

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**ETEC PROFESSOR ANDRÉ BOGASIAN**  
**ENSINO TÉCNICO INTEGRADO AO MÉDIO EM LOGÍSTICA**

**GUILHERME DO CARMO SANTOS**  
**LAURA SANTANA AZEVEDO**  
**LETICIA VIRGINIO GOMES**  
**MARIA EDUARDA DOS SANTOS**  
**MIGUEL DA CONCEIÇÃO SOUSA**  
**RAFAELLA APARECIDA BATISTA TOMAZ**

**A SEGURANÇA DO TRANSPORTE DE MINÉRIO DE FERRO**  
**ESTUDO DE CASO SOBRE A ESTRADA DE FERRO CARAJÁS DA VALE**

**OSASCO**

**2023**

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA**

**Etec - PROF. ANDRÉ BOGASIAN**

**GUILHERME DO CARMO SANTOS**

**LAURA SANTANA AZEVEDO**

**LETICIA VIRGINIO GOMES**

**MARIA EDUARDA DOS SANTOS**

**MIGUEL DA CONCEIÇÃO SOUSA**

**RAFAELLA APARECIDA BATISTA TOMAZ**

**A SEGURANÇA DO TRANSPORTE DE MINÉRIO DE FERRO**

**ESTUDO DE CASO SOBRE A ESTRADA DE FERRO CARAJÁS DA VALE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Ensino Técnico de Logística Integrado ao Médio da Etec Professor André Bogasian, orientado pelos professores: Cibele Tavares da Silva dos Santos e Kleber Tadeu Vieira da Rocha, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Logística.

**OSASCO**

**2023**

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA**  
**Etec – Prof. André Bogasian**  
**TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE DIVULGAÇÃO DO TRABALHO DE**  
**CONCLUSÃO DE CURSO – TCC.**

Nós, alunos abaixo assinados, regularmente matriculados no Curso Técnico de Logística, na qualidade de titulares dos direitos morais e patrimoniais de autores da Obra, A segurança do transporte de minério de ferro estudo de caso sobre a Estrada de Ferro Carajás da Vale, Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Etec Prof. André Bogasian, Município de Osasco autorizamos o Centro Paula Souza reproduzir integral ou parcialmente o trabalho e/ou disponibilizá-lo em ambientes virtuais, a partir desta data, por tempo indeterminado.

OSASCO, 14 de dezembro de 2023.

<b>NOME</b>	<b>RG</b>	<b>ASSINATURA</b>
Guilherme do Carmo Santos		
Laura Santana Azevedo		
Leticia Virginio Gomes		
Maria Eduarda Pereira dos Santos		
Miguel da Conceição Sousa		
Rafaella Aparecida Batista Tomaz		

Cientes:

\_\_\_\_\_  
Cibele T. S. dos Santos  
Professora orientadora

\_\_\_\_\_  
Kleber T. V. da Rocha  
Professor orientador

\_\_\_\_\_  
Graziella B. da Silva  
Coordenadora do curso



Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, apresentado à Etec Prof. André Bogasian, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Logística, com nota final igual a \_\_\_\_\_, conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores:

---

Cibele dos Santos - Kleber Rocha

Profs. Responsáveis pela Disciplina Desenvolvimento de Trabalho de Conclusão de Curso e Orientadora - Etec Prof. André Bogasian

---

Prof. Etec Prof. André Bogasian

---

Prof. Etec Prof. André Bogasian

---

Prof. Convidado Etec Prof. André Bogasian

Dedicamos este trabalho a todos que de alguma forma nos apoiaram nessa caminhada. Em especial as nossas famílias, professores, colegas e amigos.

## Agradecimento

Agradecemos aos professores Kleber T. V. da Rocha e Cibele T. S. dos Santos, que em sua arte de ensinar transpassaram seus conhecimentos com paciência e quantas vezes fossem necessárias para o entendimento. Aos colegas de classe pelas trocas de experiências. Em especial aos mais próximos que tornaram a jornada mais divertida e que proporcionaram momentos únicos de alegria.

*“Se a educação sozinha não  
transforma a sociedade, sem ela  
tampouco a sociedade muda.”*

Paulo Freire

## **RESUMO**

Uma enorme jazida de minério foi descoberta em Carajás, na qual se encontra minério de ferro em abundância. O Projeto Carajás se trata da extração desses minérios, no qual houve um problema de como ele seria transportado. Para solucionar esse problema, foi criada a Estrada de Ferro de Carajás que tinha como propósito transportar os minérios da jazida até o porto de Ponta da Madeira, que foi inaugurado um ano depois da ferrovia. Porém, existia o problema de calcular os pesos dos vagões que transportavam o minério. Esse problema foi solucionado instalando Balanças Ferroviárias Dinâmicas, permitem a pesagem em movimento.

Palavras-Chave: Carajás; Estrada de Ferro Carajás; minério de ferro; ferrovia; pesagem.



## **ABSTRACT**

A huge mineral deposit was discovered in Carajás, in which iron ore is abundant. The Carajás Project is about the extraction of these ores, in which there was a problem of how it would be transported. To solve this problem, the Carajás Railway was created, whose purpose was to transport the ores from the deposit to the port of Ponta da Madeira, a year after the railroad. However there was the problem to calculate the weights of the wagons that transported the ore. This problem was solved by installing Dynamic Rail Scales, which allow weighing on the go.

Keywords: Carajás; Carajás Railway; iron ore; railway; weighing.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>11</b>
<b>3. PROJETO CARAJÁS.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 O MINÉRIO DE FERRO .....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 A INDÚSTRIA NA MINERAÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>4. A EMPRESA VALE .....</b>	<b>17</b>
<b>5. ESTRADA DE FERRO CARAJÁS .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 ESTRUTURA DA EFC .....</b>	<b>19</b>
<b>6. SISTEMA DE PESAGEM .....</b>	<b>19</b>
<b>7. TERMINAL MARÍTIMO DE PONTA DA MADEIRA .....</b>	<b>21</b>
<b>7.1 O NAVIO VALEMAX .....</b>	<b>23</b>
<b>8. SOLUÇÃO DA PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>25</b>
<b>8.1 INFRAESTRUTURA .....</b>	<b>25</b>
<b>8.1.1 FERROVIA.....</b>	<b>25</b>
<b>8.1.2 CARREGAMENTO.....</b>	<b>25</b>
<b>8.1.3 PÁTIOS .....</b>	<b>25</b>
<b>8.1.4 PORTO.....</b>	<b>25</b>
<b>8.1.5 RESULTADOS DA INFRAESTRUTURA.....</b>	<b>26</b>
<b>8.2 PESAGEM.....</b>	<b>26</b>
<b>8.2.1 SIMM.....</b>	<b>26</b>
<b>8.2.2 BALANÇAS FERROVIÁRIAS DINÂMICAS .....</b>	<b>27</b>
<b>8.2.3 VANTAGENS DO SISTEMA DE PESAGEM .....</b>	<b>27</b>
<b>9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>27</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>28</b>
<b>11. APÊNDICES .....</b>	<b>33</b>
<b>12. WEBGRAFIA .....</b>	<b>34</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Este trabalho tem como análise o transporte do minério de ferro do complexo mineral de Carajás no estado do Pará, até o porto de Ponta da Madeira no estado do Maranhão, usando a empresa Vale como estudo de caso.

Vale, originalmente chamada de Companhia Vale do Rio Doce, atualmente é uma das maiores empresas de mineração do mundo e a maior exportadora de minério de ferro do Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), a Vale é responsável por mais de 84,5% da exploração de minério de ferro no Brasil e líder nas exportações.

Após a descoberta da jazida da Serra de Carajás, que possui uma concentração mineral, inicia-se o Projeto Carajás, iniciativa governamental que visa explorar as vastas áreas da província, ricas em minerais importante, em seguida a Vale implementa uma infraestrutura para liga-la a um porto próximo através de uma ferrovia.

A necessidade para se ter criado uma ferrovia foi por conta da falta de infraestrutura, não havia uma forma de escoar esse minério de ferro, foi construída com a intenção de ser uma estrutura de apoio ao Projeto Carajás.

A ferrovia em questão é chamada de Estrada de Ferro Carajás (EFC), foi criada pela Vale e estruturada com vagões e trilhos capazes de suportar o peso dos minérios. A Vale tem como foco o minério de ferro, pois ele é o que mais tem em abundância na província mineralógica de Carajás.

Segundo a empresa MASSA, responsável pela implementação das balanças ferroviárias dinâmicas (BFDs) na Estrada de Ferro Carajás, a ferrovia vem sofrendo transformações desde sua construção, uma delas foi a implementação das balanças ferroviárias na qual realizam as pesagens dos vagões. Essas balanças pesam os trens e vagões antes e depois de serem carregados pelos minérios e enviados para o porto.

Ao chegar no Terminal Marítimo Ponta da Madeira, esse minério é armazenado em pátios e mais tarde exportado para outros países através de navios como o Valemax, um navio de grande porte que tem uma capacidade de transportar mais de 360 mil toneladas de carga.

## **2. PROBLEMÁTICA**

Durante a elaboração do Projeto Grande Carajás, iniciativa governamental que visa explorar as vastas áreas da província de Carajás, o escoamento do minério de ferro seria um desafio logístico, a falta da infraestrutura para exploração da mina devido à localização. A serra dos Carajás se encontra a 800km de distância do litoral do estado do Pará, sem um modal eficiente para o transporte do minério, resultaria na impossibilidade da exploração do local.

Mesmo criando uma ferrovia para realizar o escoamento do minério, há o problema do peso desses mesmos minérios, pois não havia uma forma eficiente de pesar os vagões carregados pelos minérios para não passar da capacidade de peso dos trilhos.

A ideia de transportar menos minérios dentro dos vagões não é eficiente como também perigosa.

Assim como cargas pesadas, cargas leves também podem causar descarrilhamento.

Então houve uma necessidade para implementar um sistema que pesasse os minérios dos vagões e transportasse de uma forma segura, eficiente e em movimento, que em questão seriam as balanças ferroviárias.

Segundo o artigo publicado por Toledo do Brasil, as balanças ferroviárias são equipamentos de pesagem desenvolvidos especialmente para medir o peso dos materiais transportados pelos vagões de um trem e, conseqüentemente, o peso dos vagões para viabilizar segurança operacional e maior produtividade.

### **3. PROJETO CARAJÁS**

O Programa Grande Carajás (PGC) ou Projeto Grande Carajás é um projeto de extração mineral, produção agrícola, conversão e processamento mineral e produção de energia que também inclui infraestrutura de logística e comunicações em uma vasta área no centro-norte do Brasil.

Originalmente concebido como um programa de governo (ditadura militar brasileira), mais tarde tornou-se um programa nacional, supostamente justificado pela produção de divisas para contribuir para o superávit primário e pagar a dívida externa do Brasil. Na verdade, trata-se de um projeto econômico privado de grande envergadura, centrado exclusivamente na exportação, com características de um enclave econômico, e mais especificamente de um enclave mineiro, com elevada concentração de rendimentos e formação de latifúndios.

