



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MINAS**

HOWDY ANDREY DA SILVA BARRETO

SISTEMA FERROVIÁRIO E A MINERAÇÃO NO BRASIL

**JURUTI-PA
2023**

HOWDY ANDREY DA SILVA BARRETO

SISTEMA FERROVIÁRIO E A MINERAÇÃO NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de engenharia de minas, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Minas da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Correa Matos do Amaral.

**JURUTI-PA
2023**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/Ufopa

B273s Barreto, Howdy Andrey da Silva
Sistema ferroviário e a mineração no Brasil./ Howdy Andrey da Silva Barreto. – Juruti, 2023.
75 p. : il.
Inclui bibliografias.

Orientador: Marcos Antônio Correa Matos do Amaral.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti, Bacharelado em Engenharia de Minas.

1. Transporte. 2. Minério. 3. Sistema ferroviário. I. Amaral, Marcos Antônio Correa Matos do, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 385.360981

HOWDY ANDREY DA SILVA BARRETO

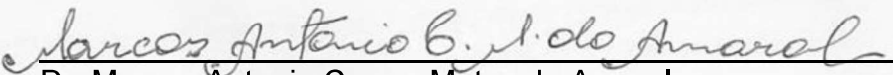
SISTEMA FERROVIÁRIO E A MINERAÇÃO NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de engenharia de minas, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Minas da Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Correa Matos do Amaral.

Conceito: **APROVADO**

Data de Aprovação: 07/06/2023



Dr. Marcos Antonio Correa Matos do Amaral
Universidade Federal do Oeste do Pará (Campus Juruti)



Documento assinado digitalmente
REGIS QUESADA CASQUET
Data: 25/06/2023 12:54:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



Documento assinado digitalmente
MARCOS ANTONIO CORREA MATOS DO AMARAL
Data: 24/06/2023 21:00:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Msc. Régis Quesada Casquet
Universidade Federal do Oeste do Pará (Campus Juruti)



Documento assinado digitalmente
MATHEUS DINIZ PINTO DE MORAIS
Data: 25/06/2023 12:40:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Msc. Matheus Diniz Pinto de Moraes
Universidade Federal do Oeste do Pará (Campus Juruti)

Dedico este trabalho a minha família em especial aos meus filhos Howdy Andrey da Silva Barreto Junior e Ana Karoliny Moraes Barreto, que foram meu combustível durante toda esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pela força, coragem, determinação e sabedoria a mim concedida durante toda minha jornada.

Agradeço ao meu nobre orientador professor Dr. Marcos Antônio Correa Matos do Amaral que aceitou este grande desafio junto comigo.

Aos meus pais e meus irmãos que sempre estiveram do meu lado e me dando forças para que eu nunca desistisse dos meus estudos.

Aos meus amigos do grupo de estudos denominados “Mitos” (Euller, Frank, Herisson, Joyce e Jeander) que ficarão para sempre marcados em minhas memórias e levarei para sempre em meu coração.

E a todos que diretamente ou indiretamente, estiveram envolvidos nessa caminhada e que contribuíram de alguma forma. O meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

O Brasil é um país de dimensões continentais e esse fato resulta na necessidade da existência de uma infraestrutura especial para que possam ser atendidas as necessidades do transporte de cargas e pessoas. Contudo, a realidade brasileira é de uma matriz de transportes que prioriza o modo rodoviário que não é o ideal para atender a economia brasileira e ligar as grandes distâncias que separam os produtos dos seus mercados, uma vez que além de resultar em um maior custo, enfrenta também, o grande problema da precariedade das estradas no país. Deste modo, o presente trabalho tem como principal objetivo compreender a importância do sistema ferroviário no contexto da exploração mineral de carvão no Brasil. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica, de caráter qualitativo, caracterizando-se como pesquisa explicativa e exploratória. Foi possível constatar a importância do transporte ferroviário para o escoamento de inúmeras cadeias produtivas no Brasil e como ele oferece vantagens logística para o setor mineral do país. Sua viabilidade na agregação de valor aos produtos é evidenciada pelos números ainda modestos que tem apresentado, bem como pelos investimentos que grupos empresariais têm feito no setor, por meio de parcerias com franqueados que operam esse modal de transporte.

Palavras-chaves: Transporte. Minério. Sistema Ferroviário.

ABSTRACT

Brazil is a country of continental dimensions and this fact results in the need for the existence of a special infrastructure so that the needs of cargo and people transportation can be met. However, the Brazilian reality is a transportation matrix that prioritizes the road mode, which is not ideal to meet the Brazilian economy and connect the great distances that separate the products from their markets, since besides resulting in a higher cost, it also faces the major problem of the precariousness of the roads in the country. Thus, the present work has as its main objective to understand the importance of the railway system in the context of coal mining in Brazil. For this, a bibliographic review was carried out, of a qualitative nature, characterized as an explanatory and exploratory research. It was possible to see the importance of rail transport for the flow of numerous production chains in Brazil and how it offers logistical advantages for the country's mineral sector. Its viability in adding value to products is evidenced by the still modest numbers it has presented, as well as by the investments that business groups have made in the sector, through partnerships with franchisees that operate this mode of transport.

Keywords: Transport. Ore. Railway System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Eolípila	21
Figura 2 – Máquina a vapor, 1698.....	22
Figura 3 - Máquina a vapor, 1712.....	22
Figura 4 - Máquina a vapor por James Watt, 1769.....	23
Figura 5 - Vagões de minério movidos a cavalo.....	24
Figura 6 - Vagões de minério movidos a força humana	24
Figura 7 - Estrada de Ferro de Carajás	40
Figura 8 - Trecho da Ferrovia Juruti	47
Figura 9 - Manobreiro recebendo equipamento da manutenção	49
Figura 10 - Manobreiro garantindo a confiabilidade dos equipamentos ferroviários.....	49
Figura 11 - Maquinista operando trem de minério	51
Figura 12 - Maquinista em inspeção de trem.....	51
Figura 13 - Planejamento e apropriação em gráfico	53
Figura 14 - Gráfico de planejamento	53
Figura 15 - Trecho da Estrada de Ferro Transnordestina	57
Figura 16 - Trecho da Estrada de Ferro Transnordestina - Portos	57
Figura 17 - Malha Regional Ferroviária Sudeste	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre EUA e BRICs.....	26
Tabela 2 - Trechos da Ferrovia Transnordestina	56
Tabela 3 - Principais vantagens e desvantagens do modal ferroviário	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Participação das principais substâncias metálicas no valor da produção mineral comercializada - ano base 2021	28
--	----

LISTA DE SIGLAS

ALCAN - *Aluminium Company of Canada*

ALCOA - *Aluminum Company of America*

AMSA - Amazônia Mineração S/A

ANM - Agência Nacional de Mineração

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres

CBA - Companhia Brasileira de Alumínio

CFN - Companhia Ferroviária do Nordeste S/A

CNT - Confederação Nacional do Transporte

CSA - Companhia Siderúrgica do Atlântico

CSN - Companhia Siderúrgica Nacional

CVRD - Companhia Vale do Rio Doce

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EFC - Estrada de Ferro Carajás

ESG - *Environmental, Social and Governance*

FNS - Ferrovia Norte-Sul

FUNDAJ - Fundação Joaquim Nabuco

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

IPHAN - Instituto do Patrimônio Artístico Nacional

ISS - Imposto Sobre Serviços

LSO - Licença Social para Operar

MRN – Mineração Rio do Norte

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PCA - Plano de Controle Ambiental

PD&I - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

PIB - Produto Interno Bruto

RFFSA - Rede Ferroviária Federal S/A

SR - Superintendente Regional

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral:	15
2.2 Objetivos específicos:	15
3 METODOLOGIA	16
3.1 Metodologia aplicada.....	16
3.2 Seleção das obras.....	17
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
4.1 A exploração mineral e a revolução industrial	18
4.2 O desenvolvimento das máquinas a vapor e a criação das ferrovias	20
4.3 A ferrovia e o desenvolvimento industrial americano	25
4.4 O setor mineral brasileiro	27
4.5 As ferrovias no Brasil	29
4.5.1 A construção e expansão do sistema ferroviário nas regiões Sudeste e Sul ...	33
4.5.2 O histórico do desenvolvimento ferroviário na Amazônia.....	35
4.5.2.1 O empreendimento de Carajás e a construção da ferrovia	38
4.5.2.2 O empreendimento de Porto Trombetas e a construção da ferrovia	41
4.5.2.3 Hydro – Paragominas.....	44
4.5.2.4 O caso da ferrovia de Juruti	47
4.5.2.4.1 Descrição operacional da ferrovia de Juruti	48
4.5.2.4.1.1 Execução de manobras de trem.....	48
4.5.2.4.1.2 Operação de trem.....	50
4.5.2.4.1.3 Operação do Centro de Controle Operacional (CCO)	52
4.6 Os projetos de integração ferroviária.....	54

4.6.1 Transnordestina	55
4.6.2 Ferrovia Norte-Sul	59
4.7 Os desafios para o Brasil e o setor mineral.....	63
5 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de dimensões continentais e esse fato resulta na necessidade da existência de uma infraestrutura especial para que possam ser atendidas as necessidades do transporte de cargas e pessoas. Contudo, a realidade brasileira é de uma matriz de transportes que prioriza o modo rodoviário que não é o ideal para atender a economia brasileira e ligar as grandes distâncias que separam os produtos dos seus mercados, uma vez que além de resultar em um maior custo, enfrenta também, o grande problema da precariedade das estradas no país.

Fazendo uma análise das opções de meios de transporte, e tomando como exemplo as nações mais desenvolvidas do globo, o sistema ferroviário se mostra como uma excelente solução para o trânsito de cargas pesadas por caracterizar-se, especialmente, pela capacidade de transportar grandes volumes, com elevada eficiência energética, principalmente em casos de deslocamentos a médias e longas distâncias. Apresenta, ainda, maior segurança, em relação ao modo rodoviário, com menor índice de acidentes e menor incidência de furtos e roubos (ANTT, 2017).

Deste modo, o transporte ferroviário tomou novo fôlego ao provar sua capacidade de atendimento com custos menores, durante a crise econômica de 2009. O desenvolvimento deste modal também está vinculado ao desenvolvimento da multimodalidade, por facilitar o acesso das várias áreas produtivas até os centros de distribuição, reduzindo custos e melhorando processos.

Neste cenário, além da importância do sistema ferroviário em si, há a questão de transporte e exploração mineral no Brasil. A exploração mineral constitui uma sequência de atividades variadas que possibilitam a descoberta de depósitos e recursos minerais que possam ser comercialmente explorados. Comporta a procura de indícios de mineralização e seu estudo, pressupondo avaliação de forma, tamanho, teor e potencial econômico, delineamento do corpo de minério, estimativa de recursos e estudos de pré-aproveitamento econômico, incluindo o planejamento e custos das etapas de instalação e desenvolvimento das minas. A exploração mineral é um processo de avaliação de longo prazo, que depende de fatores geológicos, técnicos, ambientais, sociais, políticos, legislativos e econômicos. É um exercício de criatividade intelectual e científica, que envolve inovação e teste contínuo de ideias geradas, além do desenvolvimento de técnicas analíticas.

Este trabalho buscará apontar, de maneira sucinta e de acordo com as informações obtidas durante seu desenvolvimento, como acontece a estruturação do transporte ferroviário, sua utilização pelo setor mineral e suas expectativas futuras, tendo em vista que o fortalecimento deste modal não beneficia apenas o setor mineral, mas também outros setores da economia do país.

Ao final do trabalho, espera-se que o mesmo possa servir de base para novas pesquisas futuras no setor ferroviário e no setor mineral do Brasil, por despertar em outros profissionais de áreas específicas voltadas para logística e engenharia de minas, bem como para demais áreas como fator informativo, um novo ramo de atuação e desenvolvimento. E que ele cumpra a proposta inicialmente apresentada, sendo então considerado aceitável para a obtenção do título de bacharel em engenharia de minas pelo autor.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

O presente trabalho tem como principal objetivo compreender a importância do sistema ferroviário no contexto da exploração mineral no Brasil.

2.2 Objetivos específicos:

- Compreender o histórico do desenvolvimento ferroviário brasileiro e sua contribuição para a exploração mineral no Brasil.
- Identificar os principais desafios do transporte no setor mineral do Brasil.
- Apresentar os principais projetos de integração ferroviária brasileira.

3 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão bibliográfica do histórico do desenvolvimento ferroviário brasileiro e sua contribuição para a exploração mineral no Brasil.

Quando se menciona a metodologia de pesquisa científica está se referindo ao estudo da ação científica, ou seja, do estudo da pesquisa científica (CAJUEIRO, 2015). A metodologia é o conjunto de métodos ou caminhos que são percorridos na busca do conhecimento. (ANDRADE, 2017).

Em resumo, uma possível definição para a expressão Metodologia Científica é – que ela deve ser, por indução – um conjunto de procedimentos automatizados que se utiliza no mundo acadêmico (científico) sempre que se deseja alcançar esses objetivos e essas soluções que se categoriza como específicos ou desse próprio mundo. (MATTAR, 2017).

Tendo em vista essas definições, neste capítulo, foi descrito o procedimento metodológico realizado para o desenvolvimento do presente trabalho.

3.1 Metodologia aplicada

Um dos aspectos para a construção desse trabalho foi inicialmente compreender em quais categorias metodológicas essa pesquisa se aplica, e visando encaixar o trabalho nos padrões metodológicos, inicialmente compreender que essa pesquisa é de caráter qualitativo, e reforçando esse quadro o autor Toller (2021) descreve que a pesquisa qualitativa não se preocupa com a representatividade numérica, mas sim com o aprofundamento da compreensão de um grupo social ou questão, a pesquisa qualitativa preocupa-se com os aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais, vale frisar que o autor salienta que:

A pesquisa qualitativa trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos a operacionalidade de variáveis, o intuito da pesquisa qualitativa é a objetivação de um fenômeno, hierarquização das ações de descrever, compreender, explicar a precisão das relações entre o global e o local (TOLLER, 2021, p. 32).

Outro aspecto aplicado mediante aos procedimentos metodológicos dessa pesquisa é dizer que ela se enquadra no âmbito das pesquisas exploratórias, ainda com o autor Toller (2021) afirma que esse tipo de pesquisa tem como objetivo

proporcionar maior familiaridade com o problema visando torná-las mais explícitos ou de construir hipóteses. Grande maioria dessas pesquisas envolve algumas vertentes como o levantamento bibliográfico, análise de exemplos que estimulem a compreensão e entre outros.

Em relação a natureza dessa obra é possível encaixar como pesquisa explicativa e exploratória, ainda com Toller (2021) salienta que a pesquisa explicativa se preocupa em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência de algum fenômeno, ou seja este tipo de pesquisa explica o porquê das coisas através dos resultados oferecidos.

Por fim, vale destacar que o procedimento aplicado é de cunho bibliográfico, ainda com o autor em seu embasamento metodológico apresenta que a pesquisa bibliográfica por definição é feita a partir dos levantamentos bibliográficos de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios escritos e eletrônicos como livros, artigos científicos, sites, periódicos e dentre outros. Os exemplos mais comuns a esses tipos de abordagem são sobre a investigação ideológica ou aquelas que se propõe a uma breve análise das diversas preposições acerca de um problema.

3.2 Seleção das obras

Visando que o objetivo dessa pesquisa é selecionar autores para a construção da obra, a seleção das obras foram um dos pontos mais importante, inicialmente as bases de dados selecionadas foram: Google Acadêmico; Scielo (*Scientific Electronic Library*) e Periódico Capes, o primeiro critério de seleção das obras foi o cronológico, como a proposta dessa pesquisa é ser a mais atualizada possível, achou-se necessário filtrar obras entre o período de tempo entre 2013-2023.

Além de consultas em órgãos específicos e análise de dados oficiais, como a Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT e a Agência Nacional de Mineração – ANM, órgão responsável pelo controle de dados estatísticos sobre reservas, produção, comercialização, investimentos, aspectos tributários, aspectos contratuais e burocráticos, mão de obra, entre outros relativos ao setor da mineração.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A exploração mineral e a revolução industrial

Do ponto de vista da evolução histórica, a primeira revolução industrial mudou o padrão mundial ao acelerar a produção integralmente manual, baseada no uso de carvão, vapor e ferro. A produção atingiu níveis sem precedentes. Os britânicos haviam se tornado a principal potência mundial capaz de produzir produtos em todas as áreas de forma barata e rápida. Esta primeira fase representa uma série de mudanças nas esferas econômicas e sociais possibilitadas pelo desenvolvimento da tecnologia. Esses avanços contribuíram para a consolidação de uma nova forma de produção, o início de uma nova realidade industrial, o estabelecimento de um novo modo de consumo na sociedade e novas relações industriais. (ABREU, 2000 *apud* LIMA *et al.*, 2020).

Nessa fase, houve uma virada histórica que foi substituir a manufatura pela manufatura mecânica, ou seja, substituir a mão de obra humana e colocar em uso máquinas capazes de realizar esse trabalho com precisão, maior precisão e em menos tempo. Nesse período, houve expansão comercial e mecanização que permitiram maior produtividade e, conseqüentemente, aumento dos lucros. As indústrias estão evoluindo, criando um cenário de progresso nunca antes visto. As grandes invenções da época contribuíram para uma melhor circulação das matérias-primas utilizadas nas indústrias e facilitaram a circulação dos consumidores e a distribuição dos produtos manufaturados. (LIMA *et al.*, 2020).

