanço maior. **Valor**, 2021. Disponível em: <https://valor.globo.com/publicacoes/suplementos/noticia/2021/09/29/escassez-de-sucata-impede-avanco-maior.ghtml>. Acesso em: 11 jan. 2020.

PRIZIBISCZKI, Cristiane. **Sucata ferrosa: uma alternativa à mineração negligenciada pelo governo.** 2019. Disponível em: <https://www.oeco.org.br/reportagens/sucata-ferrosa-uma-alternativa-a-mineracao-negligenciada-pelo-governo/>. Acesso em: 04 ago. 2021.

RICCHINI, Ricardo. **Reciclagem de metal.** São Paulo, 2016. Disponível em: <http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-metal/reciclagem-de-metal/>. Acesso em: 12 jun 2017.

ROSA, I. B. C.; **Avaliação de trajetória de furos de sondagem em maciços rochosos na mina de S11D – Carajás PA.** Dissertação (Mestrado) – Núcleo de Geotecnia da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Belo Horizonte, 2015.

ROESER, H. M. P.; ROESER, P. A. **O Quadrilátero Ferrífero - MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados.** Geonomos, v. 18, p. 34-37, 2010. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11598>>. Acesso em: 30 nov. 2021.

SINOBRAS. **Relatório de sustentabilidade.** 2021. Disponível em: [https://www.grupoacocearenses.com.br/wp-content/uploads/2017/03/SINRelatorio\\_de\\_Sustentabilidade\\_2011.pdf](https://www.grupoacocearenses.com.br/wp-content/uploads/2017/03/SINRelatorio_de_Sustentabilidade_2011.pdf). Acesso em: 08 ago. 2021.

SANTANA, Gabriela. **Brasil foi o nono maior produtor de aço do mundo em 2020.** 2021. Disponível em: <https://www.bnaconsultoria.com/blog/brasil-foi-o-nono-maior-produtor-de-aco-do-mundo>. Acesso em: 03 ago. 2021.

SOUSA, Rafaela. **Impactos ambientais causados pela mineração;** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/os-problemas-gerados-pela-mineracao.htm>. Acesso em: 20 de nov. de 2021.

TORRES, Stefanie. A competitividade da indústria brasileira de alumínio. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

TUBONASA (Brasil). **O Que É Aço E Quais São Suas Aplicações?** São Paulo: Tubonasa, 2020. Disponível em: <https://www.tubonasa.com.br/noticias/o-que-e-aco>. Acesso em: 03 ago. 2021.

UNO ERP. **Processo de beneficiamento: o que é?.** 2019. Disponível em: <https://blog.unoerp.com.br/processo-de-beneficiamento-afinal-o-que-e/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY; **Mineral commodity summaries 2016.** 2017. Disponível em: <https://pubs.er.usgs.gov/publication/70170140>. Acesso em: 13 dez. 2021. U.S. Geological Survey, 202 p.90-91, 2017.

VALE. Departamento de relações com investidores. **Produção e vendas da Vale no 4T20 e 2020.** 2020.

VALE. **Quem somos.** 2022. Disponível em: <http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 08 jan. 2022.

VERDE, Pensamento (org.). **Descubra como é realizada a reciclagem de ferro. 2020.** Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/reciclagem/descubra-como-e-realizada-reciclagem-de-ferro/>. Acesso em: 04 ago. 2021.

VIANA, Pedro Lage *et al.* Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: história, área de estudos e metodologia. **Rodriguésia**, v. 67, p. 1107-1124, 2016.