Carajás responde atualmente por 27% da produção de minério de ferro do país e é a segunda região produtora mais importante do país, depois do Quadrilátero Ferrífero, no estado de Minas Gerais. A mina de Carajás, localizada no sudoeste do estado do Pará e considerada a maior mina de minério de ferro a céu aberto do mundo, é administrada pela Vale e tem produção anual de aproximadamente 112 milhões de toneladas. Além das grandes jazidas de minério de ferro, o projeto Grande Carajás é rico em manganês, cobre, níquel, ouro, bauxita, zinco, prata, cromo, estanho, tungstênio e urânio. Apesar disso, apenas cerca de 3% da área total é explorada atualmente.

Durante a elaboração desse projeto foi cogitado que o minério extraído das minas fosse escoado pelos rios locais até um porto que seria construído aos arredores de Belém, local de onde seria exportado para outros países, mas a região não teria capacidade suficiente, já que o litoral daquele local não conseguiria receber os navios maiores, o que encareceria o frete e inviabilizaria as exportações. Tempo depois foi proposto a construção de uma ferrovia, pois os trens são capazes de deslocar grandes quantidades de carga de uma única vez.

### 3.1 O MINÉRIO DE FERRO

Segundo Luís Carlos Parejo, o minério de ferro é encontrado na natureza na forma de rochas, misturado a outros elementos. O minério de ferro é abundante no mundo, porém as jazidas concentram-se em poucos países, sendo que apenas cinco detêm 77% das ocorrências totais. O Brasil abriga 8,3% das reservas, a quinta maior do mundo, equivalente a 17 bilhões de toneladas. As reservas do Brasil e da Austrália apresentam o maior teor de ferro contido, da ordem de 60%.

**Figura 1: Reservas Mundiais de Minério de Ferro (em milhões de toneladas)**

PAÍSES	MINÉRIO DE FERRO	PARTICIPAÇÃO (%)	FERRO CONTIDO	TEOR MÉDIO DO FERRO (%)
CEI	78.000	34,0	29.000	37,2
Austrália	28.000	12,2	17.900	63,9
Canadá	26.000	11,3	10.000	38,5
Estados Unidos	25.200	10,9	6.000	23,8
Brasil	19.000	8,3	10.100	53,2
Índia	12.000	5,2	6.300	52,5
África do Sul	9.300	4,1	5.900	63,4
China	9.000	3,9	3.500	38,9
Suécia	4.600	2,0	2.400	52,2
Venezuela	3.300	1,4	1.700	51,5
Outros Países	15.500	6,7	8.300	53,6
<b>Total</b>	<b>229.900</b>	<b>100</b>	<b>100.000</b>	<b>43,5</b>

Fonte: DNPM e Mineral Commodity Summaries, 1993

Segundo Lisandra Pereira Lamoso, o minério de ferro é um componente fundamental no processo de industrialização de qualquer país. Por ser a matéria-prima básica na composição do aço, está presente na fabricação de máquinas e equipamentos, na construção civil e na

indústria de bens de consumo. Além do largo emprego no processo siderúrgico, está entre os cinco principais produtos mais representativos das exportações brasileira.

As maiores jazidas brasileiras estão em Minas Gerais, com 61,2% das reservas nacionais, Mato Grosso do Sul, com 28,1% e o Pará, com 10,4%.

Por meio de diversos processos industriais com tecnologia de ponta (como peneiramento, hidro clonagem, britagem e filtragem), o minério é beneficiado (sinter feed e pellet feed) para, posteriormente, ser vendido para as indústrias siderúrgicas.

Sinter feed são partículas com tamanho variado entre 0,15 milímetros e 6,3 milímetros, já pellet feed são partículas com tamanho menor que 0,15 milímetros.

Em Carajás, o teor de minério de ferro encontrado chega a 67%, o que faz dele um dos produtos de maior qualidade, pois impacta diretamente no aproveitamento do mineral.

De acordo com o Departamento Nacional de Produção Mineral (2009), a produção de minério de ferro no Brasil se desenvolve em minas a céu aberto. A lavra é em bancadas com desmonte por explosivos, escavadeiras, carregamento em pás carregadeiras, transporte em caminhões fora-de-estrada. O beneficiamento consiste de britagem, peneiramento, lavagem, classificação, concentração e pelotização.

Para Andressa Ikeda Martin, a mineração tem um papel essencial no desenvolvimento do Brasil. O setor é responsável pelo balanço da economia nacional, além de ser uma atividade econômica extraordinariamente lucrativa. O minério de ferro é extremamente importante no cenário econômico brasileiro, sendo uma das commodities mais significativas produzidas em território nacional e exportadas pelo País.

Segundo o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, o Brasil é o segundo maior produtor do minério de ferro, após a China. As exportações brasileiras em 1994 – 125 milhões de toneladas renderam US\$ 2,29 bilhões, representando 20,8% do total das exportações de produtos básicos.

**Figura 2: Principais países produtores de minério de ferro (em milhões de toneladas)**

PAÍSES	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
China	155	162	169	175	196	225	229
Brasil	146	154	154	151	146	150	166
CEI	248	241	236	199	175	154	135
Austrália	96	106	112	122	117	121	129
Estados Unidos	58	58	55	55	55	56	59
Índia	50	51	54	57	55	56	57
Canadá	40	41	36	37	34	32	36
África do Sul	25	30	30	29	28	29	33
Suécia	20	22	20	19	19	19	20
Venezuela	18	18	20	20	18	17	16
Outros	104	103	90	87	75	73	76
<b>Total</b>	<b>960</b>	<b>986</b>	<b>976</b>	<b>951</b>	<b>918</b>	<b>932</b>	<b>956</b>

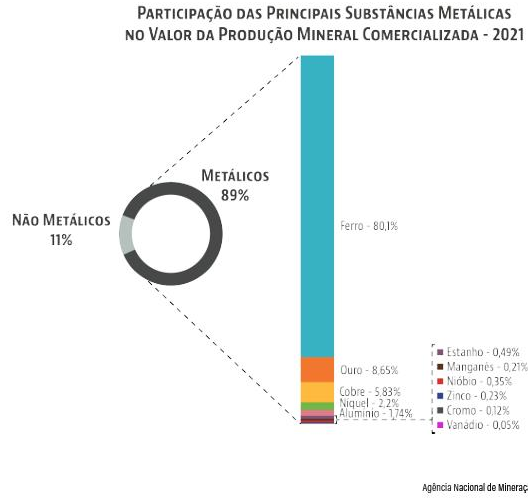
Fonte: Unctad Commodity Yearbook, 1994

### 3.2 A INDÚSTRIA NA MINERAÇÃO

Segundo QUARESMA (2009), a indústria da mineração do ferro tem grande importância econômica na economia mineral brasileira. O Brasil se destaca no mercado mundial de minério de ferro com reservas abundantes e de ótima qualidade. A mineração do ferro representa a mais importante atividade mineral do país pelos recursos financeiros envolvidos, desde a prospecção mineral para definir os jazimentos minerais até a comercialização dos produtos comerciais de minério de ferro, participando com destaque dos investimentos prospectivos, na mão de obra envolvida, na arrecadação de impostos e na arrecadação da compensação financeira pela exploração de recursos minerais (CFEM), assim como no comércio exterior gerando importantes divisas, e envolvendo a atividade com uma logística de transporte rodoviário, ferroviário e marítimo.

Segundo o mais recente Anuário Mineral Brasileiro, publicado em 2022 com dados de 2021, a produção brasileira de minerais metálicos se destaca entre as demais, representando 89% do setor.

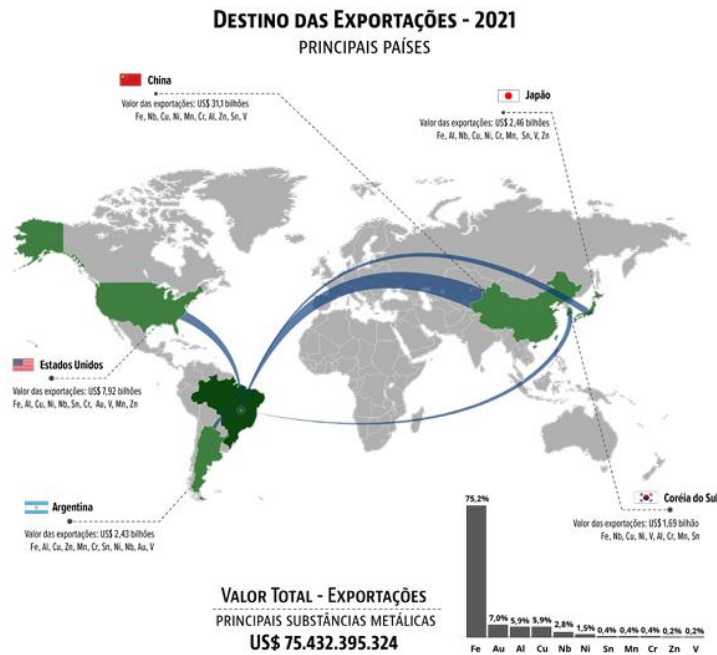
**Figura 3: Participação dos principais metais no valor da produção mineral**



Fonte: Agência Nacional de Mineração, 2021

No ano de 2021, o Brasil exportou US\$ 37,092 bilhões de minério, a Ásia corresponde por mais de 70% do valor das vendas de minério de ferro proveniente do Brasil.

**Figura 4: Destino das exportações dos minérios**



Fonte: Agência Nacional da Mineração, 2021



#### **4. A EMPRESA VALE**

Segundo o site Cristal Jr, a Vale está entre as maiores empresas de mineração do mundo, com mais de US\$ 62 bilhões de valor de mercado.

Segundo a Vale, a empresa foi fundada em 1942, possui uma longa história na exploração e exportação de recursos minerais, com um foco significativo no minério de ferro. A empresa possui uma presença global, operando em mais de 30 países ao redor do mundo, abrangendo América do Sul, América do Norte, África, Ásia e Oceania além de ser um dos maiores produtores mundiais de minério de ferro, a Vale também extrai outros minerais e metais, incluindo níquel, cobre, carvão, ouro e alumínio e essa diversificação de produtos contribui para sua relevância no mercado global de minerais. A empresa também possui uma infraestrutura de transporte impressionante permitindo que a Vale atenda a uma ampla base de clientes em todo o mundo como China, Japão, Coreia do Sul e outros países industrializados.

Conforme diz a Vale, ao longo de várias décadas, a empresa investiu em melhorias contínuas na ferrovia e em modernizações portuárias para otimizar a eficiência dos portos da Vale que passaram por extensas modernizações para aumentar a capacidade de carga, reduzir tempos de espera e agilizar o processo de embarque e desembarque, além de ter sido implementado tecnologias avançadas de monitoramento e controle, como sistemas de geolocalização e comunicação em tempo real, para acompanhar a localização e o desempenho de trens e cargas. Essas alterações permitiram que a Vale aumentasse sua capacidade de transporte e reduzisse os custos operacionais, tornando suas operações mais eficientes além de fazer a Vale se diferenciar de outras empresas de mineração e logística em várias maneiras como eficiência logística e capacidade de atender a demanda global.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, a Vale vem contribuindo para a economia do Brasil de maneira considerável a anos e é uma das maiores empresas brasileiras e contribui significativamente para o Produto Interno Bruto (PIB) do país. Em 2020, a Vale contribuiu com aproximadamente 7,8% do PIB do Brasil.