A segunda revolução industrial ocorreu em meados do século XIX com eletricidade, produtos químicos e petróleo. Esse período foi marcado pela produção em massa e desenvolvimento de tecnologias como a primeira geladeira, lata e telefone, além da linha de produção criada por Henry Ford, que permitiu a produção em larga escala. Não houve apenas avanços tecnológicos, mas também avanços geográficos, representando um momento em que a revolução deixou de se limitar à Grã-Bretanha, estendendo-se a outros países, como Estados Unidos, Japão, Alemanha e França. Ela eclodiu principalmente como resultado das grandes revoluções burguesas ocorridas no século XIX, representadas pela classe dominante da época, a burguesia. Essas revoluções estiveram na origem do fim do Antigo Regime e também influenciaram a consolidação do capitalismo promovida pela industrialização. Foi aí que entrou o capitalismo financeiro, que acabou por moldar o

que ficou conhecido como o grande período da inovação. (COLNAGO; JUNIOR; COTRIM, 2010 *apud* LIMA *et al.*, 2020).

Esse avanço e aperfeiçoamento tecnológico tem ajudado a aumentar a produtividade das indústrias, bem como os lucros obtidos. O mundo tem visto inovações e pesquisas incentivadas, e as principais inovações desta fase da revolução estão associadas à introdução de novas fontes de energia e novas técnicas de produção, com destaque para a indústria química. O uso de eletricidade a partir do petróleo pode substituir o vapor. A eletricidade, antes utilizada apenas para desenvolver pesquisas em laboratório, também é utilizada no setor industrial. O petróleo começou a ser utilizado como combustível e seu uso se difundiu com a invenção do motor de combustão interna. (LIMA *et al.*, 2020).

A revolução industrial também facilitou a revolução dos transportes, que por sua vez estimulou a industrialização. Após a chegada da locomotiva a vapor em 1830, as ferrovias foram replicadas. Os primeiros navios foram construídos nos Estados Unidos, Grã-Bretanha, Alemanha e Bélgica. Na França, a primeira linha ferroviária foi construída em 1831, mas não foi ampliada até 1870. O comércio internacional deu origem a um processo global de especialização da produção, no qual os países mais avançados se especializam na produção industrial, enquanto os países mais atrasados da Europa, América e Ásia concentram esforços no setor primário, fornecendo alimentos e matérias-primas para os industrializados países. A Europa tornou-se um polo de capitais, exigindo novas áreas de investimento, que foram transferidas para vários países estrangeiros na forma de empréstimos e utilizadas para a implantação de ferrovias ou outros negócios similares. Outro fenômeno importante surgido com a Revolução foi a ascensão do imperialismo, em que a industrialização criou uma série de problemas para os países capitalistas cuja solução dependia da manutenção do ritmo de desenvolvimento industrial. (HOBBSAWM, 2014).

As potências capitalistas precisavam de mercados externos para servir de escoadouro para seus bens excedentes. Eles também precisam de minerais e matérias-primas que normalmente não existem em seu território e são essenciais para a produção de bens industriais, além de mão de obra barata e áreas favoráveis para investimento de capital seguro. Essas necessidades levaram os países capitalistas a desenvolver, na segunda metade do século XIX, uma política de expansão externa conhecida como imperialismo. A expansão do imperialismo atingiu principalmente a Ásia, a África e a América Latina. Esses continentes foram divididos em colônias ou esferas de influência das potências industriais. Na passagem do século XIX para o XX a expansão do imperialismo provocou uma série de rivalidades entre as grandes potências pela divisão do mercado mundial, que desencadearam, em 1914, a I Guerra Mundial. A expansão tecnológica não teve fim com a primeira e a segunda Revolução Industrial. Ao contrário, na sociedade capitalista atual, ela ainda é vista como um dos fatores que dividem o mundo entre os países chamados “desenvolvidos” e os “subdesenvolvidos”. (HOBSBAWM, 2014).

4.2 O desenvolvimento das máquinas a vapor e a criação das ferrovias

A primeira ideia de máquina a vapor registrada foi a denominada “*aeolipile*” (eolípila), pensada por Heron de Alexandria. A ideia consistia em uma pequena esfera de cobre com dois pequenos canos torcidos, como na figura 1 abaixo, e que continha água em seu interior. O recipiente com água era colocado em um tripé e sobre o fogo, no qual a água fervia e o vapor que saia pelos canos fazia com que a esfera girasse. (VALADORES, 2015).

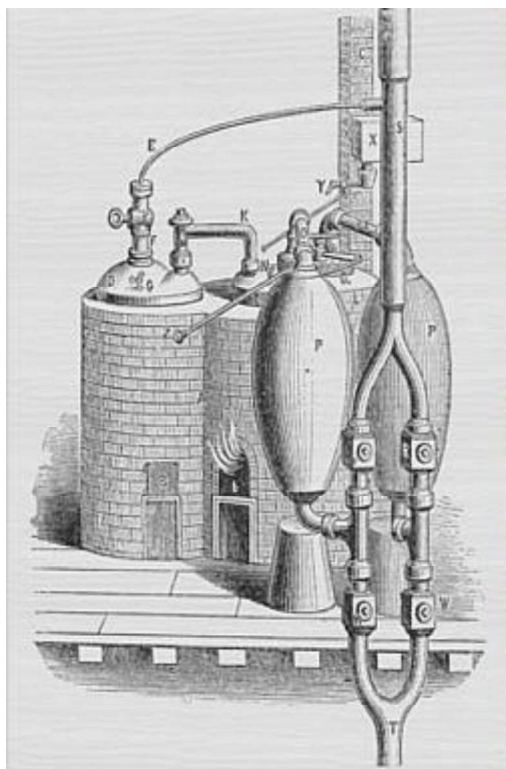
Figura 1 - Eolípila

Fonte: BBC, 2017.

No século XVII, na Inglaterra, muitas minas de carvão eram inundadas pela água, para extrair a água eram usadas bombas de extração impulsionadas por cavalos, o que era pouco eficiente, e no qual necessitava-se de um sistema mais vantajoso e eficiente. Para isso, por causa desta necessidade, a máquina a vapor foi inventada e projetada, primeiramente, pelos ferreiros e mecânicos ingleses Thomas Newcomen (1662-1729) e Thomas Savery (1650-1715). (TORRES, 2019).

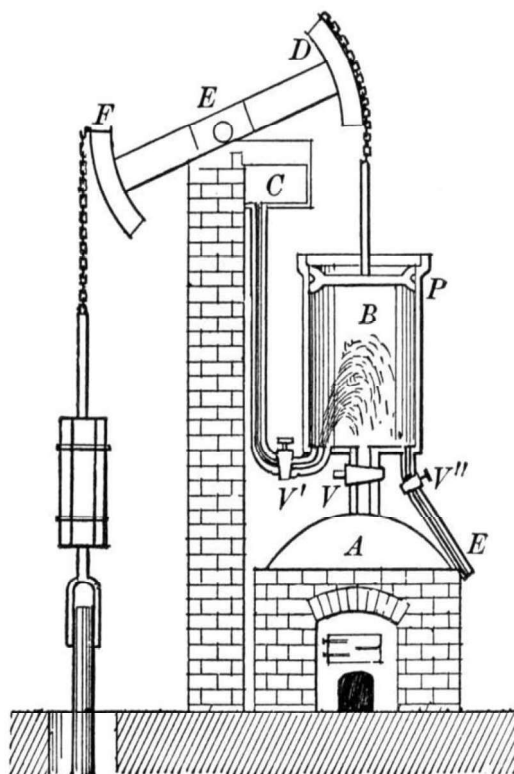
Em 1698, foi criada a primeira máquina a vapor destinada à atividade industrial, por Thomas Savery. O objetivo da máquina era retirar a água dos poços de minas de carvão, no entanto, poderia explodir por razão da utilização de vapor a alta pressão. Deste modo, em 1712, Thomas Newcomen aperfeiçoou as máquinas da época. Abaixo, ilustrações das máquinas a vapor de 1698 e de 1712, figura 2 e 3 respectivamente. (TORRES, 2019).

Figura 2 – Máquina a vapor, 1698



Fonte: GRANGER, 2018.

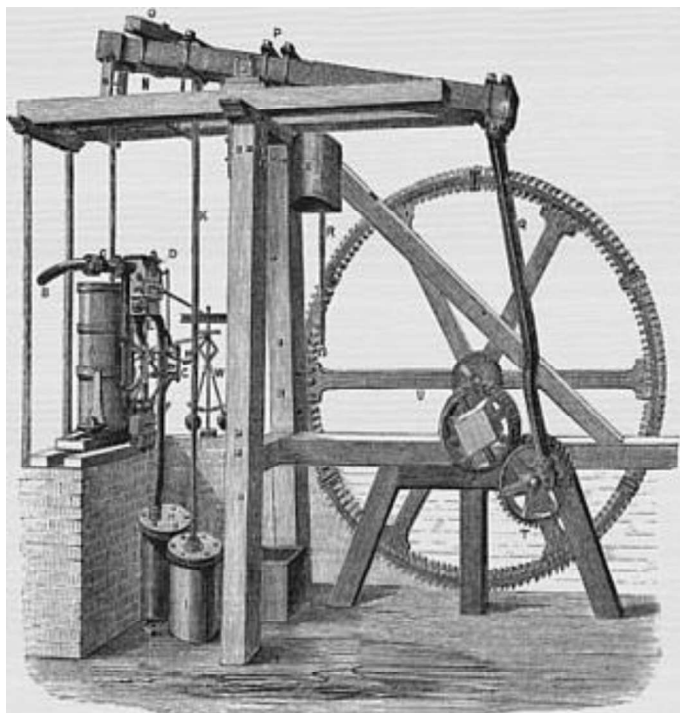
Figura 3 - Máquina a vapor, 1712



Fonte: GRANGER, 2018

Em 1769, na Inglaterra, James Watt (1736-1819) aperfeiçoou as máquinas e conseguiu desenhar um projétil mais eficiente, como na Figura 4 abaixo, com ela a produção industrial obteve um grande impulso, revolucionando assim a atividade industrial. (TORRES, 2019).

Figura 4 - Máquina a vapor por James Watt, 1769



Fonte: GRANGER, 2018.

Nas fábricas, era obrigatório que os trabalhadores trabalhassem no ritmo definido pelas máquinas. A outra parte da mão de obra disponível foi requerida nas minas de carvão. Concomitantemente, ocorria a divisão internacional do trabalho entre os países industriais e as regiões fornecedoras de produtos agrícolas e minerais. (VIEIRA *et al.*, 2015).

Deste modo, com as inovações a respeito da transportação de minerais, houve a necessidade de trechos para a circulação das máquinas, sendo assim, foram criadas as ferrovias. As ferrovias surgiram na primeira metade do século XIX, criadas pelo engenheiro inglês Richard Trevithick, cujos vagões eram levados por cavalos, figura 5 abaixo, e também idealizada para exploração de minério principalmente em minas subterrâneas na exploração de carvão mineral principal fonte de energia da época, figura 6 abaixo.

Figura 5 - Vagões de minério movidos a cavalo



Fonte: AMUSINGPLANET, 2017.

Figura 6 - Vagões de minério movidos a força humana



Fonte: AMUSINGPLANET, 2017.

No entanto, a primeira linha férrea do mundo foi inaugurada em 27 de setembro de 1825, na Inglaterra, idealizada e construída por George Stephenson. O trajeto estendia-se por 40km entre as cidades de *Stockton* a *Darlington* que compunham o condado de *Durham*, sendo uma das áreas mais ricas em mineração da Inglaterra. A

finalidade da linha férrea “era levar carvão extraído da mina para o ponto de embarque no porto do rio Tees.” (FREIRE, 2017, p. 143).

Em 1890, inaugura-se o trecho *Liverpool-Manchester*, na Inglaterra, este ligava dois pontos industriais importantes. Ambas as linhas estão diretamente ligadas às áreas industriais, a de *Durham* fortificou principalmente as indústrias siderúrgicas e metalúrgicas, já *Liverpool-Manchester* ligava dois importantes centros industriais têxtil. Apenas em 1831, inaugura-se a primeira estrada de ferro fora da Europa, nos Estados Unidos. (OLIVEIRA, 2019).

4.3 A ferrovia e o desenvolvimento industrial americano

O transporte ferroviário é realizado por um trem, vagão ou outro veículo similar que percorre uma via férrea, composta por trilhos. Este tipo de veículo é adequado para o transporte de pessoas e mercadorias pesadas (minérios, produtos agrícolas, aço, alimentos) em médias e longas distâncias. (TODA MATÉRIA, 2015).

No início do século XIX, as profundas alterações provocadas pela revolução industrial em Inglaterra exigiam uma solução que permitisse a movimentação mais rápida de um grande número de passageiros e mercadorias, de forma a dar resposta à procura impulsionada pelo ritmo do mundo da produção fabril da época. Tais mudanças na estrutura econômica criaram um ambiente perfeito para o desenvolvimento do transporte ferroviário em muitos países europeus e nos Estados Unidos, tornando-o o meio de transporte rodoviário mais importante até a década de 1930. (DNIT, 2017).

Os Estados Unidos são a principal potência na economia mundial, e as transformações econômicas nas últimas décadas influenciaram e orientaram algumas das nações industrializadas do mundo. A transformação do sistema industrial, novos processos produtivos, a promoção da globalização por empresas multinacionais, o desenvolvimento da terceirização e o forte crescimento do PIB devido ao avanço do comércio internacional são algumas das transformações que caracterizam a economia dos Estados Unidos. (FICI, 2017).

Um dos maiores e mais eficientes sistemas de transportes do mundo pertence aos Estados Unidos, e apesar de contar com uma grande infraestrutura intermodal, esse sistema precisa de mais investimentos devido ao crescimento populacional e ao

estreitamento dos laços comerciais com a Ásia, o que gerou um forte aumento no fluxo de mercadorias e pessoas nos últimos anos. (NASTI, 2009 *apud* FICI, 2017).

O crescimento do comércio internacional nos Estados Unidos pressionou todas as infraestruturas de transporte que são estrategicamente cada vez mais importantes para a economia nacional e para as exportações. Os principais portos dos Estados Unidos que operam para o comércio internacional são os portos do leste, oeste e sul, bem como a região dos Grandes Lagos (NASTI, 2009 *apud* FICI, 2017). Abaixo, na Tabela 1, apresenta-se uma comparação da infraestrutura de transportes dos Estados Unidos e os países do BRICs.

Tabela 1 - Comparativo entre EUA e BRICs

Modais	EUA	CHINA	RÚSSIA	ÍNDIA	BRASIL
Rodovias	4.375	1.576	776	1.569	219
Ferrovias	225	86	87	64	29
Dutovias	2.225	87	260	35	19
Hidrovias	41	110	102	15	14

Fonte: Adaptado LIMA, 2014.

No transporte intermodal, as ferrovias são importantes nos Estados Unidos, principalmente no transporte de automóveis, carvão e outros minerais. Desde a década de 1980, o país precisou expandir mais seus sistemas rodoviário e ferroviário, devido ao aumento dos fluxos de transporte público e privado em quase 98%. Nesse período, o aumento da infraestrutura rodoviária foi de apenas 5%. Em 2008, dos US\$ 120 bilhões em mercadorias entre exportações e importações, 84% foram transportados por rodovias e 15% por ferrovias. Os estados que mais se beneficiam da infraestrutura de Detroit são Michigan e Ohio. (NASTI, 2009 *apud* FICI, 2017).

Embora os Estados Unidos possuam a maior rede ferroviária do mundo, o sistema rodoviário transporta o maior volume de carga de qualquer modal de transporte, com maior participação na economia do país. (FICI, 2017).

Em 2013, as empresas investiram cerca de US\$ 14 bilhões em pátios ferroviários, postos de abastecimento e novos trilhos. O trem é mais rápido, mais eficiente e dominou o sistema de transporte comercial e foi uma parte importante da

recuperação econômica do país, vista durante seu apogeu industrial no século XIX. (REVISTA DIGITAL, 2013 *apud* FICI, 2017).

Referindo-se a esse período, no final do século 19 e início do século 20, os irmãos John Davison Rockefeller Sr. e William Rockefeller dirigem a companhia de petróleo e o Chase Manhattan Bank. O negócio prosperou graças à sabedoria de ambos, eles perceberam que ganhariam mais dinheiro se chegassem a um acordo com as empresas ferroviárias, baixando o preço do combustível de transporte. (TORTAMANO, 2020).

Com uma posição de liderança no mercado, Rockefeller agora controla todas as principais refinarias em lugares como Nova York, Filadélfia e Pittsburgh. Além disso, 90% de todas as remessas de petróleo passaram a ser propriedade da *Standard Oil*. (TORTAMANO, 2020).

Hoje, a expansão do sistema ferroviário para cargas é uma corrida para tornar as linhas ferroviárias existentes mais eficientes e capazes de transportar cargas cada vez mais diversificadas. Algumas empresas ferroviárias estão construindo terminais gigantes que parecem verdadeiros portos terrestres. As empresas estão investindo na ferrovia para aproveitar ao máximo a demanda de frete, que deve crescer 50% nos próximos anos. De acordo com o Departamento de Transportes dos EUA, o crescimento da participação do frete ferroviário no frete equivalerá a cerca de US\$ 27,5 bilhões até 2040. Em alguns casos, as ferrovias estão até subindo a altura do túnel e alargando o viaduto para acomodar contêineres em dois andares. (FICI, 2017).

4.4 O setor mineral brasileiro

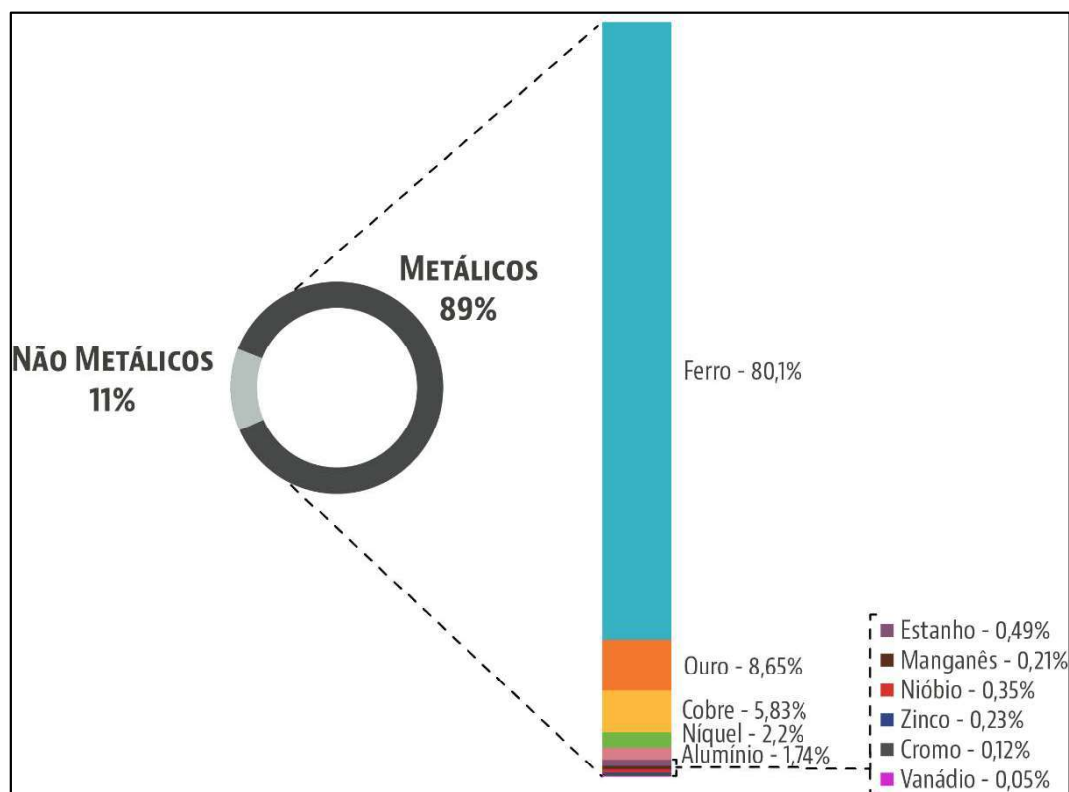
A indústria mineral brasileira é formada por secretarias estaduais (dados, informações, conhecimentos geológicos básicos, regulamentação, fiscalização) e empresas de pesquisa e exploração de produtos minerais (mineração), indústria de beneficiamento e transformação mineral. (SILVA; AZEVEDO, 2021).

Atualmente, existem títulos de prospecção e mineração ativos registrados na Agência Nacional de Mineração (ANM) para 37 substâncias metálicas. Em 2021, as substâncias do grupo dos metais representam cerca de 89% do valor total da produção mineral brasileira. Destas, destacam-se 11, que correspondem a 99,7% do valor da produção deste grupo, nomeadamente: alumínio, cobre, cromo, estanho, ferro, manganês, nióbio, níquel, ouro, vanádio e zinco. O valor da produção dessas

onze substâncias totalizou 312,9 bilhões de reais, indicando uma participação significativa do ferro nessa quantidade, com produção concentrada principalmente nos estados do Pará e Minas Gerais. (ANM, 2022).

Ao longo dos anos, desde 2005, as substâncias da camada metálica representam cerca de 70-80% do valor total da produção mineral brasileira. O destaque é a expressiva participação do ferro nessa massa, totalizando 80% há muitos anos. Logo, dada a importância desses onze metais no cenário da produção mineral brasileira, apresenta-se abaixo um anuário com os dados estatísticos de conversão de desempenho ao longo de 2021. (ANM, 2022).

Gráfico 1 - Participação das principais substâncias metálicas no valor da produção mineral comercializada - ano base 2021



Fonte: ANM, 2022.

Do ponto de vista da balança comercial, o período de 2019 - 2021 é marcado por um crescimento significativo da balança comercial e pela participação da indústria extrativa mineral no faturamento total das exportações do país. Em 2019, as exportações da indústria de mineração atingiram US\$ 26,45 bilhões FOB e representaram 12,0% das exportações totais do Brasil, com saldo comercial positivo de US\$ 21,77 bilhões FOB, patamar superado em 2020 é de 29,46 bilhões de dólares

americanos. As exportações FOB representam 14,1% da participação no mercado de exportação, com um saldo comercial FOB positivo de US\$ 26,66 bilhões. Por sua vez, o período de 2021 a 2022 apresenta um crescimento significativo nesse desempenho, pois a indústria de mineração tem um valor de exportação de US\$ 49,48 bilhões FOB e responde por 17,6% das exportações totais. As exportações do Brasil, com saldo comercial positivo de 44,90 bilhão USDFOB. (ANM, 2022).

Considerando o setor de mineração, incluindo a indústria de processamento mineral, no período de 2021 a 2022, o resultado das exportações da indústria de mineração atingiu US\$ 188,86 bilhões a preço FOB e contribuiu com 26,6% do faturamento total das exportações saldo comercial de US\$ 90,05 bilhões FOB, representando o melhor desempenho registrado desde o início da série histórica em 1997. (ANM, 2022).

Do ponto de vista da arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração Mineral - CFEM, os *royalties* da mineração, o setor mineral brasileiro chegou a 10,2 bilhões de reais arrecadados em 2021, o que é mais de 69,2% em relação ao faturamento de 2020 (6,08 bilhões de reais) e 137,3% da receita auferida em 2019 (4,50 bilhões de reais), destaque no período em que a produção de minério de ferro, ouro e cobre representou a maior proporção. (ANM, 2022).

Ao longo dos anos, a produção mineral do Brasil tem sido principalmente minerais metálicos, e principalmente minério de ferro, que representaram um total de 80% da produção. Além disso, ano a ano houve aumento nas vendas do mercado, geração de estéril, ROM e produção total, porém as minas de ferro estão se esgotando resultando em uma participação menor no valor obtido com a produção vendida para o mercado. (SOUZA *et al.*, 2020).

4.5 As ferrovias no Brasil

De 1870 a 1920, o Brasil viveu uma verdadeira "era ferroviária", com um crescimento médio de 6.000 quilômetros por década. Após 1920, com o advento da era automobilística, a ferrovia entrou em um período de estagnação, não tendo se recuperado até hoje. (PERCÍLIA, 2023).

Durante o Segundo Império, houve uma combinação de ferrovias e café, o que contribuiu para a modernização e crescimento econômico do país. Sob o reinado de D. Pedro II, o Brasil iniciou um processo de modernização econômica e social,

principalmente devido às suas vultosas receitas com a exportação de café. Foi também da produção de café que nasceu um dos principais símbolos da modernização: a ferrovia. (PINTO, 2020).

A construção das ferrovias visava agilizar a produção de café, reduzindo o tempo de trânsito entre os locais de produção e os portos de exportação da mercadoria. A ferrovia é uma das condições gerais de produção necessárias para o crescimento econômico do país. Como resultado, eles atraíram uma grande quantidade de capital estrangeiro para seus edifícios, principalmente ingleses. (PINTO, 2020).

Em 1864, foi inaugurada a Estrada de Ferro Pedro II, mais tarde conhecida como Central do Brasil, também para ligar o Rio de Janeiro a São Paulo, através do Vale do Paraíba, região cafeeira. Mas a maior quantidade de construção de ferrovias ocorreu no estado de São Paulo, seguindo a expansão das plantações de café a oeste de São Paulo. (PINTO, 2020).

A primeira ferrovia paulista, a Santos-Jundiaí, também conhecida como Estrada de Ferro Paulista, foi inaugurada em 1867 e reduziu em um terço o custo do transporte do café. Tecnicamente, foi extremamente difícil de construir, principalmente no segmento da Serra do Mar. A partir da década de 1870, outras ferrovias surgiram em São Paulo, como a Paulista, a Mogiana e a Sorocabana, sendo a maior parte financiada e pertencente às grandes empresas cafeeiras do estado. (PINTO, 2020).

Entretanto, as ferrovias não estão tendo apenas um impacto econômico no transporte de café. Por exemplo, a Estrada de Ferro Mogiana expandiu-se para além das fronteiras do Estado de São Paulo, integrando o comércio do Triângulo Mineiro ao mercado paulista. As linhas ferroviárias alteraram a paisagem natural dos locais onde foram construídas, integrando o território de diferentes regiões. (PINTO, 2020).

Esta expansão deve-se muito a descoberta do grande poder mineral encontrado no estado de Minas Gerais e a necessidade do transporte em larga escala os centros comerciais e portos daquela época.

Além disso, a construção ferroviária expôs as pessoas às inovações técnicas desenvolvidas pelo capitalismo no século XIX. Novos estilos arquitetônicos foram usados principalmente na construção de edifícios, estação, em muitos casos modificando as formas de construção que eram aplicadas anteriormente. As cidades

onde as estações estavam localizadas foram transformadas, assim como algumas construídas por essas ferrovias. (PINTO, 2020).

A integração da cafeicultura com as ferrovias também contribuiu para a base industrial do Estado de São Paulo, principalmente devido ao desenvolvimento comercial e ao acúmulo de capital decorrente do aumento da produtividade. (PINTO, 2020).

Embora os grandes investimentos em ferrovias tenham sido abandonados há muito tempo, ainda hoje em algumas cidades e regiões, as ferrovias ou o que resta delas têm um significado histórico, memorial e simbólico muito importante na formação da identidade cultural da população dessas regiões. (PINTO, 2020).

Atualmente, o Brasil é um país com poucas ferrovias e elas estão distribuídas de forma desigual pelo território, pois enquanto a Região Sudeste contém quase a metade (47%) das ferrovias do país, o Sudeste O Norte e o Centro-Oeste somados somam apenas 8%. (PERCÍLIA, 2023).

Atualmente todo o país tem 30.000 km de ferrovias atendendo ao tráfego, a densidade ferroviária é de 3,1 metros/km²; é muito pequeno se comparado aos Estados Unidos (150m/km²) e Argentina (15m/km²). Apenas 2.450 km são eletrificados. As ferrovias são mal distribuídas e mal localizadas, com 52% localizadas na região Sudeste. (PERCÍLIA, 2023).

Descendo da Serra Geral até o porto de Laguna, em meados do século XIX, os tropeiros usavam pedras negras para alimentar fogueiras durante as paradas no final da tarde. A notícia da queima da pedra chamou a atenção da Justiça do Rio de Janeiro, que comprou terras na zona sul para extrair o minério. Este é o início do desenvolvimento de toda uma região. (AGÊNCIA ALESC, 2013).

Imigrantes das colônias vizinhas começaram a trabalhar nas minas e fixaram residência no entorno junto com técnicos, geólogos, agrimensores e engenheiros de várias partes do país. Em 1885, foi inaugurado o primeiro trecho da estrada de ferro Tereza Cristina para o transporte de carvão até o porto de Imbituba. No entanto, a qualidade do minério não atendeu às expectativas de uma empresa britânica que desistiu de explorar a região, abrindo caminho para as indústrias locais. (AGÊNCIA ALESC, 2013).

Atualmente, o sistema ferroviário de cargas brasileiro possui a nona maior malha do mundo, com 29.817 km, e ocupa o sexto lugar em volume, com 307 bilhões

de TKU2 em 2015. Há uma série de obstáculos para seu crescimento de recursos durante longos períodos de tempo, além de planejamento e monitoramento consistentes e sistemáticos. Por outro lado, a produtividade dessa rede, medida em TKU/km, assim como outras métricas de desempenho, é completamente diferente de suas contrapartes globais. Há também a densidade da malha brasileira, medida pela relação comprimento (em km) sobre superfície (em km²), que é relativamente menor do que em outros países, bem como a inclusão do transporte ferroviário na matriz do Brasil, atualmente 14,9%. (EPL, 2016).

Segundo ANTT (2017) e CNT (2013), a tecnologia de transporte ferroviário permite reduzir significativamente os custos de transporte, aumentar a segurança e a confiabilidade no transporte de mercadorias e pessoas. Portanto, o surgimento do transporte ferroviário teve um forte impacto na escala do desenvolvimento econômico, não apenas pela redução dos custos de produção, mas também pelos efeitos indiretos causados em outros setores relacionados à indústria, como serviços, exploração mineral, manufatura e setor público.

Desde o início do processo de concessão da malha ferroviária brasileira liderado pela Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA), instituída em 1996 pela Lei Geral de Concessões e Autorização de Serviço Público (Lei 8.987/95), até hoje o investimento e a produção ferroviária superam o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). (ASSIS *et al.*, 2017).

As Ferrovias Brasileiras transportam principalmente produtos de baixo e médio valor agregado, onde os custos de transporte representam uma parte significativa do preço final do produto. As commodities são em grande parte matérias-primas, como produtos agrícolas e de mineração, produtos semi-industriais, combustíveis, líquidos e produtos industriais de menor valor. Os produtos mais transportados por ferrovia são soja e minério de ferro, além do milho. Cada vez mais importante no processamento de açúcar e carvão/coque (CNT, 2013). Portanto, nos subtópicos seguintes, será discorrido sobre as principais ferrovias existentes no Brasil, de acordo com seu empreendimento, origem e expansão.

Na Malha Sul privatizada pela América Latina Logística (ALL), há uma excelente operação ferroviária, com extensão de 15.628 km e volume de carga de 20,7 milhões de toneladas. Os produtos que mais transporta são: grãos, produtos siderúrgicos, contêineres, água, álcool, pedra e cimento. (PERCÍLIA, 2023).

Mesmo com o grande crescimento da indústria e do comércio no país nos últimos anos, a agricultura continua sendo o setor mais competitivo da economia nacional, um dos principais fatores que ajudam o Brasil a se inserir plenamente no mercado global. Junto com essa grande relevância está o uso de ferrovias no agronegócio. Várias métricas podem demonstrar essa importância. (MASSA, 2020a)

Segundo estimativas da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), o Brasil colheu 237,3 milhões de toneladas de grãos de 15 safras diferentes na safra 2018/2019. Esse sinal representa um acréscimo de 9,5 milhões de toneladas em relação à safra anterior que, em percentual, representa um acréscimo de 4,2%. (MASSA, 2020a).

Com esse crescimento contínuo, a perspectiva é que o setor atinja uma produção superior a 400 milhões de toneladas até 2035, respondendo por pelo menos 40% do valor total das vendas externas do Brasil. Esses são apenas alguns dados que demonstram a importância desse setor para a economia brasileira e que pode ser ainda mais aproveitado com maior e melhor utilização das ferrovias. (MASSA, 2020a).

4.5.1 A construção e expansão do sistema ferroviário nas regiões Sudeste e Sul

A ferrovia, para Blasenheim (1996 *apud* VILAS BOAS, 2022), “é um símbolo de civilização e a única forma de alcançar o 'progresso' tecnicamente definido que despertou a curiosidade dos brasileiros no século XIX”. Assim, como as ferrovias chegam ao Sudeste, sustentadas pela economia cafeeira, principalmente na província de São Paulo, a burguesia cafeeira precisa de um melhor modal de transporte em prol do Crescimento. Em Minas Gerais, a primeira área a ser invadida por ferrovias foi a Zona da Mata, que, até 1884, detinha cerca de 60% da malha ferroviária do estado, o que também propiciou um boom nas exportações de café. (FERREIRA, 2018).

Porém, a partir de 1884, com a chegada das primeiras ferrovias ao sul de Minas Gerais, a Zona da Mata reduziu seu domínio sobre as ferrovias, em detrimento da expansão da rota ferroviária do sul de Minas Gerais entre 1890 e 1906. As empresas responsáveis pela entrando na ferrovia do sul de Minas, a saber: Estrada de Ferro Rio Verde (depois Minas e Rio), Viação Férrea Sapucaí, Estrada de Ferro Muzambiinho e Companhia Mogiana de Estradas de Ferro. (BLASENHEIM, 1996 *apud* VILAS BOAS, 2022).

A expansão da malha ferroviária e a cultura do café foram dois fatores que, juntos, facilitaram o desenvolvimento econômico e urbano do sul de Minas: enquanto a ferrovia agiliza o fluxo de materiais e pessoas, atraindo mão de obra para trabalhar nas proximidades, os fabricantes viram uma oportunidade de vender sua produção em distâncias maiores e em menos tempo. (VILAS BOAS, 2022).