#### **5. ESTRADA DE FERRO CARAJÁS**

Segundo a Vale, a Estrada de Ferro Carajás (EFC) foi construída após um longo período de projeções elaboradas na região de Carajás no estado do Pará, teve seus estudos de viabilidade e roteirização, juntamente com os projetos de engenharia, iniciados quase uma década antes, em 1974, mas a inauguração oficial só ocorreria 11 anos depois, no dia 28 de fevereiro de 1985.

A construção da ferrovia se deu principalmente pela criação do projeto Carajás, que era uma proposta do governo de exploração de grandes espaços abastecidos por minérios

importantes nessa região, englobando diversas cidades de estados do norte como Pará e Tocantins, alcançando a região do sudeste do Maranhão no Nordeste. Como era uma região importante para a mineração, o governo viu a necessidade de criar uma rota de transporte dos minérios extraídos, e foi essa ideia que levou a construção da Estrada de Ferro Carajás.

De acordo com a Vale, a EFC é uma ferrovia utilizada principalmente para o transporte de minérios de ferro da mina de Carajás, possui 992 quilômetros de extensão, mais de 24 mil vagões, 299 locomotivas e a velocidade média dos trens são de 40 km/h. Porém 20 mil são utilizados para o transporte de minério de ferro e os demais são para cargas gerais. Possui 6 silos de carregamento nas minas. O trem tipo da EFC possui 330 vagões, tracionados por 3 ou 4 locomotivas.

### Apêndice 1 – Linha do tempo da Estrada de Ferro Carajás



Segundo Pedro Aderson Lima Neto, em média 17 trens transportam mais de 30 mil toneladas úteis por dia.

De acordo o engenheiro da Vale Guilherme Fabiano Mendonça, os vagões GDT e GDU são utilizados na Vale.

Conforme diz o site GBMX, os vagões utilizados para transportar o minério de ferro são os vagões gôndola GDT e GDU. O GDT possui 45 m<sup>3</sup> de volume, pesa 20 toneladas e leva até 130 toneladas de peso bruto. O GDU possui 45 m<sup>3</sup> de volume, pesa 21 toneladas e leva até 129 toneladas de peso bruto. Porém, a margem de segurança que os vagões carregam é cerca de 104 toneladas.

## **5.1 ESTRUTURA DA EFC**

Segundo a Vale, a EFC possui um sistema de equipamentos instalados ao longo da via férrea que informam sobre a condição dos rodeiros e seus componentes. Microfones, câmeras, sensores de velocidade, eletromagnéticos e outros equipamentos captam dados no momento de passagem do trem, como: largura e altura de friso; peso por rodeiro; diâmetro de roda e mais. Também possuem Monitoramento de variáveis de geometria, trilhos, dormentes e túneis por meio de sensores ópticos, laser e GPS.

Conforme diz a Vale, também possui tração distribuída por rádio frequência para poder operar de trens de mais de 3 quilômetros de extensão e 330 vagões, são usadas, em média, 3 locomotivas, posicionadas a cada lote de 110 vagões. Para controlar a tração e frenagem de toda essa composição, a locomotiva principal envia comandos via ondas de rádio para as demais locomotivas.

De acordo com a Vale, ela possui um centro de controle perto da EFC e do porto para controlar toda essa tecnologia, o COI (Centro de Operações Integradas) controla todo o sistema de produção, desde a mina até a produção. Já o CCO (Centro de Controle de Operações) utiliza do sistema de informação através de GPS, rádios e telefones observa, controla e planeja a distância o tráfego da ferrovia. Com uma equipe que trabalha 24 horas por dia, é possível visualizar em tempo real o que acontece na malha ferroviária. E o CMA (Centro de Monitoramento de Ativos) recebe os dados coletados pelas tecnologias de monitoramento da linha férrea e evitam situações de risco na ferrovia.

Como a ferrovia possui muitas tecnologias, é de extrema importância que tudo seja monitorado pelo centro de controle.

Segundo a Vale, o trilho utilizado na Estrada de Ferro Carajás é o trilho TR 68, permite até 32,5 toneladas por eixo.

## **6. SISTEMA DE PESAGEM**

Uma balança ferroviária tem a função de realizar a pesagem dos vagões e cargas. Porém, é muito mais eficiente utilizar uma balança ferroviária dinâmica (BFD), pois ela efetua a pesagem em movimento.

De acordo com o site MASSA, na EFC foi implantada essas BFDs junto com um software chamado SIMM (Sistema de Informação e Medição de Massa) da empresa MASSA, juntos permitem que seja realizada a pesagem de forma precisa e segura, tornando mais rápida a operação de carregamento e descarregamento de carga. A pesagem da BFD também pode ser

usada como um controle de entrada e saída dos trens, totalizar a produtividade por turno operacional.

Na EFC estão instaladas 8 balanças no total, 3 balanças de tara, 3 de bruto (SIMM S-02) e 2 intermediárias (SIMM S-05).

Uma balança antes do carregamento por silos, para pesagem da Tara dos vagões e após isso é efetuado o carregamento através do silo principal que vai carregar 90% da carga.

Após esse carregamento principal, a balança intermediária mostra o peso dos vagões em 4 quadrantes, que em seguida é carregado pelo silo top-off. Esse silo top-off é operado por um supervisor do top-off, encarregado de abastecer 10% aproximadamente da carga de forma uniforme.

A BFD de Bruto efetua a pesagem final para consolidar o peso dos vagões carregados, além disso consolida também o faturamento individual das cargas.

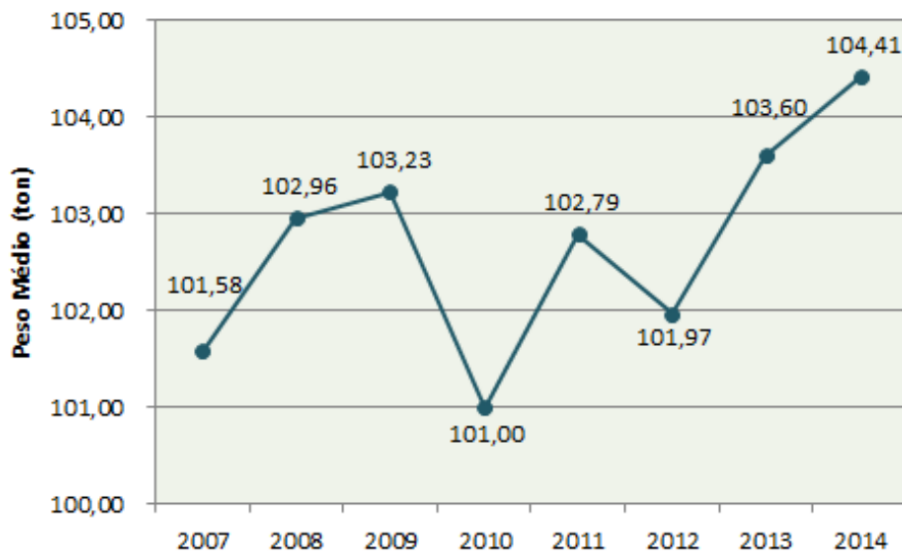
**Figura 9: Uso de 3 balanças ferroviárias dinâmicas**



Fonte: Massa, 2019

Antes da instalação dessas BFDs, a EFC transportava os vagões com 4 toneladas abaixo da margem de segurança e distribuía de forma desproporcional a carga nos quadrantes, o que poderia causar descarrilamento.

**Figura 10: Evolução do peso médio do minério de ferro**



Fonte: Alavancagem de Peso Médio do Minério de Ferro, 2015

De acordo com a empresa MASSA, para realizar a pesagem das BFDs, são utilizados trilhos com células de cargas digitais, que pesam individualmente os eixos dos vagões.

A empresa MASSA (2020) relata “Os dados de pesagem são enviados remotamente ao servidor por meio de uma rede TCP/IP. Na sala de operação, o software SIMMSOFT, baseado em plataforma Microsoft Windows, permite o controle e monitoramento das pesagens.”

Através do uso de trilhos instrumentados com células de carga digitais, as cargas são precisamente analisadas, pois o software fornece informações como peso dos eixos, distribuição de carga por quadrantes e média transportada total. Com o uso dessas informações, é possível tomar providências antes que acidentes aconteçam.

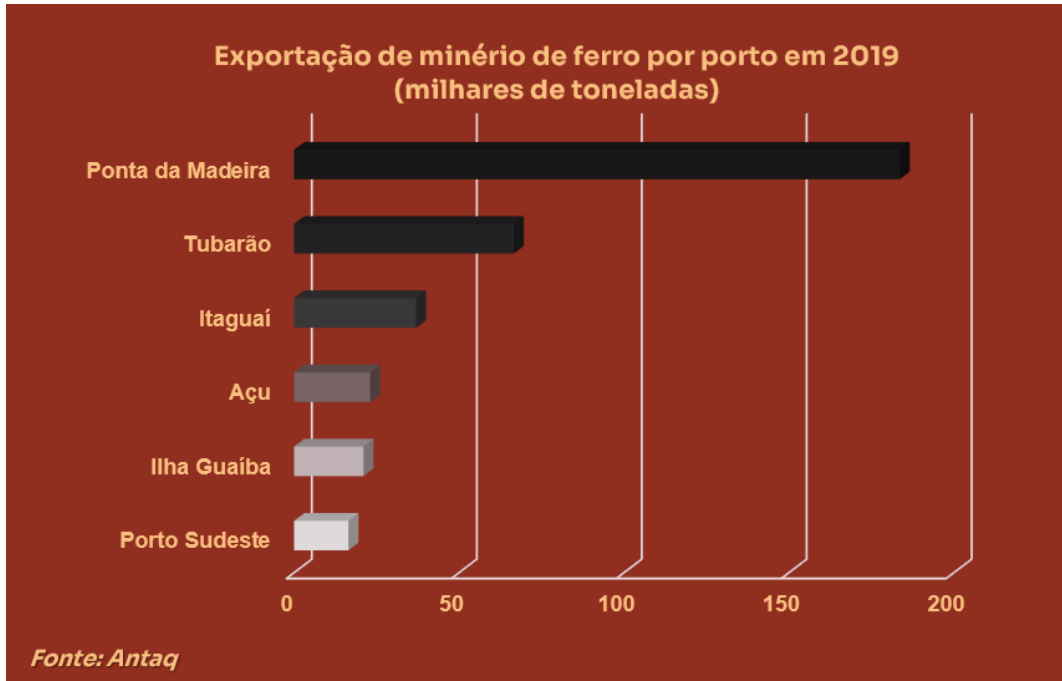
Após efetuar o abastecimento dos vagões e a pesagem da BFD de Bruto, o trem segue a viagem até o porto.