Em 1942, o Brasil precisava encontrar seu caminho. O país precisa de dinheiro, precisa nacionalizar seus minérios e, de acordo com os parceiros comerciais dos EUA, precisa entrar em guerra. A Companhia Vale do Rio Doce, empresa capaz de alavancar o abastecimento de ferro da indústria de defesa norte-americana, era essencial. (MORENO, 2019).

Criada a partir da incorporação da Companhia Brasileira de Mineração e Siderurgia S.A. e Itabira de Mineração S.A., que incluiu, em seu pacote fundador, a manutenção, exploração e expansão da Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM). O pacote também incluirá a mina do Cauê - pouco explorada durante a gestão de Percival Farquhar como presidente da Itabira *Iron Ore Company* - que se tornaria um ícone nos primeiros tempos da Vale. (MORENO, 2019).

O primeiro bloco de rocha foi movimentado pela Vale em 24 de outubro de 1944. Esse foi o ponto de partida para um projeto que foi além da mina e começou a traçar a história da mineração no Brasil. (MORENO, 2019).

O GEIPOT foi organizado para contribuir com a integração do transporte. O Programa Corredores de Exportação é um dos mais importantes estudos realizados pelo grupo, cujo objetivo é facilitar, garantir e aumentar o fluxo de bens mais exportáveis, com foco nos seguintes setores: agricultura, mineração e siderurgia. Vários portos foram selecionados para receber o investimento, entre eles o porto de Paranaguá, para a construção de terminais graneleiros, o porto de Santos com a construção de um terminal de contêineres, e os portos de Sepetiba e Tubarão, ambos com construção de portos de minério. (FILHO, 2007 *apud* MIRANDA, 2023)

Hoje, a concessionária Rumo Logística detém a maior concentração de franquias da malha ferroviária brasileira, com um total de 12.906,8 km, representando aproximadamente 44% de toda a malha ferroviária. Por ser o maior revendedor, é também o que tem mais portas integradas: Santos (SP); Paranaguá (PR); Rio Grande (RS); Vitória, Tubarão e Portocel (ES); Ponta da Madeira e São Luiz (MA); Arutu (BA). (LEÃO, 2020).

4.5.2 O histórico do desenvolvimento ferroviário na Amazônia

O surgimento das ferrovias está relacionado à necessidade por transportar pessoas e valores materiais com maior velocidade e quantidade. Neste caso, no Brasil, deu-se início a sua introdução ainda nos tempos de Império com a construção e a operação da Estrada de Ferro Rio-Petrópolis, inaugurada pelo Barão de Mauá, em 1854. Já com o advento da Proclamação da República houve o incitamento para a construção de linhas férreas, ao qual estava intrinsecamente ligado aos ciclos econômicos agroexportadores que o Brasil passava na primeira metade do século XX, como os ciclos da borracha e do café, onde foram construídas a Ferrovia Madeira-Mamoré, em Rondônia, em 1912, e inúmeras ferrovias no eixo centro-sul, principalmente em São Paulo. (SANTANA JR., 2013).

No início, o principal propósito da implantação do modal ferroviário foi para servir de transporte para as *commodities* brasileira aos principais portos do país. Deste modo, não houve a intenção de integração das regiões remotas aos centros mais dinâmicos do país e de articular o território. Sendo assim, as pequenas ferrovias dispersas e isoladas que foram construídas, aos poucos perderam a sua viabilidade econômica ao final dos ciclos, fazendo então que o Estado as encampasse para tentar impedir falências e um colapso econômico nas regiões dependentes das ferrovias. Desta maneira, com o processo de industrialização e de urbanização na década de 50, que aumentou a movimentação de cargas no país, o Estado optou por investir mais no sistema rodoviário, pondo em segundo plano o ferroviário, provocando assim uma onda de crise no modal ferroviário, levando à falência diversas empresas que não mais geravam lucro e necessitando que várias delas fossem estatizadas e centralizadas em uma única empresa. (SANTANA JR., 2013).

Um dos primeiros marcos da modernização da Amazônia pode ser considerado a construção da estrada de ferro Belém-Bragança em 1883, paralela à construção da estrada de ferro Madeira-Mamoré em 1907 e inaugurada em 1912. Com a produção de borracha do Acre, construção da Madeira-Mamoré deslocou um grande número de populações indígenas para dar lugar a leitos ferroviários e mobilizou trabalhadores de vários estados brasileiros e indianos, Índia, China e Caribe. Considerada uma das maiores obras de engenharia de sua época, fracassou de forma esmagadora devido à queda vertiginosa dos preços dos produtos, deixando para trás as ruínas das

instalações ferroviárias de Porto Velho e grande número de descendentes de trabalhadores nacionais, que não retornaram aos seus locais de origem e acabaram residindo em algumas partes do atual estado de Rondônia, e os estrangeiros, como os barbadianos, acabaram se centralizando na periferia de Porto Velho. (BINSZTOK; CARNEIRO, 2015).

Neste ponto, construída entre 1907 e 1912, a Estrada de Ferro Madeira-Mamoré percorre o alto rio Madeira, entre os municípios de Guajará-Mirim e Porto Velho. A ferrovia mobilizou 20 mil trabalhadores e resultou na morte de 6 mil deles. Seu objetivo é criar uma ligação entre a Amazônia e uma região rica em borracha da Bolívia. Porém, só acabou quando o país passou pela crise da borracha e acabou sendo exposto como uma obra escusada, rotulada como trágica. Em 1972, foi desativada, deixando 366 km de trilhos, vagões, estações e locomotivas completamente abandonados. (PAULA, 2020).

A construção da Madeira-Mamoré fez parte do Tratado de Petrópolis, acordo firmado entre o Brasil e a Bolívia em 17 de novembro de 1903, após a compra do território da Bolívia, onde hoje se localiza o estado do Acre. Este projeto existe desde 1861 devido ao desejo de aumentar a produção de látex de borracha, pois a borracha tornou-se o principal produto de exportação do Brasil e o transporte fluvial acarreta custos altíssimos, perda de mercadorias e morte de índios brasileiros e bolivianos. Em 1877, os irmãos Philips e Thomas Colins assinaram contrato com a Madeira-Mamoré Railway Company. No entanto, em janeiro de 1879, seus negócios faliram e a construção foi interrompida. Em 1907, o projeto foi continuado com o engenheiro norte-americano Percival Farquhar no comando. (PAULA, 2020).

Junto com a construção da ferrovia, nasceu também a cidade de Porto Velho, onde foram instalados oficinas, armazéns e armazéns para guardar materiais de construção, além de abrigar operários da construção civil. Com isso, a Madeira-Mamoré atraiu grande número de trabalhadores, vindos de diversas partes do país, o que contribuiu para a ocupação da Amazônia. (PAULA, 2020).

Durante a construção da ferrovia, vários obstáculos surgiram e inúmeros corpos foram deixados pelo caminho, ganhando o apelido de "Ferrovia do Diabo". Um grande problema são as condições sanitárias da área, causando doenças para metade dos trabalhadores e a morte de grande parte deles. A situação ficou tão grave que o higienista Oswaldo Cruz foi chamado para vistoriar o local. Chegando lá, encontrou o

nível de infecção tão alto que acreditou que adoecer era uma condição normal para quem ali vivia. O principal problema é a malária, mas também há casos de beribéri, sarampo, pneumonia, disenteria, leishmaniose visceral, ancilostomíase, hemoglobinúria, febre amarela, entre outros. (PAULA, 2020).

Além do trabalho insalubre, a fome, as doenças e a falta de remédios eram fatais para muitos trabalhadores. No entanto, essas questões têm sido negligenciadas e naturalizadas pelos empresários, que as veem como o preço do progresso. Segundo Francisco Foot-Hardman, Madeira-Mamoré é um símbolo do capitalismo sem fronteiras, “é a visão privilegiada de uma civilização capitalista na selva”. (PAULA, 2020).

No entanto, o resultado desse espetáculo foi bastante trágico, deixando para trás uma enorme pilha de cadáveres e um negócio falido e não lucrativo. Ao contrário, ao longo de sua existência, a Ferrovia do Diabo acumulou prejuízos e se tornou uma espécie de “elefante branco” que uma série de governos tentou resolver, mas em vão. Até 10 de julho de 1972, foi totalmente desativado pelo governo federal. Em 2007, parte da linha férrea foi tombada pelo Instituto do Patrimônio Artístico Nacional (IPHAN). Apenas 23 km de seus 366 km são utilizados para o turismo. A maior parte da ferrovia ainda está cercada por arbustos e completamente abandonada. (PAULA, 2020).

A construção da linha férrea Belém-Bragança, embora anterior à Madeira-Mamoré, apresenta um quadro diferente, pois foi concluída e explorada continuamente durante muito tempo. Um dos principais objetivos da ferrovia era o escoamento da produção algodoeira da região bragantina para o porto de Belém, satisfazendo a lógica espacial das ferrovias coloniais. Foi responsável pelo nascimento de uma série de pequenos núcleos urbanos construídos ao longo de 220 km de linhas férreas, que foram desativadas pelo Governo Federal no final da década de 1960, como parte de um programa de eliminação das anteparas ferroviárias controladas pela administração pública, liderado pelo Ministério responsável pelos transportes, por decisão do grupo de implementação da política de transportes (GEIPOT). Com a desativação, grande parte do leito ferroviário foi reaproveitado para a construção da rodovia Belém-Brasília, principalmente no trecho que liga Belém a Castanhal. (BINSZTOK; CARNEIRO, 2015).

Assim, desde a construção da primeira ferrovia no Brasil, ainda no século XVIII, a indústria ferroviária tornou-se um dos principais meios de transporte de pessoas no país. Ao longo desse período até os dias atuais, o campo passou por muitas transformações, avanços e fracassos. Este tem sido um segmento de tráfego prioritário para investimentos e também passou muitos anos sendo negligenciado. No entanto, muita coisa aconteceu com a indústria ferroviária até se tornar o que é hoje. (MASSA, 2020b).

Durante este processo, muitas linhas ferroviárias foram estabelecidas e outras abandonadas. Atualmente, o Brasil possui cerca de 15 linhas ferroviárias, que são administradas por diversas empresas privadas do setor de logística. Entre as linhas está a Ferrovia Carajás ou a Estrada de Ferro Carajás (EFC) que, em comparação com outras linhas, não é tão longa, mas extremamente importante. (MASSA, 2020b).

4.5.2.1 O empreendimento de Carajás e a construção da ferrovia

A exploração da província que deu origem ao grande complexo de Carajás, que originou a construção da Estrada de Ferro de Carajás, começou com o pouso de um avião que transportava uma equipe de geólogos da CVRD, a aeronave pousou em uma área com indícios de minério de ferro na superfície do solo devido a um incidente mineralógico realizou um estudo na área que demonstrou reservas de minério de ferro com alta qualidade mineral e grande quantidade. (NETO, 1991 *apud* DA SILVA, 2022).

A grande jazida de minério de ferro da Serra dos Carajás foi descoberta pelo geólogo Breno Augusto dos Santos em 31 de julho de 1967. A descoberta só foi possível graças a um projeto de pesquisa realizado nos Estados Unidos pela United States Steel. A descoberta preocupou o governo brasileiro, que havia deixado um depósito aparentemente grande na usina da multinacional. Por este motivo, a estatal CVRD - Companhia Vale do Rio Doce firmou parceria com a USS para criação da Amazônia Mineração S/A - AMSA, imediatamente iniciou pesquisas indicando a existência de 18 bilhões de toneladas de ferro de alta qualidade. (RIBEIRO, 2005 *apud* DA SILVA, 2022).

A Estrada de Ferro Carajás foi construída após um longo período de elaborado planejamento na região de Carajás, no Estado do Pará. A construção da ferrovia deveu-se principalmente à implantação do projeto Carajás, que foi uma proposta do governo para explorar os vastos espaços providos de importantes minerais nessa

área, incluindo algumas cidades do norte, como Pará e Tocantins, e para a região sudeste do país Maranhão, no Nordeste. Por ser uma área importante para a mineração, o governo viu a necessidade de criar uma rota de navegação para os minerais a serem extraídos e foi daí que surgiu a construção da EFC. (MASSA, 2020b).

A via tem 892 km de extensão, atravessa os estados do Pará e do Maranhão e está integrada a outras importantes linhas ferroviárias, como a Ferrovia Norte Sul. Localiza-se exatamente onde está a maior mina do Brasil, na região de Carajás, e está ligada ao porto do Maranhão, sendo o minério de ferro o principal produto transportado por ferrovia, além de manganês, cobre, combustível e outros produtos. (MASSA, 2020b).

Embora o projeto de construção da Estrada de Ferro Carajás tenha sido assinado e entregue em 1974, as operações da ferrovia só começaram nove anos depois, em 1985. Desde então, tem sido um meio de transporte de importantes embarques de produtos, principalmente para o Norte e Nordeste do país. Além disso, é uma ferrovia que também opera no transporte de passageiros, com rota determinada da cidade de São Luiz, no Maranhão, até Parauapebas, no Pará. (MASSA, 2020b).

Ao contrário de muitas ferrovias brasileiras que passaram por longos períodos de subinvestimento deixando os trilhos, trens e estruturas abandonados ou sem aplicações mais modernas, a Estrada de Ferro Carajás não foi afetada por essa problemática. Muito pela importância da região onde opera a ferrovia e pelas ricas riquezas minerais e necessidade de abastecer o porto maranhense para a exportação desses produtos, a Ferrovia Carajás sempre recebeu a atenção necessária para continuar operando. É por isso que é considerada uma das ferrovias mais modernas tanto em termos de carga quanto de passageiros (MASSA, 2020b). Abaixo na figura 7, uma imagem da Estrada de Ferro de Carajás.

Figura 7- Estrada de Ferro de Carajás



Fonte: REVISTAOE, 2021

Em 2016, alguns dos principais produtos transportados pela EFC foram minério de ferro (151,605 milhões de toneladas), minério de manganês (1,6 milhões de toneladas) e produtos de cobre (463 mil toneladas). Mas também circulavam materiais não produzidos nas minas do Pará. Por exemplo, existem 845 mil toneladas de ferro fundido e 716 mil toneladas de combustível. A Estrada de Ferro Carajás facilitou diversas empresas para a produção de ferro fundido. E, agora, permite também a operação da linha férrea Norte Sul. Além disso, EFC é responsável por conectar o Porto do Itaqui ao interior do Brasil. A Norte Sul hoje alcança o litoral exclusivamente através da EFC, escoando pelo Porto do Itaqui os grãos e a celulose que capta. Além do transporte de carga, na via circulam trens de passageiros. Cerca de 350 mil pessoas utilizam o serviço anualmente. (MILITÃO, 2018).

Hoje, os trens transportam, além de minério de ferro, sólidos (soja e outros grãos), líquidos (combustíveis e fertilizantes, etc.). A EFC se conecta com outras duas ferrovias: a Companhia Ferroviária do Nordeste (CFN) e a Ferrovia Norte-Sul, facilitando a exportação dos cereais produzidos no norte do Tocantins via Porto Ponta da Madeira, no Maranhão. (DA SILVA, 2022).

Vale ainda mencionar que a EFC é considerada a ferrovia de carga mais eficiente do país, com maior velocidade média (cerca de 40 km/h), isso se deve a uma série de fatores como o transporte ferroviário de minério de ferro em geral, a baixa densidade populacional do trecho sem túneis e o número reduzido de “obras de arte”

(apenas 63 pontes e viadutos, extensão total 11,3 km) tornam também importante a utilização de equipamentos especializados em pneus, sistema de controle de estoque e operações contribuem para sua eficiência. (ASSIS *et al.*, 2017).

Na Estrada de Ferro foi construído um ramal ferroviário entre Parauapebas e Serra Sul, no Pará, com 101 km, este ramal transporta minério do chamado projeto S11D (vindo de uma mina localizada no município de Canaã dos Carajás), que é capaz de transportar 130 milhões de toneladas por ano a 230. (ASSIS *et al.*, 2017).

4.5.2.2 O empreendimento de Porto Trombetas e a construção da ferrovia

Os investimentos no desenvolvimento de pesquisas geológicas na região amazônica na década de 1960 confirmaram a existência de 79 grandes reservas de bauxita na área até então conhecida como região de Trombetas, mais precisamente nas terras do município de Oriximiná. A descoberta, financiada pela transnacional *Aluminium Company of Canada* (ALCAN), foi anunciada em 1971, fato que esta mina de bauxita é a terceira maior fonte deste mineral no mundo. (MACHADO; LIMA, 2007 *apud* FERREIRA, 2020).

A pesquisa foi iniciada pela Aluminas, do Canadá, parte do *Alcan Group*, uma das multinacionais do setor de alumínio, herdeira da pioneira Elquisa. A Aluminas conseguiu encontrar a bauxita em Minas Gerais, nos arredores da cidade de Ouro Preto, obtendo reservas suficientes para sustentar a produção por mais 50 anos. E desde a gestão da usina de Saramenha (Ouro Preto/MG) continuou o desenvolvimento de pesquisas especulativas em busca de novas reservas desse mineral na Amazônia, culminando então na promoção dos primeiros investimentos responsáveis pela criação da Mineração Rio do Norte. (MACHADO; LIMA, 2007 *apud* FERREIRA, 2020).

O empreendimento foi proposto pelo geólogo holandês da ALCAN, Johan Arnold Staargaard, imediatamente apoiado pelo presidente da Aluminas, Christopher Fletcher, que não apenas autorizou o estudo preliminar, mas também garantiu sua aprovação, recursos financeiros da matriz canadense para expandir a investigação em uma área remota. O resultado prevê uma alta probabilidade de haver uma reserva comercial na margem esquerda de algum afluente do rio Amazonas, o rio Trombetas. Em 3 de agosto de 1963, com base nos resultados das amostras coletadas, Staargaard relatou a existência de bauxita de boa qualidade nesta área em

quantidades aparentemente substanciais. Assim começou o processo de consolidação da mineradora na região. (MACHADO; LIMA, 2007 *apud* FERREIRA, 2020).

Com isso, foi realizada a instalação no conhecido Porto Trombetas, em Oriximiná, associação hoje formada por oito empresas nacionais e estrangeiras denominada Mineração Rio do Norte (MRN), da qual a Companhia Vale é acionista principal. A MRN atua na mineração, beneficiamento e comercialização da bauxita, matéria-prima para a produção de alumínio no Rio Trombetas. (FERREIRA, 2020).

A bauxita é uma rocha constituída principalmente por minerais hidratados de alumínio. Produção global de bauxita atinge 92% utilizada na produção de alumínio. A produção de bauxita começa com a mineração minério e envolve outras etapas como beneficiamento, transporte, secagem e transportado para refinarias de alumina, após o que ocorre a fundição para fazer lingotes de alumínio. Isso será usado na produção de centenas e centenas de produtos no mundo. (FERREIRA, 2020).

As reservas medidas, indicadas e inferidas de bauxita no Brasil totalizam 3,4 bilhões de toneladas. Este valor corresponde a 10% das reservas mundiais, a terceira maior do planeta, depois da Guiné com 25% e da Austrália com 23%. As maiores reservas estão no norte do país, nos estados do Pará e Amazonas, com menor produção nos estados do sudeste e sul. Mais de 90% das minas estão localizadas na Amazônia e são operadas pelas empresas MRN, Vale, Alcoa e Companhia Brasileira de Alumínio (CBA). A bauxita é um bem puramente mineral relacionado ao histórico de extensas operações de mineração na Amazônia e, portanto, é utilizada como recurso no processo de grande acumulação de capital. (MÁRTIRES, 2009 *apud* FERREIRA, 2020).

A Mineração Rio do Norte detém os direitos de operação da linha férrea Porto Trombetas, inaugurada em 1979, ligando as minas de bauxita a céu aberto na Serra de Saracá com a usina de enriquecimento, próximo ao porto de embarque, na margem direita do Rio Trombetas. A linha férrea tem 28 km de extensão e 9 km de estradas secundárias, mostrando uma combinação de novas áreas de mineração. (BINSZTOK; CARNEIRO, 2015).

O projeto está localizado em Porto Trombetas, a cerca de 70 km do centro urbano de Oriximiná e a 1.100 km da foz do rio Amazonas. As minas de minério estão localizadas em um raio de 50 km do porto e a primeira mina a ser lavrada está na

Serra do Saracá, 30 km ao sul do porto. A estação de britagem está localizada no final do planalto da Serra do Saracá. Porto Trombetas é a segunda área urbana mais importante do município, onde todas as estruturas habitacionais são construídas para abrigar os trabalhadores da empresa em geral e também para recepção de visitantes. (FERREIRA, 2020).

Especificamente para a produção do produto final, para transformar a bauxita em alumina e depois em alumínio, a empresa possui uma mina, uma usina de beneficiamento, uma linha férrea de 30 quilômetros e um porto de recebimento de navios de até 60 mil toneladas. Construída às margens do Rio Trombetas. É a construção e instalação de um sistema que tem levado a grandes mudanças no espaço local, o que tem acarretado uma série de consequências para a população local. (COELHO, 2000 *apud* FERREIRA, 2020).

O grupo comercial também construiu uma *company town* em Porto Trombetas com infraestrutura urbana e comercial correspondente, e construiu uma estação para embarque de trens, além de outras ferramentas técnicas para as operações. A iniciativa empresarial ampliou e fortaleceu a área hoje conhecida como "Complexo das Trombetas" urbanizado e modernizado, incluindo um aeroporto que pode acomodar aeronaves *Boeing 737*, tudo para dar suporte às operações. Iniciou-se o desenvolvimento do negócio de exploração de bauxita na Serra do Saracá. (FERREIRA, 2020).

A infraestrutura urbana e comercial da MRN em Porto Trombetas é composta por milhares de residências, hotéis, pousadas, escolas, inclusive pré-vestibular, e hospitais com unidades de terapia intensiva, serviços especiais, laboratórios e serviços odontológicos, clubes, supermercados, cinemas, rede nacional e mídia digital internacional, múltiplos canais de TV, redes de água fluoretada, sistemas de energia limpa, saneamento urbano e trânsito. (FERREIRA, 2020).

Todavia, para que essa infraestrutura fosse implantada, a região do rio Trombetas teve que sofrer fortes impactos devido à invasão do ambiente natural e à desorganização dos modos de produção dos antigos habitantes da área. Especialmente a comunidade de Boa Vista, localizada a poucos quilômetros de Porto Trombetas, tem sofrido até nas condições reais de trabalho com as mudanças provocadas pela presença da MRN. (ACEVEDO; CASTRO, 1998 *apud* FERREIRA, 2020).

Outras etapas necessárias para a lavra e beneficiamento do minério também demandam investimentos que interferem diretamente na variabilidade do espaço natural. Entre os procedimentos envolvidos está o desmatamento extensivo da área a ser utilizada, corte, perfuração, desmonte e escavação. Depois disso, seguem-se outras etapas de carregamento, transporte, moagem, lavagem e secagem até que o produto desse processo seja transportado em navios gigantes atracados às margens do Rio Trombetas, prontos para o transporte, entregando as mercadorias aos seus destinos. (FERREIRA, 2020).

O terreno envolvente, presente em Porto Trombetas, onde atua a Mineração Rio do Norte, não oferece iniciativas que visem promover o desenvolvimento econômico e social do entorno, mas preocupa-se apenas em escoar rapidamente o minério pelo rio Trombetas e depois pelo rio Amazonas até no Porto de Vila do Conde, quando chegava à costa. O cotidiano das comunidades ribeirinhas, quilombolas e indígenas não é absorvido pela Mineração Rio do Norte, pois a mineração de bauxita, que degrada os recursos naturais e culturais locais, dificulta a continuidade e expansão dessas comunidades na região. (BINSZTOK; CARNEIRO, 2015).

Assim, verifica-se que a infraestrutura representa a base e o suporte necessário para a própria produção, circulação e consumo dos bens gerados pelas atividades produtivas, mas, além disso, é um dos principais elementos úteis e utilizados na produção e organização do espaço, gerando assim uma influência direta no desenvolvimento da economia e no próprio processo de acumulação capitalista. (FERREIRA, 2020).

4.5.2.3 Hydro – Paragominas

Paragominas é uma cidade do estado do Pará, no sudeste do Pará e sub-região de Paragominas, sua formação está associada ao contexto colonial do estado do Pará, na década de 1950, desde a abertura da rodovia e a colonização foi feito na presença de agricultores, pioneiros na área. (LIMA *et al.*, 2016).

No início da formação e ocupação do território, o município de Paragominas apresentava graves problemas ambientais, suas atividades eram voltadas para o desmatamento como forma de pensar no desenvolvimento econômico local, com madeireiras e carvoarias, e a pecuária manteve um padrão de desenvolvimento predatório por quase 40 anos. (LIMA *et al.*, 2016).

Localizada a 70 km do município de Paragominas, a mina de bauxita da Hydro, em operação desde 2007, tem hoje capacidade anual de 14 milhões de toneladas, produzindo 9,2 milhões de toneladas de bauxita, com vida útil prevista de 41 anos. Por ter como destino uma adutora de 244 km, o projeto atingirá diretamente sete comunidades dos municípios de Ipixuna, Tomé-Açú, Acará, Moju, Abaetetuba e Barcarena, em seu destino final pelo negócio que tem uma área de pipeline de impacto direto. A bauxita chega em forma de celulose, na Hydro Alunorte, em Barcarena, depois de refinada é convertida em alumínio e depois convertida em alumínio. (HYDRO, 2015).

O destino de minerais como alumínio e bauxita pode ser verificado pelas exportações internacionais do Pará. A tendência atual é de novos investimentos e ampliação da malha de exportação mineral na Amazônia. A localização foi substituída por mercados externos e cadeias produtivas da mineração e concluída em escala diferente da nacional, causando prejuízos significativos às empresas locais. (PALHETA, 2013).

Paragominas é um dos territórios mineradores que contribuem para a ligação internacional do Pará por meio da mineração de bauxita. A exploração desses recursos tem sido cuidadosamente pensada pelos gestores das cidades mineradoras, mas é preciso pensar em outro modelo de exploração que permita a conversão com maior valor agregado ao produto e melhorar a qualidade do trabalho nas áreas mineradoras, assim como os recursos obtidos com a mineração podem ser representados no território por benefícios à sociedade local. Conforme observado, há uma previsão de aumento da exploração mineral no estado, no caso da bauxita, essa previsão representa um interesse por um dos minerais mais cobiçados pelas indústrias internacionais, passou de 43.828 para 46.512 em um ano de previsão. (LIMA *et al.*, 2016).

Os recursos minerais garantiram que o Pará passasse a ser como um dos maiores captadores de CFEM do Brasil. Grupos como: Vale, Alcoa, MRN, Rio Capim, Albras, Alunorte, Imerys, Hydro, entre outros e suas associadas e coligadas têm produzido efeitos socioeconômicos distintos no Pará, destaca-se neste cenário mineral em Parauapebas no sudeste do estado região do Pará, com a Vale e, Paragominas, na mesma região da Hydro, Juruti no baixo Amazonas, com a ALCOA. (LIMA *et al.*, 2016).

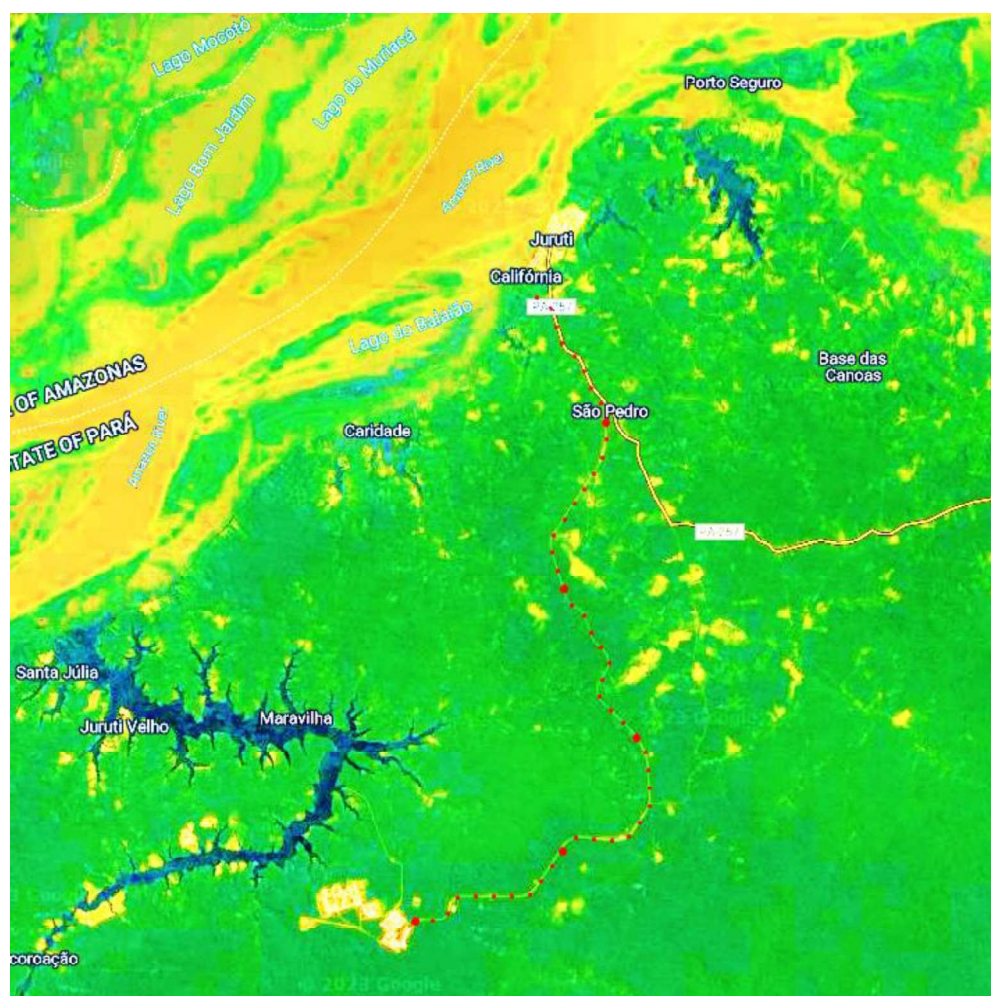
O crescimento do FPM em Paragominas passou de pouco mais de 19 milhões para mais de 24 milhões de reais, mostrando também a influência do município na atração de pessoas para seu território. Esse recurso é essencial para alguns municípios que não possuem a diversificação de três áreas de atuação em seu território. A maioria centra a sua atividade no comércio ou na agricultura, não é o caso das comunas mineiras, para além destes recursos existe ainda a Compensação Financeira pela Extração de Recursos Minerais (CFEM), com um elemento importante na cobrança de portagens urbanas. (LIMA *et al.*, 2016).

Pode-se constatar a diversificação de três setores do PIBM no município de Paragominas, com o aumento do ICMS, de pouco mais de 18 milhões de reais para 26 milhões de reais, o que comprova que esse setor foi diversificado por atividades tanto na indústria quanto na agricultura. campo. Porém, nos municípios mineiros, a CFEM tem peso fundamental, principalmente em termos de educação, saúde e infraestrutura, os três gargalos dos municípios paraenses. (LIMA *et al.*, 2016).

4.5.2.4 O caso da ferrovia de Juruti

A Estrada de Ferro Juruti é uma ferrovia industrial construída pela Camargo Corrêa como parte do projeto de exploração de bauxita da Alcoa no oeste do Pará. Suas obras começaram em 2006 e foram inauguradas em 2009, com um traçado de 55 km (1 m) ligando a mina de Juruti à área de beneficiamento, onde ficam a mina e o porto, na margem direita do Rio Amazonas, como mostra a figura 8 abaixo. Como outras ferrovias industriais, possui material circulante muito limitado: 3 locomotivas E3000C e 72 vagões de gôndola usados para transportar bauxita. (ALCOA, 2020).

Figura 8 - Trecho da Ferrovia Juruti



Fonte: SmartPTT – Alcoa Juruti, 2023.

As atividades desenvolvidas na área de produção da ferrovia incorporam uma interface com todos os departamentos da empresa, que vai desde a lavra do minério de bauxita até a expedição no porto onde é realizado o embarque. Sendo o único meio de transporte viável para o negócio.

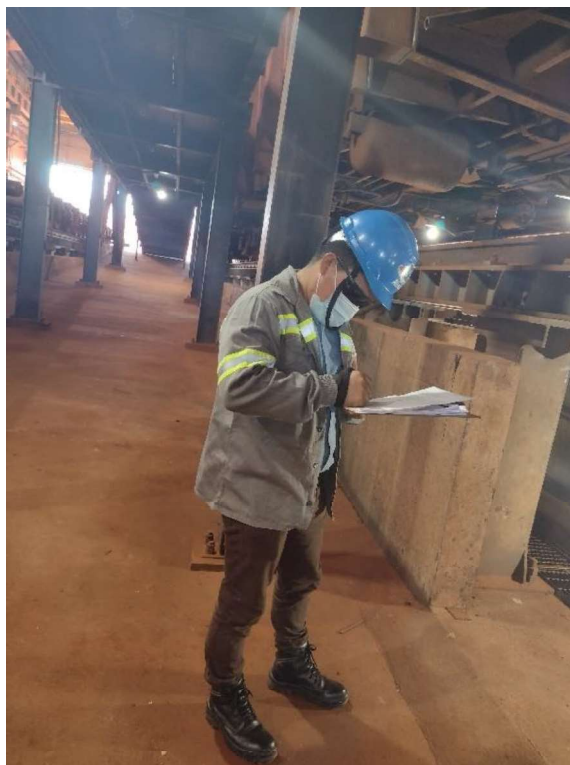
4.5.2.4.1 Descrição operacional da ferrovia de Juruti

4.5.2.4.1.1 Execução de manobras de trem

Tem como objetivo a formação de trens de vagões tipo gôndola ou fracionamento dos mesmos, manobras com locomotivas escoteiras ou conjugadas e garantir a segurança das movimentações dos veículos e a integridade física dos executantes das manobras ferroviárias, assegurando a execução das mesmas com eficiência. Tem como abrangência todos os pátios e terminais da Estrada de Ferro Juruti, onde forem executadas manobras ferroviárias, aplicando-se a empregados próprios e habilitados.