## **7. TERMINAL MARÍTIMO DE PONTA DA MADEIRA**

De acordo com a Vale, em 1986 foi inaugurado o Terminal Marítimo de Ponta da Madeira, estabelecido em São Luís, no Maranhão, que é ligada às minas graças a Estrada de Ferro de Carajás, sendo destinado principalmente para exportação de minério de ferro. O local geográfico foi escolhido porque pode atracar navios de grande porte, suportando os de até 23 metros de calado e por ser perto dos principais mercados consumidores que são os Estados Unidos, Reino Unido e China. O benefício disso é um grande portal de saída para a produção

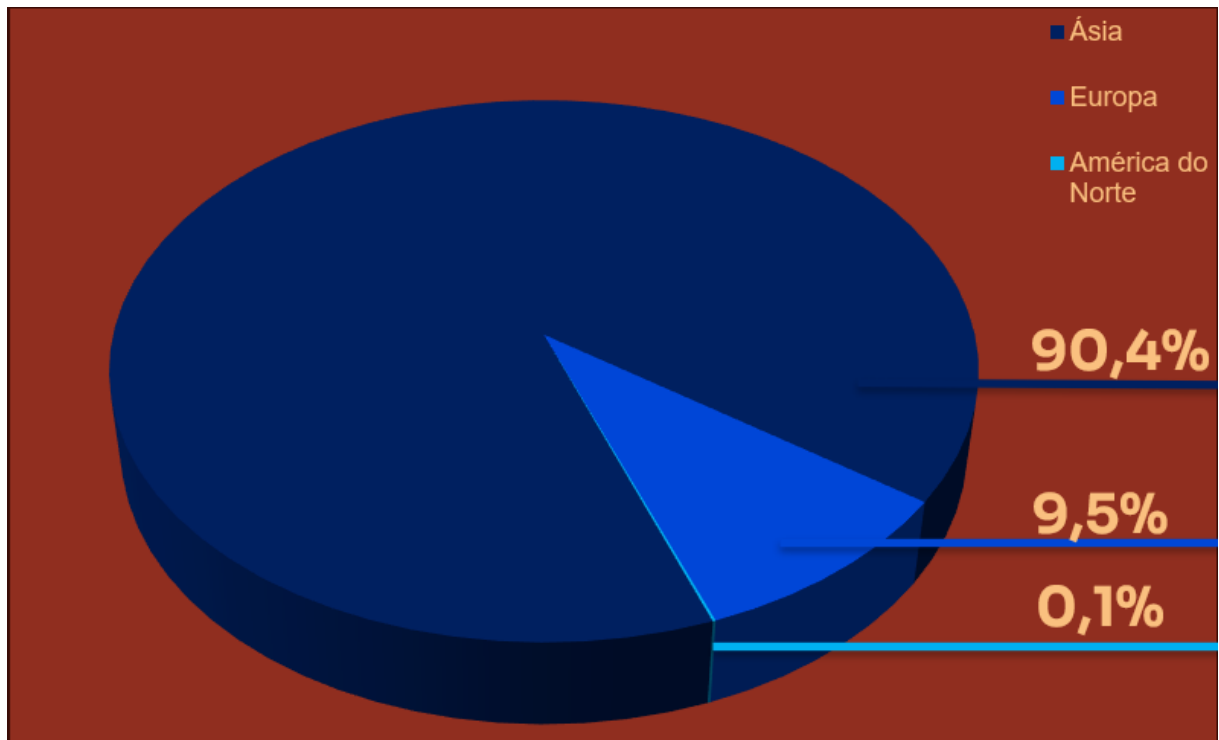
mineral do Brasil, sendo um dos principais portos para o escoamento da commodity minério de ferro.

**Figura 10: Gráfico dos principais portos exportadores de minério de ferro**



Fonte: Antaq, 2019

**Figura 11: Gráfico dos principais destinos do minério de ferro de Ponta da Madeira**



Fonte: Antaq, 2019

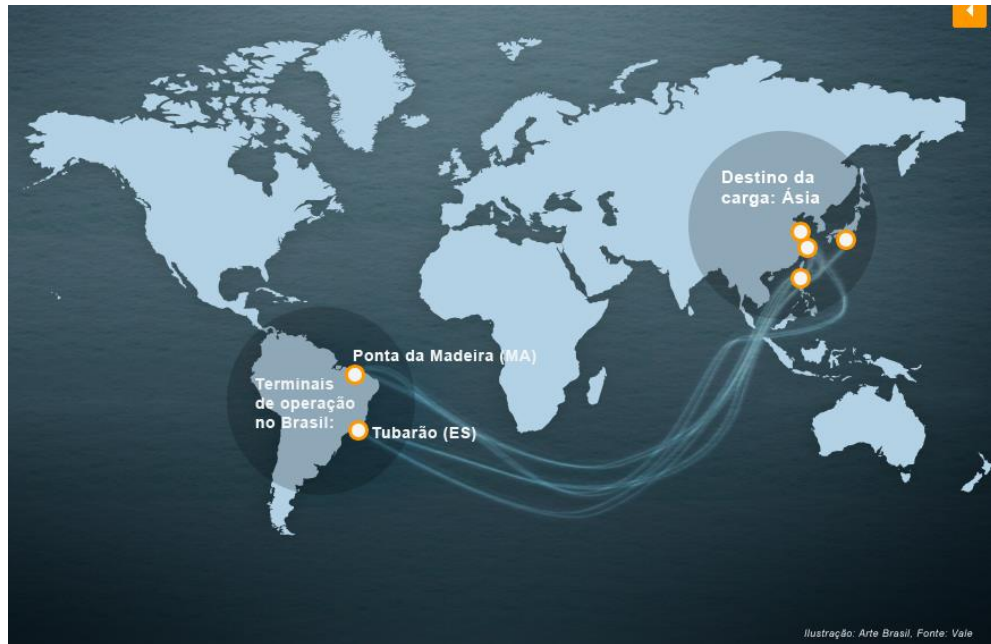
Segundo a Vale, aos trens chegarem no Maranhão, seus vagões são girados em 180° num Car Dumper (Virador de Vagões) e os minérios são despejados em correias transportadoras que os levam até os pátios de estocagem, onde ficam armazenados. Existem atualmente 13 pátios de minério, que no total é uma área de 837.000 m<sup>2</sup>. Possui uma capacidade de armazenar até 9 milhões de toneladas de minério. As empilhadeiras possuem uma função de organizar os minérios no pátio e de acordo com suas especificações técnicas, formam pilhas de 7 a 8 metros de altura. Para embarcar esse minério, uma recuperadora direciona os minérios até as correias transportadoras para chegarem até o navio. Também tem as empilhadeiras-recuperadoras, que podem fazer esses 2 trabalhos. São 4 empilhadeiras, 5 empilhadeiras-recuperadoras e 7 recuperadoras, totalizando 16 máquinas. Essas correias transportadoras são equipamentos que transportam os minérios utilizando esteiras totalmente automatizadas, esses equipamentos garantem um transporte eficiente. Parte dos minérios de ferro pellet feed são enviados para a Usina de Pelotização para serem transformados em pelotas.

Segundo a Vale, é operado 3 píeres no porto, o Píer I possui uma profundidade de 23,5 metros, sendo destinado principalmente para transportar minério de ferro, apenas um berço de atracação, mas tem um carregador de navio com capacidade de despejar 16 mil toneladas de minério por hora, navios como Valemax conseguem atracar. O Píer III possui 21 metros de profundidade, porém possui 2 berços de atracação, possui 3 carregadores de navio, cada tem a capacidade de despejar 8 mil toneladas de minério por hora. O Píer IV possui 25 metros de profundidade, dois berços de atracação, porém sofre com as correntes da maré, por isso possui cabos de terra para ajudar os navios a atracarem em seus berços de atracação.

### **7.1 O NAVIO VALEMAX**

Valemax faz parte de uma categoria de embarcações composta por navios-graneleiros, especialmente projetados para transportar grandes quantidades de minério de ferro extraídos no Brasil, sendo transportados principalmente para os portos asiáticos.

**Figura 5: Transporte do Valemax para os portos asiáticos.**



Fonte: Vale, 2019

Segundo a Vale, as embarcações da classe Valemax, estão entre as maiores embarcações do mundo, apresentando comprimento total de mais de 360 metros e capacidade de carregamento de mais de 360.000 toneladas de minério de ferro, podendo alcançar até 400.000 toneladas, caso os portos estejam aptos a receber as embarcações com plena carga. Esses navios foram projetados para reduzir os custos de transporte de minério de ferro e para aumentar a eficiência do transporte, pois podem carregar muito mais carga do que navios convencionais, o navio é feito de 46.000 toneladas de aço, tem 362m de comprimento, 65m de largura e 30,4m de altura. A carga é armazenada em sete porões, cada um do tamanho de uma, o transporte de maior quantidade de carga por viagem levou a um corte nos custos de US\$ 4 a US\$ 6 por tonelada.

Segundo artigo publicado pelo Sindicato Nacional dos Oficiais da Marinha Mercante (SINDMAR), as novas embarcações representaram um ganho enorme em escala, transportando mais cargas por viagem e reduzindo significativamente o preço do frete. Com isso, a mineradora tornou-se uma concorrente de empresas de transporte de granéis sólidos, especializadas na movimentação de matérias primas e commodities. Sendo a China o maior comprador de minérios do planeta e destino de metade da produção da Vale, baratear o frete colocaria o Brasil em posição de vantagem em relação a competidores com melhor logística, como a Austrália, cujo minério chega aos portos chineses em apenas 15 dias, contra os 40 que o produto brasileiro viaja desde a partida de Carajás (PA). Capazes de atravessar o oceano com apenas 25



tripulantes, os Valemax também trouxeram mais eficiência a um custo menor, além de serem mais sustentáveis, emitindo 35% menos gás carbônico que um navio graneleiro tradicional.

## **8. SOLUÇÃO DA PROBLEMÁTICA**

O presente trabalho tem como finalidade apresentar o que foi implantado para solucionar o problema de escoamento do minério de ferro do Projeto Carajás e a pesagem da Estrada de Ferro Carajás.

### **8.1 INFRAESTRUTURA**

Neste tópico será mostrado o que foi implementado para projetar uma infraestrutura capaz de escoar o minério de ferro até seus consumidores.

#### **8.1.1 FERROVIA**

Com o objetivo de transportar o minério de ferro da jazida de Carajás, foi construída a Estrada de Ferro Carajás que inicia no Pará e vai até o Maranhão. Possuindo diversos elementos modernos, essa linha férrea possui controle de tráfego e monitoramento em tempo real, consegue transportar mais de 30 mil toneladas de minério de ferro por dia.

#### **8.1.2 CARREGAMENTO**

Para poder abastecer os vagões dos trens que irão percorrer pela Estrada de Ferro Carajás, são utilizados silos que os abastecem, primeiramente 90% da carga e depois complementando aproximadamente 10% de forma uniforme por um operador.

#### **8.1.3 PÁTIOS**

Ao trem chegar até o porto, com o uso de um Car Dumper são virados e os minérios são despejados em correias transportadoras que os levam até os pátios de estocagem, no qual são armazenados em pilhas utilizando maquinários como empilhadeiras. Para carregar os navios, maquinários como recuperadoras colocam os minérios de ferro em correias transportadoras.

#### **8.1.4 PORTO**

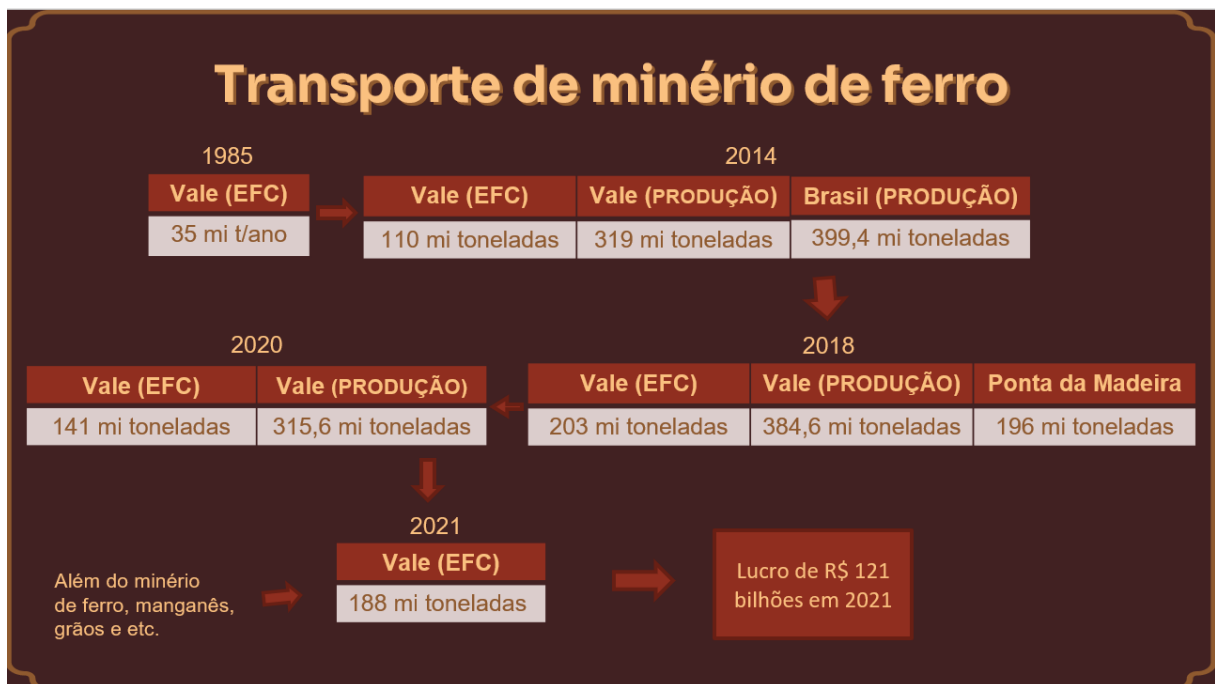
Para poder exportar esse minério de ferro, foi construído o Terminal Marítimo Ponta da Madeira estabelecido em São Luís no Maranhão. Utilizando esse porto é possível exportar o minério de ferro com o uso dos navios como Valemax. Além disso, com a capacidade desse

grande navio graneleiro é possível realizar grandes exportações, pois possuem a capacidade de transportar mais de 360 mil de toneladas de minério.

### 8.1.5 RESULTADOS DA INFRAESTRUTURA

Essa infraestrutura solucionou o problema de escoar o minério de ferro provido da jazida de Carajás, como também se tornou de grande importância para exportar minérios para seus principais consumidores. Por o Terminal Marítimo Ponta da Madeira ser um porto próximo desses consumidores e possui uma grande capacidade de exportar minérios, acaba por se tornar um grande portal de saída dessas mercadorias. Resultados como 202 milhões de toneladas transportadas em 2021 torna evidente a eficiência dessa infraestrutura.

#### Apêndice 2 – Transporte de minério de ferro ao longo dos anos



## 8.2 PESAGEM

Neste tópico será mostrado a implementação de um sistema que efetua a pesagem dos vagões de trens que transportam o minério de ferro.

### 8.2.1 SIMM

SIMM é um software que é utilizado juntamente às balanças ferroviárias dinâmicas, que permite operar a pesagem de forma remota. Utilizando trilhos instrumentados com células de cargas digitais, os dados de pesagem são enviados para os operadores através de uma rede, permitindo o controle e monitoramento do carregamento utilizando o software.

### 8.2.2 BALANÇAS FERROVIÁRIAS DINÂMICAS

Estão implantadas balanças ferroviárias dinâmicas na Estrada de Ferro Carajás, essas balanças permitem efetuar a pesagem em movimento. Antes do primeiro silo de carregamento, a balança de Tara efetua a pesagem dos vagões. Após o carregamento do silo principal, a balança Intermediária efetua a pesagem em 4 quadrantes do vagão e informa o operador top-off. Após o carregamento do silo top-off, a balança de Bruto efetua a pesagem da carga e consolida o faturamento individual do vagão.

### 8.2.3 VANTAGENS DO SISTEMA DE PESAGEM

Utilizando o sistema de pesagem na Estrada de Ferro Carajás, é possível efetuar de forma eficiente o abastecimento dos vagões, de forma proporcional e uniforme. Além de diminuir o risco de descarrilamento, e com precisão efetuando o abastecimento dentro da capacidade dos vagões.

Segundo a Vale, a Estrada de Ferro Carajás foi classificada como ferrovia mais segura do país pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Em 2020 foi realizado um comparativo com os índices anuais de acidentes de todas as ferrovias, a ANTT classificou a Estrada de Ferro Carajás como a mais segura do país. Considerando que por volta de 2018 e 2019 foi implantada essas balanças ferroviárias, essa diminuição do índice é influenciada pela implementação das balanças ferroviárias.

**Figura 12 – Índice anual de acidentes da Estrada de Ferro Carajás**

2017	2018	2020
2,67	1,81	1,73

Fonte: Vale, 2020

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nosso trabalho tem como objetivo explicar de forma detalhada a história e o funcionamento de toda a Estrada de Ferro Carajás com a empresa Vale, mostrando também a sua relevância no cenário nacional. Acredito que nosso trabalho cubra bem o nosso objetivo inicial. É evidente que o nosso tema, dentro do campo logístico, é de extrema relevância, pois é falado sobre os desafios logísticos em regiões remotas, sobre a relevância de uma integração modal e a importância do minério de ferro no cenário nacional.

Com o presente estudo conseguimos compreender que a pesagem ferroviária dinâmica é a evolução dos sistemas de pesagem, resultando na pesagem sobre as vias férreas mais rápidas,

precisas e seguras, o que acaba por se tornar para o utilizador uma economia de tempo na operação de carregamento e descarregamento de carga.

## 10. ANEXOS

**Figura 1: Reservas Mundiais de Minério de Ferro (em milhões de toneladas)**

PAÍSES	MINÉRIO DE FERRO	PARTICIPAÇÃO (%)	FERRO CONTIDO	TEOR MÉDIO DO FERRO (%)
CEI	78.000	34,0	29.000	37,2
Austrália	28.000	12,2	17.900	63,9
Canadá	26.000	11,3	10.000	38,5
Estados Unidos	25.200	10,9	6.000	23,8
Brasil	19.000	8,3	10.100	53,2
Índia	12.000	5,2	6.300	52,5
África do Sul	9.300	4,1	5.900	63,4
China	9.000	3,9	3.500	38,9
Suécia	4.600	2,0	2.400	52,2
Venezuela	3.300	1,4	1.700	51,5
Outros Países	15.500	6,7	8.300	53,6
<b>Total</b>	<b>229.900</b>	<b>100</b>	<b>100.000</b>	<b>43,5</b>

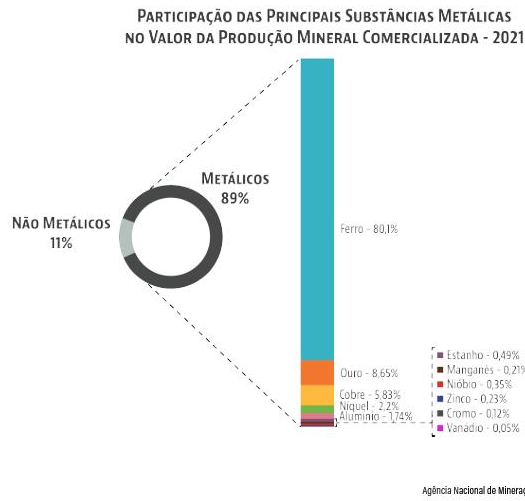
Fonte: DNPM e Mineral Commodity Summaries, 1993

**Figura 2: Principais países produtores de minério de ferro (em milhões de toneladas)**

PAÍSES	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
China	155	162	169	175	196	225	229
Brasil	146	154	154	151	146	150	166
CEI	248	241	236	199	175	154	135
Austrália	96	106	112	122	117	121	129
Estados Unidos	58	58	55	55	55	56	59
Índia	50	51	54	57	55	56	57
Canadá	40	41	36	37	34	32	36
África do Sul	25	30	30	29	28	29	33
Suécia	20	22	20	19	19	19	20
Venezuela	18	18	20	20	18	17	16
Outros	104	103	90	87	75	73	76
<b>Total</b>	<b>960</b>	<b>986</b>	<b>976</b>	<b>951</b>	<b>918</b>	<b>932</b>	<b>956</b>