Nesta etapa o manobreiro tem como responsabilidades: Executar programação de manobras; manusear engates; manusear mangotes; manusear AMV (Aparelho de Mudança de Vias); calçar trem, vagões e locomotivas; orientar maquinista via rádio ou por sinais manuais; acompanhar maquinistas em viagem; utilizar rádio transceptor; retirar obstáculos dos trilhos; acompanhar cauda do trem; acionar freio de emergência ou de serviço; acionar freio manual dos vagões e locomotiva; informar situação do pátio; acompanhar descarregamento quando houver anormalidade; abrir e fechar drenos dos vagões; limpar locomotivas; abastecer locomotiva com areia; comunicar anormalidades à área de manutenção; garantir o atendimento aos requisitos de Saúde, Segurança e Meio Ambiente; padrões de 5S; fazer housekeeping; interromper a atividade em casos emergenciais que coloquem em risco a integridade de pessoas ou equipamentos quando houver violação de procedimento, conforme figuras 9 e 10 abaixo.

Figura 9 - Manobreiro recebendo equipamento da manutenção



Fonte: Acervo pessoal, 2021

Figura 10 - Manobreiro garantindo a confiabilidade dos equipamentos ferroviários.



Fonte: Acervo pessoal, 2021.

4.5.2.4.1.2 Operação de trem

Tem como objetivo a operação de trens de minério dentro da via férrea da Alcoa Juruti e visa estabelecer parâmetros e requisitos essenciais para a operação de trens, garantindo: Maior segurança operacional, Economia de combustível, Redução de fracionamento de trens, Maior vida útil de engates e seus componentes, minimizar esforços internos entre os veículos e destes sobre a via permanente, evitar danos à via e material rodante, evitar danos à carga. Esta atividade tem como abrangência toda estrada de ferro Juruti aplicando-se a todos os maquinistas e manobreadores dentro do nível de responsabilidade de cada um.

Nesta etapa o maquinista tem como responsabilidades: Responsável pela operação do trem; realizar checklist em locomotiva; garantir o atendimento aos requisitos de Saúde, Segurança e Meio Ambiente; padrões de 5S; fazer housekeeping; relatar anomalias; interromper a atividade em casos emergenciais que coloquem em risco a integridade de pessoas ou equipamentos quando houver violação de procedimento. Conforme figuras 11 e 12 abaixo.

Observação: Quando necessário o maquinista poderá executar todas as tarefas do manobreiro.

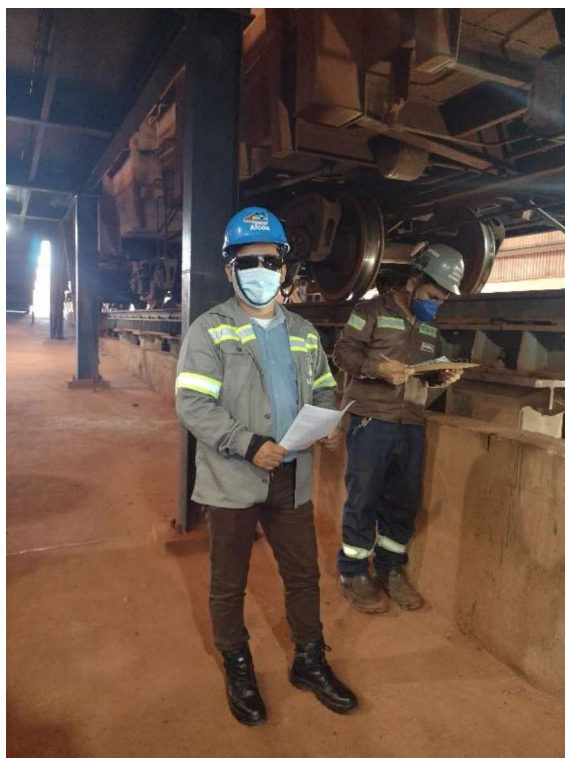
Uma operação de trens adequada envolve fatores que vão desde o cumprimento de regras e procedimentos, até o correto julgamento de como as condições do campo se aplicam.

Figura 11 - Maquinista operando trem de minério



Fonte: Acervo pessoal, 2021

Figura 12 - Maquinista em inspeção de trem



Fonte: Acervo pessoal, 2021

4.5.2.4.1.3 Operação do Centro de Controle Operacional (CCO)

Tem como objetivo estabelecer parâmetros e requisitos essenciais para licenciamento e operacionalização correta de trens, adequado, visando: Maior segurança operacional, evitar danos à via e material rodante e evitar danos à carga.

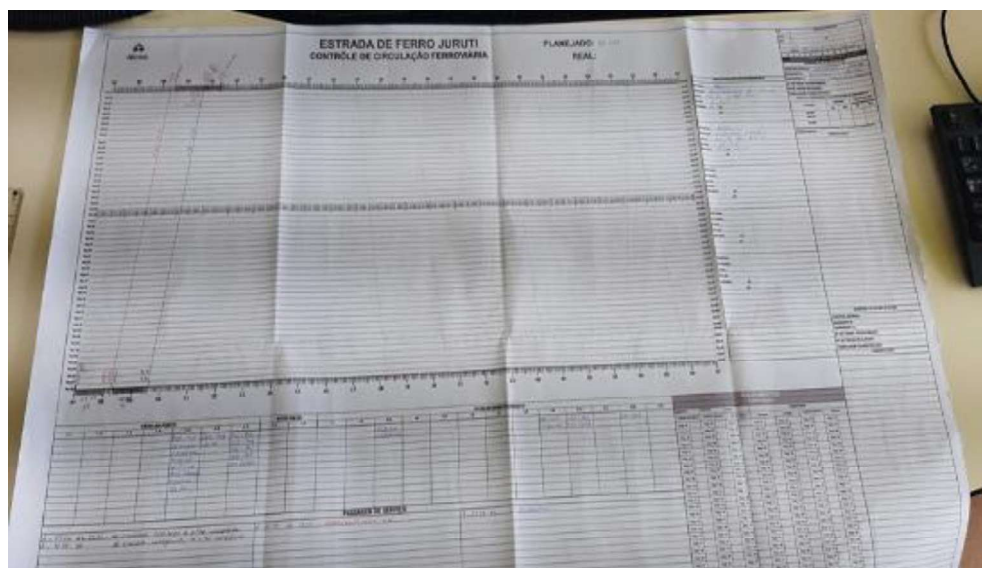
Esta atividade tem como abrangência toda estrada de ferro Juruti aplicando-se a todos os técnicos e líderes a frente da operação no CCO.

Nesta etapa o CCO tem como responsabilidades: Receber as informações do turno que está saindo da jornada de trabalho, analisar a produção planejado e o realizado, fazer análise das horas improdutivas durante o processo, se ocasionou perdas no cumprimento da meta do dia, realizar DDS, direcionar a equipe na área de trabalho, analisar a planilha do planejamento e verificar plano de produção os ativos que estarão programados para manutenção preventiva, Locomotiva/Vagão e participar do DMS com a supervisão, passando as informações da produção, garantir o atendimento aos requisitos de Saúde, Segurança e Meio Ambiente e padrões de 5S; fazer housekeeping; relatar anomalias; interromper a atividade em casos emergenciais que coloquem em risco a integridade de pessoas ou equipamentos; quando houver violação de procedimento, atualização de gráfico de circulação (DMS) rascunhar levemente a lápis todos os registros e só passar caneta quando da confirmação dos dados conforme figuras 13 e 14 abaixo, reunir todas as informações ao receber o turno, como posição dos trens, equipamentos, vagões tanques etc, simular a produção no DMS totalizando o previsto e o realizado, acompanhar a produção, registrar no DMS, tomando ações para correção dos desvios.

São recursos necessários para o desenvolvimento desta atividade: Rádio transceptor fixo/portátil; gráfico de circulação de trens; computadores equipados com alta tecnologias; telefone celular e fixo e material de escritório.

Figura 13 - Planejamento e apropriação em gráfico

Fonte: Acervo pessoal, 2021

Figura 14 - Gráfico de planejamento

Fonte: Acervo pessoal, 2021

Apesar de a cidade de Juruti ter construído uma base arquitetônica, (re)estruturação para apoiar os esforços de exploração mineral de bauxita ALCOA que cumpre horários específicos como portos e rodovias, ferrovias, entre outros. Deste modo, a ALCOA iniciou a instalação do projeto de mineração de bauxita de Juruti em 2006. Seu procedimento no município de Juruti, Estado do Pará, é baseado em diálogos entre as partes participação como comunidade, município e estado. As minas

de bauxita de Juruti incluem construir três instalações (unidade de mineração, ferrovia e porto). (SOUZA, 2018).

Segundo o Relatório de Sustentabilidade ALCOA 2006/2007 da América Latina, até maio de 2007, a implantação da mineração de bauxita rendeu R\$ 145,3 milhões às empresas fornecedoras. Desse valor, aproximadamente R\$ 17 milhões foram encomendados especificamente de empresas constituídas no município de Juruti e R\$ 40 milhões foram para outros fornecedores da região oeste do estado. Somente em 2006, a Prefeitura de Juruti arrecadou cerca de 1,5 milhão de reais em ISS incidente sobre as operações da ALCOA. Porém, observando o cenário do município de Juruti, constata-se pouca ou nenhuma melhora para a localidade, tornando-se duvidoso que o dinheiro arrecadado com a mineração do minério de bauxita tenha sido investido dessa forma. (SOUZA, 2018).

Em agosto de 2005 e 2006, cerca de 30 famílias foram realocadas para o projeto do canteiro de obras do porto da ALCOA, no município de Juruti, parte da infraestrutura necessária para a mina de bauxita, um minério que contém alumina, matéria-prima básica para a produção de alumínio. De acordo com o Relatório de Desenvolvimento Sustentável 2006/2007, foram estabelecidos procedimentos com o objetivo de conseguir no município de Juruti, por meio do projeto de mineração de bauxita, o desenvolvimento da cidade de forma sustentável, assim, com a colaboração da Prefeitura, a Agenda foi ativamente criada e o Plano de Controle Ambiental (PCA). (SOUZA, 2018).

4.6 Os projetos de integração ferroviária

O cenário de abandono e destruição da malha ferroviária durou até meados da década de 1990, quando o governo brasileiro criou um programa de privatização das linhas ferroviárias. Desta forma, as linhas e redes ferroviárias foram transferidas para empresas privadas por meio de concessões, dividindo a responsabilidade de investimento entre o governo e o setor privado. A medida faz com que as linhas existentes passem a receber novos investimentos em infraestrutura e melhorias de equipamentos, além de possibilitar o surgimento de novos projetos ferroviários no Brasil. (MASSA, 2020c).

Dessa forma, os governos têm exercido certas capacidades e investido na criação de novas linhas ferroviárias, passando por um processo de leilão em que são

concedidas concessões a diversas empresas de logística atuantes no setor ferroviário. Desde a implantação do programa de privatização da malha, os governos olham para o setor com outros olhos e, com isso, aumentam os investimentos na criação de novos projetos ferroviários no Brasil. (MASSA, 2020c).

4.6.1 Transnordestina

O projeto de uma ferrovia ligando o interior do Nordeste aos seus principais portos é antigo. O primeiro projeto ferroviário da região foi concebido durante o império, segundo informações da RFFSA, a primeira tentativa ocorreu em 1852 e ligaria Recife com a cidade de Santa Maria no Vale do São Francisco, e foi abandonada devido a cólera. Desde então, os trabalhos em projetos semelhantes foram continuados e interrompidos várias vezes, acompanhados de algumas alterações no seu *layout*.

Em 1º de janeiro de 1998, foi constituída a Companhia Ferroviária do Nordeste S/A (CFN), desde 2008 renomeada como Transnordestina Logística S/A. É uma empresa privada do grupo CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) que tem como missão explorar e desenvolver o transporte de cargas na região Nordeste - com uma malha ferroviária de 4.238 km que se estende do Maranhão até o município de Propriá, em Sergipe - passou pela administração da Ferrovia Nordeste que foi adquirida da RFFSA (Rede Ferroviária Federal S/A), empresa pública que até então era a gestora do sistema ferroviário no Brasil. A RFFSA possui 12 Superintendentes Regionais (SRs), sendo SR 1, responsável pelas ferrovias nos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte; SR 11 para Ceará e SR 12 para Piauí e Maranhão.

Em 1999, com base em projeto do Ministério dos Transportes, o CFN previa a construção de uma ferrovia de 523 km denominada Transnordestina, implantada em três fases: 231 km ligando as duas cidades de Petrolina e Salgueiro, em Pernambuco; 113 km até Missão Velha, e de lá 179 km até Crateús, ambas no estado do Ceará. Em 2002, foram iniciados os estudos para a implantação de uma nova via, onde o governo do estado de Pernambuco apresentou uma nova proposta, incluindo um ramal ferroviário para atender a coluna de gesso do Araripe. (FUNDAJ, 2017).

Foi em 2006, no governo de Luís Inácio Lula da Silva, que foi lançado o projeto definitivo desta empresa, a obra está em andamento até hoje, e atualmente, é obra

realizada pela Companhia Siderúrgica Nacional e governo Federal. O atual projeto da Ferrovia Transnordestina pode ser dividido nos seguintes trechos (Tabela 2):

Tabela 2 - Trechos da Ferrovia Transnordestina

Trechos	Extensão (Km)
Missão Velha-CE a Salgueiro-PE	96
Missão Velha-CE a Pecém-CE	527
Salgueiro-PE a Suape-PE	544
Salgueiro-PE a Trindade-PE	163
Eliseu Martins-Pi a Trindade-PE	423
Total	1753

Fonte: Adaptado LIMA, 2017

Segundo a CSN, este é atualmente o maior canteiro de obras lineares em andamento no Brasil. Com 1.753 quilômetros de linha principal, a ferrovia de classe mundial passa por 81 municípios, partindo de Eliseu Martins, no Piauí, até os portos de Pecém no Ceará e Suape, em Pernambuco, conforme figuras 15 e 16. O projeto realiza o antigo sonho de integração nacional, além de incentivar a produção local em qualquer lugar e fomentar novos negócios. A ferrovia terá capacidade para transportar 30 milhões de toneladas por ano, com foco em granéis sólidos (minérios e grãos), reforçando-se como um elo fundamental para estimular a economia nordestina e aproximar o Brasil dos principais mercados do mundo.

A implantação da linha férrea Transnordestina, parte da malha ferroviária do Nordeste, além de seu papel de catalisador do desenvolvimento da região pela escala de seus investimentos e sua função redutora de custos na cadeia de Inter produção e também estratégico para conexão com outros centros ferroviários do país, permitindo assim estabelecer um fluxo contínuo de mercadorias e operações de transporte através de corredores intermodais. Atualmente, a malha ferroviária do Nordeste representa uma clara ruptura em nível nacional, pois não há um trecho correspondente a esta ferrovia inacabada, pois os trechos ferroviários para os portos de Salvador na Bahia, Suape em Pernambuco e Pecém no Ceará possuem ligação entre eles, reduzindo a necessidade de transporte ferroviário na área. (DNIT, 2017).

Além do impacto imediato do projeto ferroviário que gera milhares de empregos, o projeto também visa atender às inúmeras potencialidades econômicas das regiões que atravessa no sul do estado do Piauí, a Transnordestina cruza a estepe piauiense, área conhecida como a nova fronteira agrícola do Brasil, que se destaca pela produção de grãos, principalmente soja e milho. Segundo o governo do Piauí, em 2017 a região teve uma safra recorde de mais de 4 milhões de toneladas de grãos. Além de grandes quantidades, o estado também possui na cidade de Paulistana, uma das maiores reservas de minério de ferro do país, que, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), tem capacidade de produção de 15 milhões de toneladas por ano.

No Estado do Ceará, entre os principais potenciais que a ferrovia pode alcançar estão: minas de fosfato, localizadas na cidade de Itatiaia, com produção estimada de 240 mil toneladas por ano; o polo industrial localizado na região do cariri também será beneficiado, podendo atender diversas empresas da região como a Bom Sinal, que fabrica VLT's para diversas localidades do Brasil e prefeituras que pretendem com a ferrovia atrair fornecedores de insumos. (ADECE, 2013).

No estado de Pernambuco, muitas regiões serão beneficiadas pela Transnordestina. O estado é o segundo maior produtor de cana-de-açúcar do Nordeste e o sexto maior do país, sendo a Zona da Mata de Pernambuco a principal responsável pela produção dessa commodity, que é matéria-prima tanto para a produção de açúcar quanto para a produção do álcool. Segundo dados do SINDAÇÚCAR, a produção estadual de açúcar e etanol na safra 2015/2016 foi de 1.000.000 toneladas e 335.000 m³, respectivamente. A cidade de Salgueiro fica a 520

km da capital Recife, considerada o coração do Nordeste por estar localizada no entroncamento das rodovias BR-232 e BR-116. E é graças a essa localização privilegiada que o governo do estado pretende instalar na cidade uma plataforma multimodal em uma área de mais de 300 hectares, transformando a área em um centro de distribuição de mercadorias. E na divisa com Piauí e Ceará fica a região do Araripe, que abriga uma das maiores reservas mundiais de gesso, com grande número de empresas do setor na região, representando quase a totalidade da produção nacional total de gesso e a ferroviária terá outro meio de transporte deste produto.

4.6.2 Ferrovia Norte-Sul

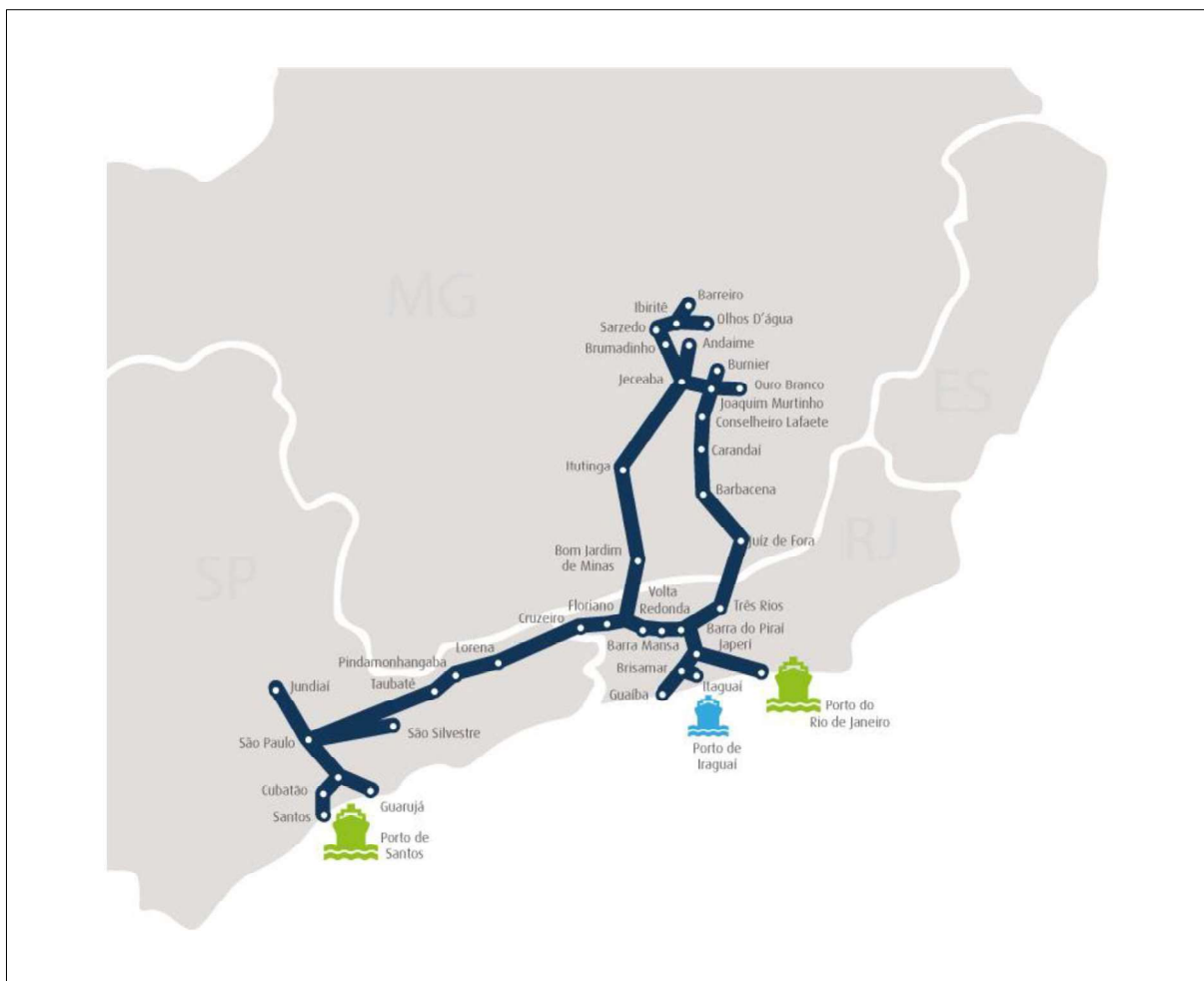
A implantação da Ferrovia Norte-Sul (FNS), projeto que teve início na década de 1980, no governo Sarney (1985-1990), e teve continuidade no governo Lula com o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), expresso como um esforço para promover maior integração nacional dividindo o território brasileiro de norte a sul, salvando projetos no setor ferroviário. Segundo Valec (2013c), o principal objetivo da FNS é desenvolver um polo de transporte competitivo entre as regiões norte e sul do país, que represente uma alternativa mais econômica ao transporte de mercadorias em longas distâncias, permitindo o acesso ao centro regional do Brasil aos portos do norte do país (Belém e São Luís), estabelecendo a integração inter-regional e formando um sistema de transporte para o mercado de água no exterior e no mercado interno. A ferrovia poderia ser considerada adequada para ligar diversas regiões do Brasil, preenchendo o “vazio” que existia no transporte ferroviário no centro do país, permitindo a integração do país no sentido norte-sul.

O projeto original da Ferrovia Norte-Sul (FNS) previa a construção de 1.574 km de ferrovia, atravessando os estados do Maranhão, Tocantins e Goiás, ligando Açailândia (MA) e Anápolis (GO). Com a Lei nº 1.772/2008 estendendo o traçado até Panorama Urbano (SP), a ferrovia Norte-Sul, quando concluída, terá 2.760 km de extensão. Os projetos futuros contemplam também o trecho entre Panorama-SP e o município de Rio Grande-RS, perfazendo um total de 4.187 km de ferrovia norte-sul do país. (VALEC, 2013c).

O trecho principal já construído neste percurso encontra-se entre Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, com acesso a cinco portos na região, incluindo o Porto

de Itaguaí (RJ), conforme figura 17, administrada pela companhia Malha Regional Sudeste (MRS Logística). (CSN, 2023).

Figura 17- Malha Regional Ferroviária Sudeste



Fonte: CSN, 2023

Segundo dados do Ministério dos Transportes (2013), o trecho ferroviário que liga as duas cidades de Estreito (MA) e Açailândia (MA) - correspondente a 215 km de via ligando a linha férrea de Carajás, permite o acesso ao porto de Itaqui, em São Luís (MA) - concluído e em operação comercial desde 1996.

Em 2007 e 2008, foram assinados no estado do Tocantins os trechos Aguiarópolis - Araguaína (153 km) e Pátio Intermodal Araguaína - Colinas do Tocantins (100 km); enquanto o trecho Colinas – Palmas, com cerca de 256 km, foi concluído em 2010. Assim, o primeiro trecho da Ferrovia Norte-Sul entre Açailândia-MA e Palmas-TO, com 720 km, foi concluído e é operado pela FNS S.A., empresa do

Grupo Vale. O grupo ganhou uma concessão de 30 anos para reoperar o trecho e será responsável pela sinalização rodoviária, construção de usinas, postos de abastecimento, cais de carga e outras infraestruturas para operação comercial.

Pelo projeto original, o trecho goiano da FNS tinha cerca de 570 km ligando Porto Seco de Anápolis-GO à divisa com o Tocantins. Somam-se a este projeto 494 km de Ouro Verde-GO até a divisa com o estado de São Paulo, que faz parte da extensão sul da FNS.

Com relação ao primeiro trecho, 21 municípios são cortados pela FNS ao longo do trajeto: Anápolis, Nerópolis, Campo Limpo de Goiás, Ouro Verde de Goiás, Petrolina de Goiás, Jesúpolis, São Francisco de Goiás, Jaraguá, Rianópolis, Santa Isabel, Ceres, Rialma, São Luís do Norte, Uruaçu, Campinorte, Alto Horizonte, Mara Rosa, Estrela do Norte, Formoso, Santa Teresa de Goiás e Porangatu. (VALEC, 2013a).

Já o trecho sul da ferrovia até Goiás tem 494 km de Ouro Verde a Panorama-SP, passando pelo Estado de Minas Gerais; um total de 850 km, e os trabalhos entre os municípios d'Ouro Verde e Estrela D'Oeste-SP não começaram em 2011. Cachoeira Alta, Campo Limpo de Goiás, Campestre de Goiás, Damolândia, Edéia, Goianira, Indiara, Jandaia, Nerópolis, Nova Veneza, Ouro Verde, Palmeiras de Goiás, Paranaiguara, Quirinópolis, Rio Verde, Santa Bárbara de Goiás, Santa Helena, Santo Antônio de Goiás, São Simão, Trindade e Turvelândia. (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2013).

Destaca-se, portanto, que a FNS, ao mesmo tempo em que permite a integração das regiões Norte e Nordeste, também se conecta à malha ferroviária Sudeste, dando acesso aos portos da região, que passa pela linha FNS. O estado de Goiás passa por importantes regiões produtoras de cana-de-açúcar e grãos. De acordo com o projeto, o trecho que passa por municípios como Santa Helena de Goiás, Rio Verde, Quirinópolis e São Simão deveria ter duas áreas para embarque e desembarque de grãos e produtos diversos (VALEC, 2013b). Estes pátios intermodais "terão espaço para trilhos, desvio e estacionamento de veículos ferroviários, oficinas, armazéns, serviços de logística e armazenamento de carga, e também deverão ser planejados e tornar-se-ão grandes centros industriais". (SEGPLAN, 2013, p. 6).

Segundo Segplan (2013), o setor agropecuário goiano pode se beneficiar tanto da logística dos portos do norte do país quanto do aumento da produção graças à

incorporação de grande extensão de terras férteis ao longo da rodovia no território goiano. Além disso, outro setor afetado será o de mineração, que possui grandes minas e instalações industriais instaladas na região norte de Goiás.

É importante ressaltar que em Goiás está sendo implantada uma plataforma logística multimodal, no município de Anápolis, que complementarará o complexo ferroviário formado pela FNS e as rodovias existentes no estado. A plataforma abrigará instalações de consignação, conectadas a terminais ferroviários, rodoviários e aéreos, além de Porto Seco para a realização de atividades de comércio exterior.

Indiscutivelmente, a ferrovia Norte-Sul pode significar, em termos de integração territorial, o mesmo que a rodovia Belém-Brasília, na década de 1960. O Centro-Sul com alimentos e matérias-primas. A diferença entre a ferrovia e a via expressa citada acima é o custo do transporte ferroviário, que é cerca de 42% do custo do rodoviário, segundo estudos realizados pela Segplan (2013). Isso permitirá maior competitividade da produção na região por onde passa a ferrovia. Com o FNS, é possível abastecer os centros consumidores do Nordeste com produtos agrícolas, além de escoar produtos brasileiros pelo porto de Itaquí, reduzindo as rotas marítimas para a Europa e Estados Unidos, grandes centros consumidores.

No entanto, fica clara a necessidade de malhas rodoviárias estaduais e federais para fornecer ferrovias, pois essa malha terá um papel fundamental para permitir que a carga chegue às estações ferroviárias, ou seja, irrigará as áreas localizadas na área influência da ferrovia, conectando-se com as estações de carga e descarga instaladas ao longo da linha ferroviária Norte-Sul.

Por fim, desde a década de 1980, a Ferrovia Norte-Sul foi construída em sintonia com as demais diretrizes governamentais, transformando-se em um investimento fundamental para o desenvolvimento econômico regional do setor, sua construção é preferida por diversos motivos: 1) atua como condição indispensável para redistribuir o espaço de atividade econômica e promover o desenvolvimento da área que abrange; 2) as ferrovias possibilitarão o desenvolvimento do principal setor da economia por meio da incorporação dos recursos naturais disponíveis na região; 3) a ferrovia será responsável pela criação de unidades de trabalho diretas e indiretas; 4) contribuir para a ocupação econômica da área sob sua influência; 5) pela estratégia de realinhamento territorial da economia nacional, pode reduzir a disparidade econômica entre regiões dependentes e regiões mais desenvolvidas do país.

4.7 Os desafios para o Brasil e o setor mineral

O rápido desenvolvimento que a humanidade experimentou nas últimas décadas impactou as operações de mineração com novas necessidades e novos desafios, ampliando sua atenção para questões externas, pois até o final da década de 1990, as mineradoras permaneceram amplamente focadas em seus assuntos internos. Essa mudança exige um novo modelo de atuação das mineradoras, novas estruturas de trabalho e equipes com melhor conhecimento dos impactos decorrentes de todos os envolvidos no processo, que podem influenciar o desenvolvimento de um projeto de mineração, desde a pesquisa do minério até o fechamento da mina e uso futuro do local. (HEIDER; FONSECA, 2022).

O desenvolvimento da atividade mineradora observado nas últimas décadas está relacionado principalmente à crescente preocupação com as questões ambientais, segurança das operações, avanços tecnológicos, papel dos principais *stakeholders* e comunidades existentes. Esses fatores criam novas exigências e, ao mesmo tempo, a necessidade de reduzir custos e aumentar a competitividade das mineradoras. Por sua vez, o desenvolvimento de novas tecnologias específicas da indústria requer recursos minerais estratégicos e importantes, especificações mais rigorosas, bem como o estabelecimento de certificações e padrões internacionais. Lista-se abaixo os desafios que mais impactaram o setor de mineração: (HEIDER; FONSECA, 2022).

- Compreender a complexidade e sustentabilidade da indústria;
- Governança pública e privada;
- Agenda ESG e Licença Social para Operar – LSO;
- Gerenciamento de riscos e dos impactos ambientais;
- Melhoria da reputação do setor e da comunicação com as partes interessadas;
- Gestão e integração dos *stakeholders*;
- Licenciamento ambiental;
- Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I);
- Estruturação regulatória adequada;
- Competitividade e atração de investimentos e
- Custo Brasil.

A gestão de riscos na mina é um ponto importante, por vezes tratado de forma reativa. Alguns riscos são imprevisíveis, mas outros podem ser avaliados, quantificados e até evitados. Por exemplo, algumas mineradoras com projetos na África avaliam riscos, como instabilidade política e não conformidade, como potencialmente afetando seus investimentos. Cita-se também o caso da *ThyssenKrupp*, que em 2001 vendeu a Ferteco para a Vale, investindo então cerca de 5,2 bilhões de euros na Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA). Finalmente, em 2017, vendeu este ativo ao grupo *Ternium* (Argentina) por 1,5 mil milhões de euros, resultando numa forte depreciação contabilística. (HEIDER; FONSECA, 2022).

Alguns empresários, inclusive, têm apostado em seu modelo operacional, mais enxuto ou mais agressivo, para viabilizar aquisições. Por outro lado, há a AMG (Nazareno/MG) que implementou uma estratégia bem-sucedida de expansão da gama de minerais (columbita/tantalita), recuperando resíduos feldspato e lítio de alta qualidade. (HEIDER; FONSECA, 2022).

Percebe-se que a precariedade das estradas e ferrovias, bem como a falta de dragagens de manutenção, são os principais entraves atuais. Como resultado, há relatos de estado precário dos trechos de Cascavel a Paranaguá e problemas de armazenamento e transtornos na chegada e transbordo no porto de Paranaguá, que levantam dúvidas sobre a vantagem de utilizar a ferrovia como melhor meio de escoamento (MATOS, 2016). As ferrovias apresentam vantagens mais econômicas em relação aos outros modais e suas desvantagens estão relacionadas à falta de planejamento e adequação do projeto, conforme demonstrado na Tabela 3 abaixo:

Tabela 3 - Principais vantagens e desvantagens do modal ferroviário

Vantagens	Desvantagens
Alta eficiência energética.	Tráfego limitado aos trilhos.
Grandes quantidades transportadas.	Sistemas de bitolas inconsistentes.
Inexistência de pedágios.	Malha ferroviária insuficiente.
Baixíssimo nível de acidentes.	Malha ferroviária sucateada.
Melhores condições de segurança da carga.	Necessita de entrepostos especializados.
Menor poluição do meio ambiente.	Nem sempre chega no destino final, dependendo de outro modais.
	Pouca flexibilidade de equipamentos.

Fonte: Adaptado MONTEIRO, 2019

Na análise de custos, o modal ferroviário possui alto custo fixo em termos de equipamentos, terminais e ferrovia, mas seus custos variáveis são baixos. Mesmo com custos mais baixos, o transporte ferroviário é menos utilizado no Brasil. O modal ferroviário responde por apenas 24% do volume de transporte, mas dado o tamanho do país e os grandes volumes de produtos agrícolas e minerais transportados por longas distâncias, sugere-se que essa proporção seja pelo menos dobrada para permitir reduções significativas no custo de transporte, com maior competitividade nas exportações e aumento das margens e do saldo da balança comercial. (MONTEIRO, 2019).

Nesse sentido, considera-se extremamente importante a análise estratégica de risco no setor de mineração, dada a existência de cenários muito diversos. Os riscos podem representar ameaças ou oportunidades e devem ser avaliados. Uma reavaliação das lições aprendidas com os recentes acidentes ocorridos no Brasil certamente contribui para o aprimoramento dos métodos atuais. (HEIDER; FONSECA, 2022).