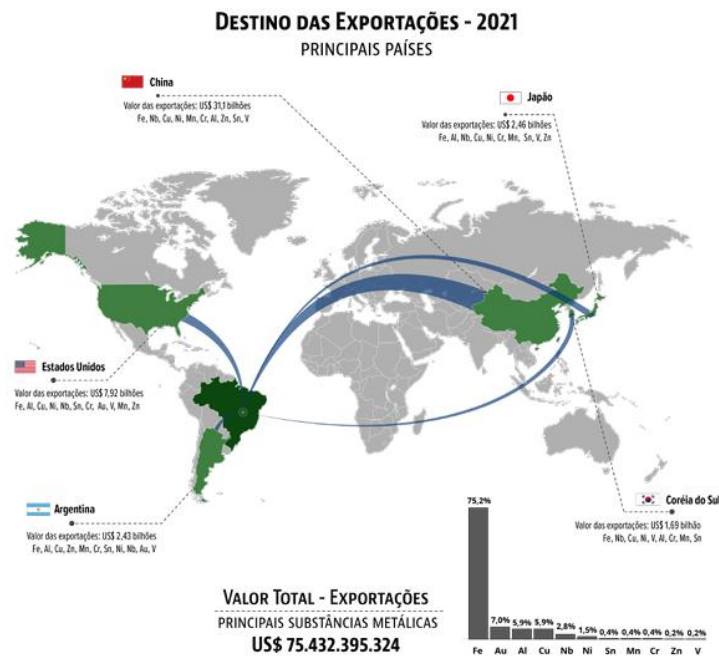
Fonte: Unctad Commodity Yearbook, 1994

**Figura 3: Participação dos principais metais no valor da produção mineral**



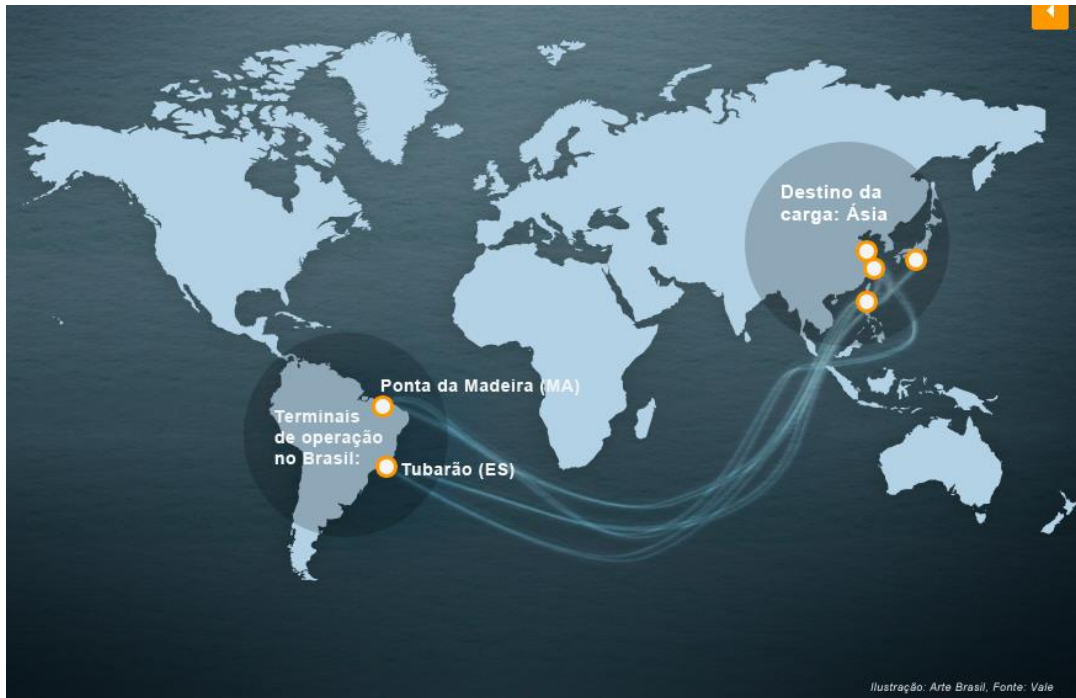
Fonte: Agência Nacional de Mineração, 2021

**Figura 4: Destino das exportações dos minérios**



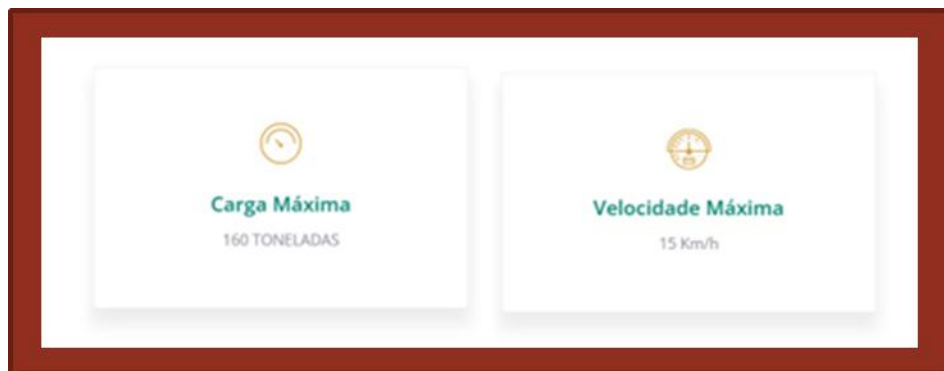
Fonte: Agência Nacional da Mineração, 2021

**Figura 5: Transporte do Valemax para os portos asiáticos**



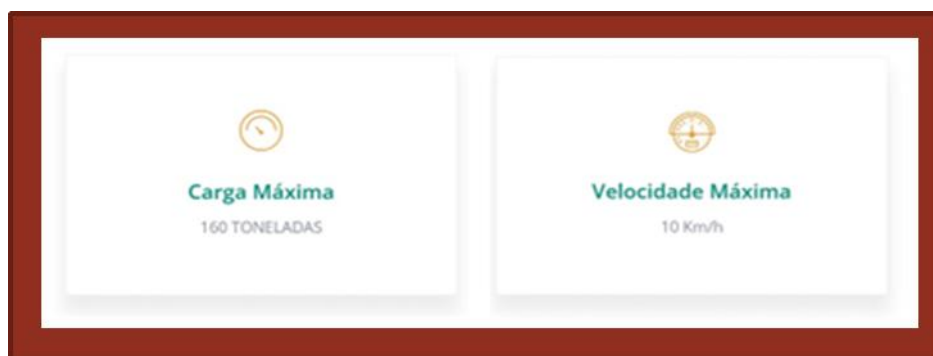
Fonte: Vale, 2019

**Figura 6: Balança ferroviária (SIMM S-02)**



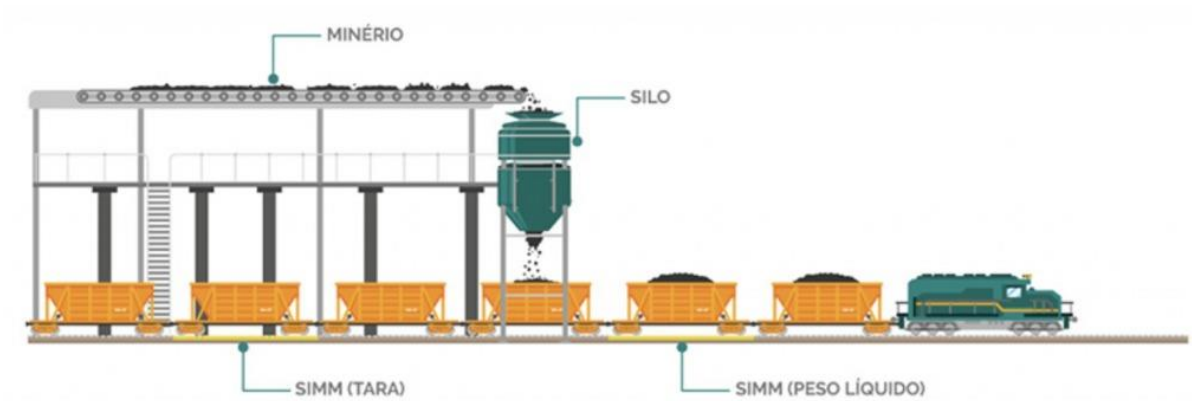
Fonte: Massa, 2019

**Figura 7: Balança ferroviária (SIMM S-05)**



Fonte: Massa, 2019

**Figura 8: Uso de 2 balanças ferroviárias dinâmicas**



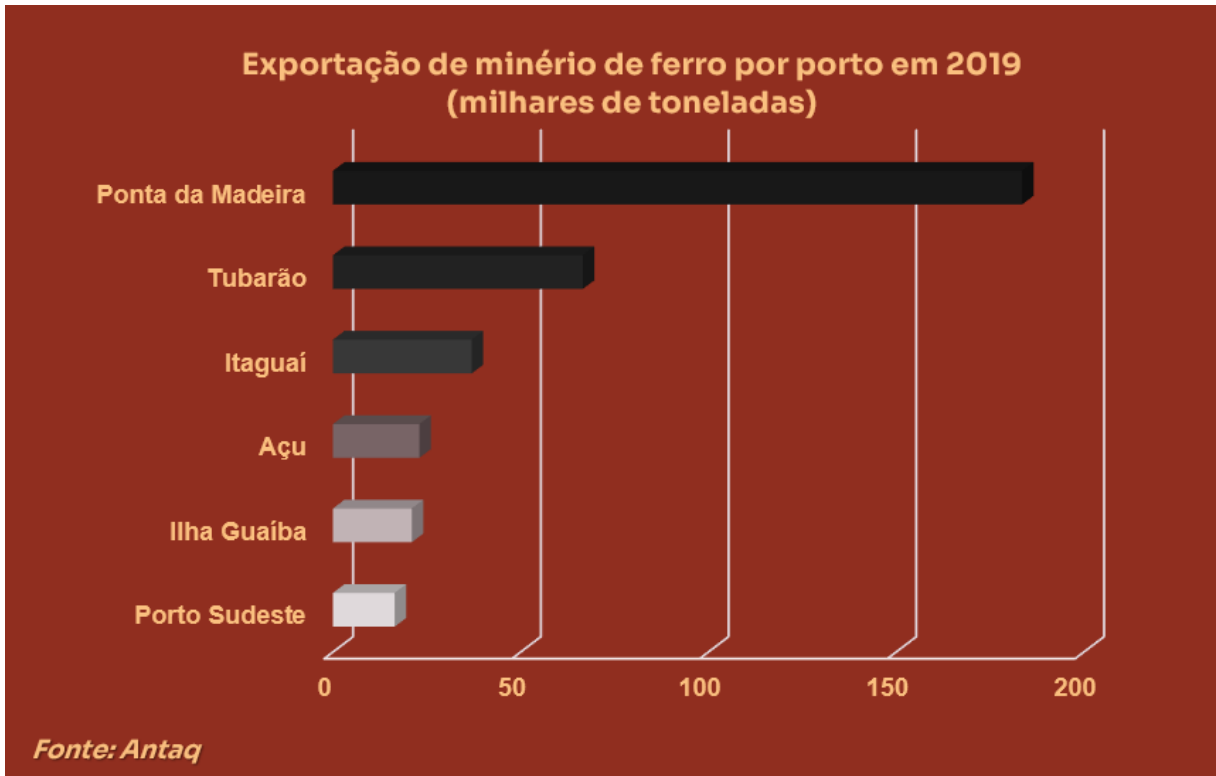
Fonte: Massa, 2019

**Figura 9: Uso de 3 balanças ferroviárias dinâmicas**



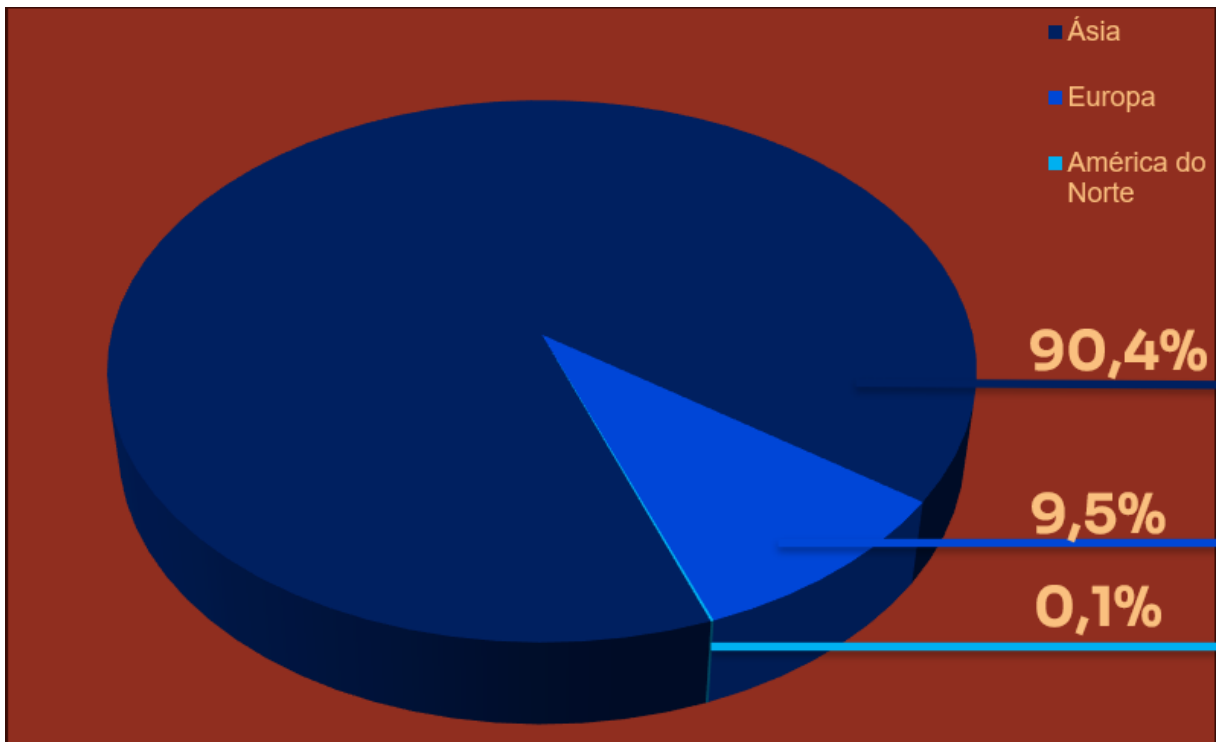
Fonte: Massa, 2019

**Figura 10: Gráfico dos principais portos exportadores de minério de ferro**



Fonte: Antaq, 2019

**Figura 11: Gráfico dos principais destinos do minério de ferro de Ponta da Madeira**



Fonte: Antaq, 2019



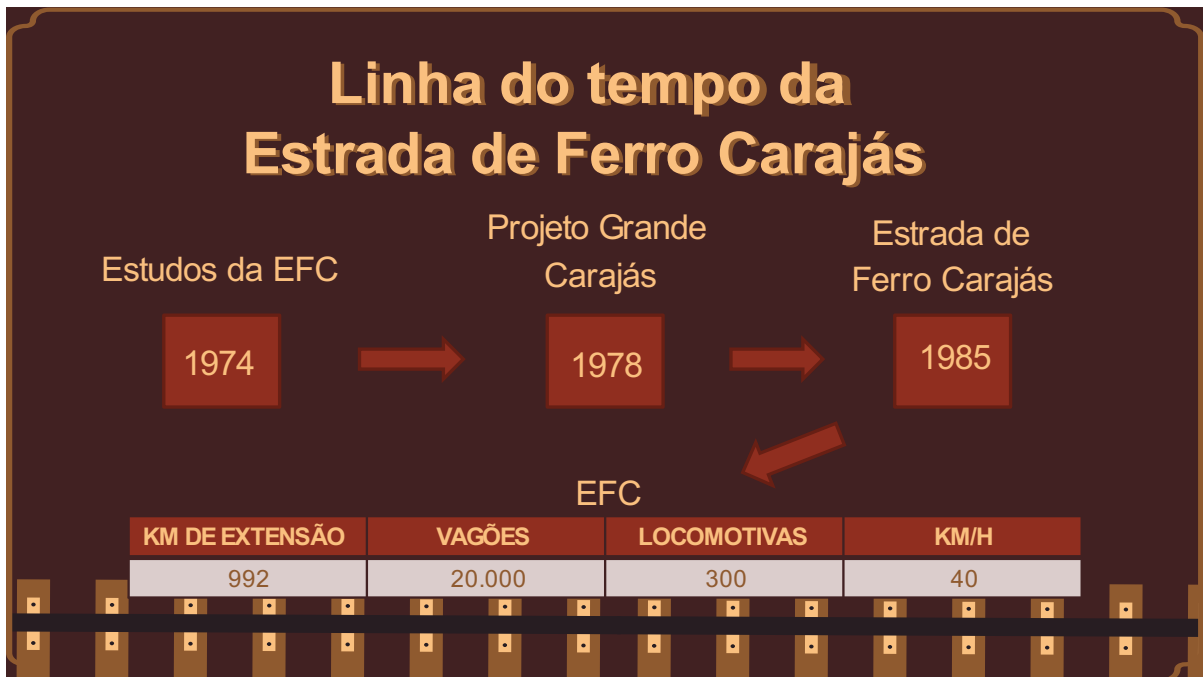
**Figura 12 – Índice anual de acidentes da Estrada de Ferro Carajás**

2017	2018	2020
2,67	1,81	1,73

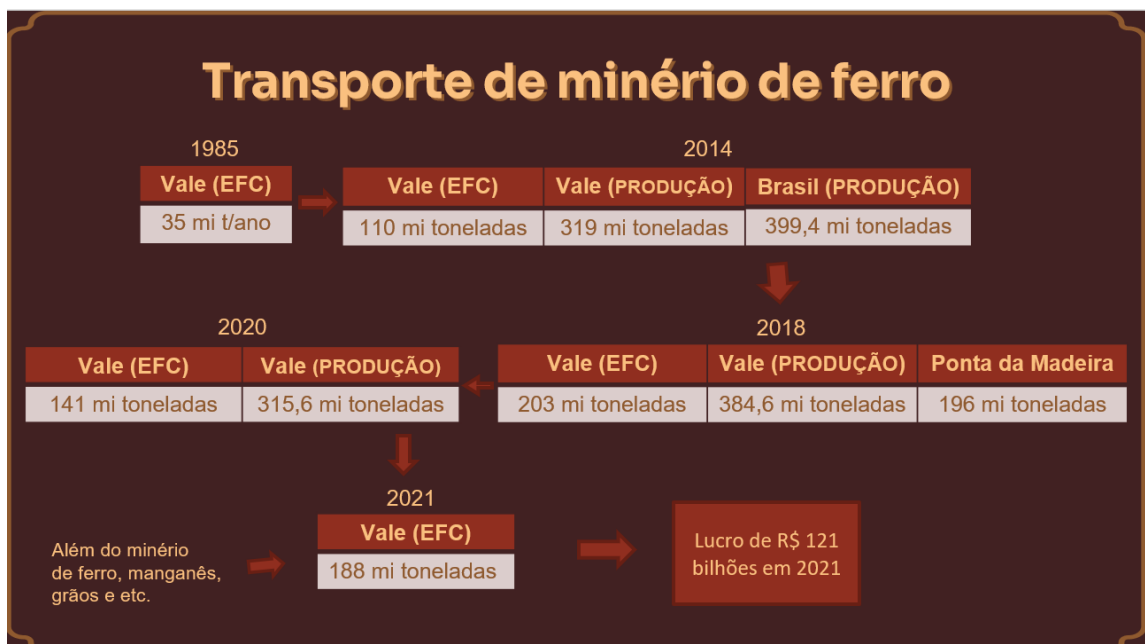
Fonte: Vale, 2020

## 11. APÊNDICES

### Apêndice 1 – Linha do tempo da Estrada de Ferro Carajás



### Apêndice 2 – Transporte de minério de ferro ao longo dos anos



## 12. WEBGRAFIA

<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/PreviaAMB2022.pdf>

Acessado no dia 15 de outubro às 19:50

<http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/ferro/>

Acessado no dia 15 de outubro às 19:51

<https://www2.ufjf.br/poemas//files/2014/07/Coelho-2015-Projeto-Grandes-Carajás.pdf>

Acessado no dia 15 de outubro às 19:52

<https://www.minasjr.com.br/beneficiamento-o-que-voce-precisa-saber/>

Acessado no dia 15 de outubro às 19:53

<https://brasil.angloamerican.com/pt-pt/nossos-negocios/minerio-de-ferro>

Acessado no dia 15 de outubro às 19:54

[https://minerajr.ufop.br/blog/mina\\_de\\_carajas.html](https://minerajr.ufop.br/blog/mina_de_carajas.html)

Acessado no dia 15 de outubro às 19:55

<http://querepublicaeessa.an.gov.br/temas/66-filme/104-projeto-carajas.html>

Acessado no dia 15 de outubro às 19:56

[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/113/o/IISPHist09\\_RaimundoLitos.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/113/o/IISPHist09_RaimundoLitos.pdf)

Acessado no dia 15 de outubro às 19:57

<https://www.infoescola.com/geografia/serra-dos-carajas/>

Acessado no dia 15 de outubro às 19:58

<https://eximport.com.br/s11d-e-o-maior-projeto-de-mineracao-do-mundo/>

Acessado no dia 15 de outubro às 19:59

[https://portal.antt.gov.br/resultado/-/asset\\_publisher/m2By5inRuGGs/content/id/2428888#:~:text=A%20Estrada%20de%20Ferro%20Carajás,transportado%20o%20minério%20de%20ferro](https://portal.antt.gov.br/resultado/-/asset_publisher/m2By5inRuGGs/content/id/2428888#:~:text=A%20Estrada%20de%20Ferro%20Carajás,transportado%20o%20minério%20de%20ferro)

Acessado no dia 15 de outubro às 20:00

<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/geografia/minerio-de-ferro-brasil-e-um-dos-principais-produtores-mundiais.htm#:~:text=A%20Vale%20%C3%A9%20a%20maior%20produtora%20desta%20commodity%20no%20mundo.>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:01

<https://sagaconsultoria.com/minerio-de-ferro-principais-produtores-no-brasil-aspectos-economicos-e-precos-da-commodity/#:~:text=A%20Vale%20%C3%A9%20a%20maior,localizada%20no%20norte%20do%20Brasil.>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:02

<https://www.sindmar.org.br/caso-valemax/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:03

<https://www.terra.com.br/economia/infograficos/maior-navio-do-mundo/#:~:text=O%20maior%20navio%20de%20transporte%20do%20mundo&text=A%20Vale%20recebeu%20no%20come%C3%A7o,Confira%20destaques%20da%20embarca%C3%A7%C3%A3o>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:04

[https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48232632/Exploracao\\_de\\_minerio\\_de\\_ferro\\_no\\_Brasil\\_e\\_no\\_Mato\\_Grosso\\_do\\_Sul-libre.pdf?1471899764=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEXPLORACAO\\_DE\\_MINERIO\\_DE\\_FERRO\\_NO\\_BRASIL.pdf&Expires=1696643358&Signature=GkKhn6uXBgOThxh34dS8LX3cg4r23tlksenS2AzSdmI9B32BhNMC59-Dw4PkCRIPguxKpOOyWJE12tTreyAVqqqoUBJFPO2HIHLAdbaT06NZngxBkK2Jd1Lb8J~psii1gaFOYizpUsmvx-0EGz2Vr6gp4IDyZKC0K80wArI0jZSM~QxbCog5bgilmbgG-nEPEo~V41qiuJENdl4NcGM6Gc1PMME-4AwOwbAC6ps8CnmOy-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48232632/Exploracao_de_minerio_de_ferro_no_Brasil_e_no_Mato_Grosso_do_Sul-libre.pdf?1471899764=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEXPLORACAO_DE_MINERIO_DE_FERRO_NO_BRASIL.pdf&Expires=1696643358&Signature=GkKhn6uXBgOThxh34dS8LX3cg4r23tlksenS2AzSdmI9B32BhNMC59-Dw4PkCRIPguxKpOOyWJE12tTreyAVqqqoUBJFPO2HIHLAdbaT06NZngxBkK2Jd1Lb8J~psii1gaFOYizpUsmvx-0EGz2Vr6gp4IDyZKC0K80wArI0jZSM~QxbCog5bgilmbgG-nEPEo~V41qiuJENdl4NcGM6Gc1PMME-4AwOwbAC6ps8CnmOy-)

[kah~cIs2biK8DmKMOsuDexKu7plfnmJ~C3IVXxEN388T5iizhcdpTGlnMDBM-0Js~Sw39TK54aOCWehw-3kcGYnX-35yK3YiSk38e7Q\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](http://kah~cIs2biK8DmKMOsuDexKu7plfnmJ~C3IVXxEN388T5iizhcdpTGlnMDBM-0Js~Sw39TK54aOCWehw-3kcGYnX-35yK3YiSk38e7Q_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

Acessado no dia 15 de outubro às 20:05

<https://www.ejminas.com/minerio-ferro-realidade-brasil#:~:text=Como%20o%20ferro%20%C3%A9%20mat%C3%A9ria,das%20jazidas%20nos%20%C3%BAltimos%20anos>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:06

<https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/7073/A%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20Internacional%20da%20Amaz%C3%B4nia%20Oriental%20atrav%C3%A9s%20dos%20Corredores%20de%20Exporta%C3%A7%C3%A3o%3A%20An%C3%A1lise%20sobre%20a%20Estrada%20de%20Ferro%20de%20Caraj%C3%A1s?sequence=1&isAllowed=y>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:07

<https://valorinveste.globo.com/mercados/renda-variavel/empresas/noticia/2022/02/10/producao-de-minerio-da-vale-em-2021-soma-3156-milhoes-de-toneladas-alta-de-51percent.ghtml>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:08

<https://www.defesanet.com.br/toa/noticia/32602/estrada-de-ferro-carajas-movimentou-207-milhoes-toneladas-de-minerio/#:~:text=A%20Estrada%20de%20Ferro%20Caraj%C3%A1s,310%20mil%20pessoas%20ano%20passado>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:09

<https://massa.ind.br/cases/carajas/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:10

[https://massa.ind.br/conheca-os-tipos-de-trilhos/#Especificacoes\\_para\\_os\\_tipos\\_de\\_trilhos](https://massa.ind.br/conheca-os-tipos-de-trilhos/#Especificacoes_para_os_tipos_de_trilhos)

Acessado no dia 15 de outubro às 20:11

<https://massa.ind.br/ferrovia-carajas-entenda-tudo-sobre/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:12

<https://massa.ind.br/balanca-ferroviaria-dinamica/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:13

<https://www.oestadonet.com.br/noticia/12174/meio-seculo-de-exploracao-mineral-em-carajas/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:14

[https://minerajr.ufop.br/blog/mina\\_de\\_carajas.html](https://minerajr.ufop.br/blog/mina_de_carajas.html)

Acessado no dia 15 de outubro às 20:15

<https://www.wilsonsons.com.br/pt-br/blog/porto-de-ponta-da-madeira/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:16

[http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/ferro/#:~:text=Al%C3%A9m%20de%20possuir%20cerca%20de,6%25%20\(BDMG%202002\)](http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/ferro/#:~:text=Al%C3%A9m%20de%20possuir%20cerca%20de,6%25%20(BDMG%202002))

Acessado no dia 15 de outubro às 20:17

<https://fateclog.com.br/anais/2021/parte3/1031-1453-1-RV.pdf>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:18

<https://www.vale.com/pt/w/terminal-mar%C3%ADtimo-ponta-da-madeira-completa-35-anos-com-novo-patamar-de-embarque>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:19

<https://web.archive.org/web/20180104072539/http://www.vale.com/brasil/PT/initiatives/innovation/30-years-marine-terminal/Paginas/default.aspx>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:20

<https://www.wilsonsons.com.br/pt-br/blog/porto-de-ponta-da-madeira/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:21

<https://www.abecom.com.br/o-que-e-correia-transportadora/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:22

<https://www.helomaq.com.br/correia-transportadora-mineracao>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:23

<https://web.archive.org/web/20220802102430/http://www.vale.com/brasil/PT/initiatives/innovation/carajas-railway/Paginas/default.aspx>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:24

<http://nortebrazil.com.br/terminal-de-ponta-da-madeira/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:25

<https://web.archive.org/web/20220802102201/http://www.vale.com/brasil/pt/business/mining/iron-ore-pellets/paginas/default.aspx>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:26

<http://querepublicaessa.an.gov.br/temas/66-filme/104-projeto-carajas.html>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:27

<https://www.grupoescolar.com/pesquisa/projeto-ferro-carajas.html>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:28

<https://www.andradegutierrez.com.br/Projetos/UsinaComplexoS11D.aspx>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:29

<https://massa.ind.br/tipos-de-vagoes-de-trem/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:30

[https://www.antf.org.br/wp-content/uploads/2021/07/Apresenta%C3%A7%C3%A3o-Vale-EFC\\_VI-Encontro-ANTF-de-Ferrovias-2021.pdf](https://www.antf.org.br/wp-content/uploads/2021/07/Apresenta%C3%A7%C3%A3o-Vale-EFC_VI-Encontro-ANTF-de-Ferrovias-2021.pdf)

Acessado no dia 15 de outubro às 20:31

<https://web.archive.org/web/20191003054256/http://www.vale.com/brasil/PT/initiatives/innovation/carajas-railway/Paginas/default.aspx>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:32

<https://www.techint.com/pt/nossos-projetos/ferro-carajas-s11d>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:33

<https://www.vale.com/pt/espaco-memoria>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:34

<https://www.defesanet.com.br/toa/noticia/32602/estrada-de-ferro-carajas-movimentou-207-milhoes-toneladas-de-minerio/#:~:text=A%20Estrada%20de%20Ferro%20Caraj%C3%A1s,310%20mil%20pessoas%20ano%20passado>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:35

[https://portal.antt.gov.br/resultado/-/asset\\_publisher/m2By5inRuGGs/content/id/2428888#:~:text=A%20Estrada%20de%20Ferro%20Caraj%C3%A1s,transportado%20o%20min%C3%A9rio%20de%20ferro](https://portal.antt.gov.br/resultado/-/asset_publisher/m2By5inRuGGs/content/id/2428888#:~:text=A%20Estrada%20de%20Ferro%20Caraj%C3%A1s,transportado%20o%20min%C3%A9rio%20de%20ferro)

Acessado no dia 15 de outubro às 20:36

[https://www.poisson.com.br/livros/producao/volume3/Topicos\\_em\\_Gestao\\_da\\_Producao\\_vol\\_3.pdf#page=82](https://www.poisson.com.br/livros/producao/volume3/Topicos_em_Gestao_da_Producao_vol_3.pdf#page=82)

Acessado no dia 15 de outubro às 20:37

<https://repositorio.itl.org.br/jspui/bitstream/123456789/31/1/Otimiza%C3%A7%C3%A3o%20do%20ciclo%20operacional%20de%20transporte.pdf>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:38

[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9CAFWS/1/monografia\\_ceermin\\_o\\_mercado\\_de\\_minerio\\_de\\_ferro.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9CAFWS/1/monografia_ceermin_o_mercado_de_minerio_de_ferro.pdf)

Acessado no dia 15 de outubro às 20:39

<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/anais3sigci/article/view/3305/3156>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:40

<https://www.vale.com/pt/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:41

[https://www.toledobrasil.com/blog/conheca-as-vantagens-de-utilizar-as-balancas-ferroviarias-3?trk=public\\_post\\_main-feed-card\\_feed-article-content](https://www.toledobrasil.com/blog/conheca-as-vantagens-de-utilizar-as-balancas-ferroviarias-3?trk=public_post_main-feed-card_feed-article-content)

Acessado no dia 15 de outubro às 20:42

<https://web.archive.org/web/20220802232843/http://www.vale.com/brasil/PT/business/mining/Paginas/s11d.aspx>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:43

<https://massa.ind.br/conheca-os-tipos-de-trilhos/>

Acessado no dia 15 de outubro às 20:44

[https://www.antf.org.br/wp-content/uploads/2021/07/Apresenta%C3%A7%C3%A3o-Vale-EFC\\_VI-Encontro-ANTF-de-Ferrovias-2021.pdf](https://www.antf.org.br/wp-content/uploads/2021/07/Apresenta%C3%A7%C3%A3o-Vale-EFC_VI-Encontro-ANTF-de-Ferrovias-2021.pdf)

Acessado no dia 22 de outubro às 14:30

<https://revistaferroviaria.com.br/2011/11/vale-usa-vagao-gdu-maior-para-atender-efc/>

Acessado no dia 23 de outubro às 00:35

<https://brasilminingsite.com.br/data-expert-iniciando-o-monitor-de-exportacoes-de-minerio-de-ferro/>

Acessado no dia 23 de outubro às 05:25

<https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/03/26/producao-de-minerio-de-ferro-da-vale-em-2018-cresce-49percent.ghtml>

Acessado no dia 23 de outubro às 06:45

<https://conteudos.xpi.com.br/acoes/relatorios/minerio-de-ferro-iniciando-o-monitor/>

Acessado no dia 23 de outubro às 06:46

<https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/estrada-de-ferro-carajas-movimentou-207-milhoes-de-toneladas-de->



[minerio#:~:text=A%20Estrada%20de%20Ferro%20Carajás,310%20mil%20pessoas%20ano%20passado.](#)

Acessado no dia 23 de outubro às 06: 47

<https://www.vale.com/pt/w/estrada-de-ferro-carajás-é-classificada-como-ferrovia-mais-segura-do-brasil>

Acessado no dia 23 de outubro às 06:55