5 CONCLUSÃO

O transporte ferroviário de cargas, como outros modais, é uma importante força produtiva. Mesmo com o alto custo de construção e compra de material rodante, as ferrovias atraem diferentes segmentos da sociedade, não apenas o setor empresarial. A sua implantação e funcionamento intervém às escalas local, regional e nacional, contribuindo para as interações espaciais ao incluir áreas do território na divisão territorial do trabalho. No Brasil, há muitas leis que regem o setor de transporte. Nos últimos 30 anos, organizações e agências foram estabelecidas para gerenciar as operações de infraestrutura de transporte. Embora a política de concessões tenha permitido a modernização de equipamentos e material rodante e a adoção de novas tecnologias, o investimento na expansão da malha ferroviária ainda depende inteiramente do investimento do Estado. Oscilações adversas da conjuntura econômico-política, com períodos de crise financeira internacional, têm feito com que o setor de transportes não cresça conforme o esperado. Isso fica mais evidente na análise do modal ferroviário, altamente dependente de investimentos em infraestrutura em relação ao rodoviário, que é o meio de transporte predominante no país.

Conforme observado na pesquisa sobre as ferrovias no Brasil, o sistema ferroviário passou por uma ampla reestruturação a partir da década de 1950, quando se propôs a retirada de ramais considerados inertes e a especialização desse modal em alguns segmentos específicos de transporte.

No Brasil, desdobrou-se como um sistema de política “antiferroviária”, em que a política de transportes passou a ser pautada pelo modal rodoviário. Diante desse cenário, a indústria ferroviária começou a reestruturar seu modelo de negócios, focando no transporte de grandes volumes de poucos produtos, com poucos clientes, com o principal canal direcionado para o porto — do interior para os portos existentes no século XIX.

Houve um declínio na rede ferroviária no país. A história de abandono e subutilização da ferrovia, desde o final do século XX, custou ao país mais de 16 mil quilômetros de ferrovias. A concessão ferroviária nacional, que decorreu entre 1996 e 1998, resultou no desmantelamento de ramais com baixo volume de mercadorias e/ou não alinhados com as estratégias dos operadores das linhas. Ponto relacionado a essas concessões é a falta de padronização sobre aspectos operacionais da modalidade e descumprimento de contrato, além do conluio dos reguladores, que têm

contribuído para o cenário de centralização e desativação de agências. O caso da Transnordestina, antiga malha da Companhia Ferroviária do Nordeste, é um exemplo bastante claro, pois após as concessões, alguns ramais não receberam sequer locomotivas.

Nessa perspectiva, o processo de privatizações ocorrido na década de 1990 pode ser visto como um fracasso, pois não contribuiu para a mudança do modelo econômico existente no setor desde a era da gestão e propriedade. E renovar as franquias sem estabelecer uma remuneração adequada corre o risco de perpetuar o modo de operação dos franqueados existentes e as deficiências do sistema ferroviário que serve apenas como esteira transportadora de diversos produtos até o porto.

A realidade brasileira e os exemplos internacionais mostram que, para uma ferrovia se manter economicamente viável, é necessária uma carga tal que trechos ou afluentes com cargas intermitentes não consigam sustentar a via. No entanto, os benefícios da manutenção de um sistema ferroviário nacional e integrado trazem adições sociais muito além dos acréscimos financeiros. Portanto, é apropriado reativar os trechos subutilizados, mas economicamente viáveis. Isso proporcionará mais oportunidades para operadores ferroviários independentes e operadores intermodais. Por isso, organizar diferentes formas de modelar ferrovias com subsídios estatais pode ser muito interessante para a economia regional. Os subsídios foram e são uma ferramenta do Estado para o funcionamento da economia. A participação de recursos públicos é fundamental para a industrialização do Brasil e para a formação do sistema técnico no território nacional. O volume de gastos públicos também é importante para o investimento privado e os bancos privados devem estar mais envolvidos no financiamento do desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA ALESC. **Carvão mineral**: história marcada por desenvolvimento e crise na produção. 2013. Disponível em: https://agenciaal.alesc.sc.gov.br/index.php/noticia_single/carvaeo-mineral-historia-marcada-por-desenvolvimento-e-crise-na-producao. Acesso em: 09 jan. 2023.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO CEARÁ - ADECE. **Perfil da produção de Frutas no Brasil em 2013**. 2013. Disponível em: http://www.adece.ce.gov.br/phocadownload/Agronegocio/perfil_da_producao_de_frutas_brasil_ceara_2013_frutal.pdf. Acesso em: 05 jan. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANM. **Anuário Mineral Brasileiro**: principais substâncias metálicas 2022. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro>. Acesso em: 12 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES - ANTT. **Evolução do transporte ferroviário de cargas**. 2017. Disponível em: http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/15884/Evolucao_do_Transporte_Ferrovioario.html. Acesso em: 09 jan. 2023.

ALCOA. **Ferrovias Juruti**. 2020. Disponível em: <http://vfco.brazilia.jor.br/ferrovias/Juruti/EFJurutiLocos.shtml>. Acesso em: 09 jan. 2023.

ALCOFORADO, F. **As grandes invenções no transporte terrestre e dutoviário da história e sua futura evolução**. 2022. Disponível em: https://www.academia.edu/70469861/AS_GRANDES_INVEN%C3%87%C3%95ES_NO_TRANSPORTE_TERRESTRE_E_DUTOVI%C3%81RIO_DA_HIST%C3%93RIA_E_SUA_FUTURA_EVOLU%C3%87%C3%83O. Acesso em: 13 mar. 2023.

AMUSINGPLANET. **The Wooden Wagonways of Britain**. 2017. Disponível em: <https://www.amusingplanet.com/2017/08/the-wooden-wagonways-of-britain.html>. Acesso em: 21 jun. 2023.

ANDRADE, M. M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, ed. 10ª, 2010. Disponível em: <https://dokumen.pub/qdownload/introducao-a-metodologia-do-trabalho-cientifico-elaboracao-de-trabalhos-na-graduacao-9788522458561-9788522478392.html>. Acesso em: 02 fev. 2023.

ASSIS, A. *et al.* **Ferrovias de carga brasileiras**: uma análise setorial. Logísticas. BNDES Setorial 46, p. 79-126, 2017. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14136?mode=full>. Acesso em: 24 abr. 2023.

BINSZTOK, J.; CARNEIRO, M. **Integração nacional, desenvolvimento capitalista e projetos modernizantes na Amazônia**: retrospectiva e perspectiva de despojos da mineração Rio do Norte-PA. *Integração Nacional, Desenvolvimento Capitalista e Projetos Modernizadores na Amazônia*. Revista NERA, n. 28, p. 92-105, 2015. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/3993>. Acesso em: 22 abr. 2023.

BOCK, C. P. *et al.* **Transporte ferroviário**: limitações e possibilidades. In: *Regionalização e Internacionalização-Processos de internacionalização*. 2015. Disponível em: <https://www.metodista.br/congressos-cientificos/index.php/CM2015/RIPI/paper/view/7017>. Acesso em: 23 abr. 2023.

BRITISH BROADCASTING CORPORATION - BBC. **3 asombrosos inventos que quizás no te imaginas que vienen de la antigüedad**. BBC News, 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-39516474>. Acesso em: 03 jan. 2023.

CAJUEIRO, R. L. P. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos**: guia prático do estudante. Rio de Janeiro: Vozes, ed. 3ª, 2015.

CAMPOS, L. T. **As ferrovias brasileiras como instrumento de desenvolvimento nacional**. 2019. Tese (Graduação) – Universidade de Taubaté. Taubaté, 2016. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/3658>. Acesso em: 15 abr. 2023.

CARNEIRO, F. de M. **Simulação do Circuito de Minério do Terminal Ferroviário de Ponta da Madeira (TFPM)**. Monografia (Pós-Graduação) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://transportes.ime.eb.br/etfc/monografias/MON047.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2023.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. **O sistema ferroviário brasileiro**. CNT, Brasília, 2013. Disponível em: <https://cnt.org.br/sistema-ferroviario-brasileiro>. Acesso em: 22 abr. 2023.

COMPANIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN. **TLSA**. CSN, Minas Gerais, 2023. Disponível em: <https://www.csn.com.br/quem-somos/grupo-csn/tlsa/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

COMPANIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN. **FTL**. CSN, Minas Gerais, 2023. Disponível em: <https://www.csn.com.br/quem-somos/grupo-csn/ftl/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

COMPANIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN. **MRS**. CSN, Minas Gerais, 2023. Disponível em: <https://www.csn.com.br/quem-somos/grupo-csn/mrs/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

DA SILVA, E. R. T. **A importância do transporte ferroviário para o Brasil e sua viabilidade logística no escoamento dos produtos do setor sucroalcooleiro.** 2013. Monografia de Especialização – Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia Nucletrans – Núcleo De Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 2013 Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9C5GE6>. Acesso em: 14 mar. 2023.

DA SILVA, R. **A inserção internacional da Amazônia Oriental através dos corredores de exportação:** Análise sobre a Estrada de Ferro de Carajás. 2022. DNIT. **Ferrovias.** Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/ferrovias>. Acesso em: 03 jan. 2023.

DNIT. **Histórico do sistema ferroviário.** 2017. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ferrovias/historico.asp>. Acesso em: 03 jan. 2023.

EMPRESA DE PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA - EPL. **Transporte inter-regional de carga no Brasil.** Panorama 2015. 2016. Disponível em: <https://portal.epl.gov.br/transporte-inter-regional-de-carga-no-brasil-panorama-2015>. Acesso em: 29 mar. 2023.

FARIA, C. H. F. de. **A modelagem e simulação de um sistema ferroviário para determinação da capacidade.** Monografia (Pós-Graduação) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9C3KTM>. Acesso em: 03 jan. 2023.

FERNANDES, F. K. L. **A importância do sistema ferroviário no transporte de cargas:** a influência da ferrovia transnordestina no polo gesso do Araripe. 2017. Monografia de graduação - Centro de Tecnologia e Geociências Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Pernambuco, 2017. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/handle/123456789/46621>. Acesso em: 09 abr. 2023.

FERREIRA, A. **Usos do território na Amazônia brasileira:** mineração industrial, Estado e resistência quilombola no Vale do Rio Trombetas-Oriximiná/PA. 2020. Tese (Pós-Graduação) - Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/214021>. Acesso em: 14 mar. 2023.

FERREIRA, N. S. **A Estrada de Ferro:** crescimento econômico e urbano num município brasileiro do Sul de Minas Gerais – Varginha, 1882-1920. In: *Tiempo&Economía*, v. 5, n. 2, p. 59-87, 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5745/574562190004/html/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

FICI, R. **O sistema ferroviário mundial:** o caso brasileiro. 2017. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-02022018-153134/pt-br.php#:~:text=O%20sistema%20ferrovi%C3%A1rio%20mundial%3A%20o%20caso%20brasileiro&text=Este%20trabalho%20de%20pesquisa%20teve,no%20in%C3%A9rculo%20do%20s%C3%A9culo%20XXI>. Acesso em: 25 mar. 2023.

FREIRE, M. E. L. **Patrimônio ferroviário: a preservação para além das estações**. 2017. Tese (Doutorado) – Centro de Artes e Comunicação, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29429>. Acesso em: 17 mar. 2023.

HEIDER, M.; FONSECA, D. S. **Desafios e riscos do setor mineral brasileiro**. In *The Mine*, 2022. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/desafios-e-riscos-do-setor-mineral-brasileiro/>. Acesso em: 24 mar. 2023.

HOBSBAWM, E. J. **A Era das Revoluções 1789-1848**. Paz e Terra, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://lutasocialista.com.br/livros/V%C1RIOS/HOBSBAWM%2C%20E.%20A%20era%20das%20revolu%E7%F5es.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

JUNIOR, A. P.; DE SOUZA, M. N. de O.; ELERES, T. C. S. **Valoração Dos Impactos Ambientais Na Exploração Mineral Do Ferro: O Caso De Uma Mineradora Em Floresta Do Araguaia–Pa**. Revista Engenharia Ambiental-Espírito Santo do Pinhal, v. 13, n. 2, p. 128-138, 2016. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=3278&article=1389&mode=pdf>. Acesso em: 23 abr. 2023.

LEÃO, I. **Os Portos e as Conexões Ferroviárias**. Canal de Acesso - Portos e Navios, S.I., p. 44-45, 2020. Disponível em: <http://ivens.inf.br/wp-content/uploads/2020/01/Os-portos-e-as-conex%C3%B5es-ferrovi%C3%A1rias-PN-Jan-2020.pdf>. Acesso em: 05 mai. 2023.

LIMA, F. *et al.* **Mudanças no papel do indivíduo pós-revolução industrial e o mercado de trabalho na sociedade da informação**. Revista Pensamento Jurídico – São Paulo, v. 14, n. 1, 2020. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_bibliotec/a/bibli_servicos_produtos/bibli_informativo/bibli_inf_2006/RPensam-Jur_v.14_n.1.13.pdf. Acesso em: 13 mar. 2023.

LIMA, J. *et al.* **Dinâmicas econômicas e ordenamentos territoriais dos grandes projetos de mineração no estado do Pará (2009-2014): o caso de Paragominas**. Geosaberes, Fortaleza, v. 6, n. 3, p. 402 - 416, 2016.

MASSA. **A importância das ferrovias no agronegócio**. Massa - Pesagem e automação industrial, 2020a. Disponível em: <https://massa.ind.br/ferrovias-no-agronegocio/>. Acesso em: 09 jan. 2023.

MASSA. **Ferrovia Carajás**. Massa - Pesagem e automação industrial, 2020b. Disponível em: <https://massa.ind.br/ferrovia-carajas-entenda-tudo-sobre/>. Acesso em: 09 jan. 2023.

MASSA. **Quais são os projetos de ferrovias no Brasil em andamento?**. Massa - Pesagem e automação industrial, 2020c. Disponível em: <https://massa.ind.br/projetos-de-ferrovias-no-brasil/>. Acesso em: 09 jan. 2023.

MATOS, J. **Análise da demanda por transporte ferroviário na Microrregião de Toledo Paraná**. 2016. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/download/2974/9442/16140>. Acesso em: 08 mar. 2023.

MATTAR, J. **Metodologia científica na era digital**. São Paulo: Saraiva, ed. 4ª, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ifpe.edu.br/bib/34864>. Acesso em: 02 abr. 2023.

MILITÃO, F. **A importância da Estrada de Ferro Carajás na mineração**. Minas Jr. – Consultoria mineral, 2018. Disponível em: <https://www.minasjr.com.br/a-importancia-da-estrada-de-ferro-carajas-na-mineracao/#:~:text=A%20Estrada%20de%20Ferro%20Caraj%C3%A1s%20viabiliza%20diversas%20empresas%20produtoras%20de,Itaqui%20ao%20interior%20do%20Brasil>. Acesso em: 27 mar. 2023.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Principais obras. Construção da Ferrovia Norte-Sul**. 2013. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/obra/conteudo/id/36518>. Acesso em: 09 jan. 2023.

MIRANDA, T. **Dinâmicas regionais e o setor portuário brasileiro: a movimentação de cargas nos portos públicos e terminais de uso privado**. 2023. Tese (graduação) – Universidade Federal Fluminense. Niterói-RJ, 2023. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/27842/TCC%20-%20THALYTA%20VAREJ%C3%83O%20MIRANDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 abr. 2023.

MONTEIRO, R. **A importância da revitalização da malha ferroviária brasileira vs custos e tempo**. 2019. Tese (Graduação) – Universidade de Taubaté. Taubaté-SP, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/handle/20.500.11874/4500>. Acesso em: 14 abr. 2023.

MORENO, M. **A criação da Vale (História da Vale)**. 2019. Disponível em: <https://www.morrodomoreno.com.br/materias/a-criacao-da-vale-parte-i-historia-da-vale.html>. Acesso em: 12 abr. 2023.

NALIATI, M. B.; DE ALMEIDA, M.; FONSECA, B. G. **A importância da multimodalidade no transporte brasileiro**. Revista Científica, v. 1, n. 1, 2019. Disponível em: <https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/171/148#:~:text=Algumas%20das%20vantagens%20do%20transporte,de%20transporte%2C%20atrav%C3%A9s%20de%20contrato>. Acesso em: 14 abr. 2023.

NORA, L. R. **O Ramal São Francisco e a constituição dos núcleos urbanos: o desafio da preservação do patrimônio cultural ferroviário e a atuação dos principais agentes produtores do espaço urbano em Jaraguá do Sul/SC.** 2021. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/226899/PGCN0779-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 abr. 2023.

OLIVEIRA, E. J. **Ferrovias, rede urbana e centralidade urbano-regional: Campina Grande e Mossoró (1907-1929).** 2019. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/19870/1/Eliz%c3%a2ngelaJustinoDeOliveira_Tese.pdf. Acesso em: 20 abr. 2023.

PALHETA, J. M. **Território e Mineração em Carajás.** Belém: GAPTA/UFGA, 2013. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiapolitica/12.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

PAULA, A. **Madeira Mamoré: a Ferrovia do Diabo.** Iconografia da História, 2020. Disponível em: <https://iconografiadahistoria.com.br/2020/11/09/madeira-mamore-a-ferrovia-do-diabo/>. Acesso em: 04 mai. 2023.

PERCÍLIA, E. **Transporte ferroviário no Brasil.** Brasil Escola, Equipe Brasil, 2023. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/transporte-ferroviario-brasileiro.htm>. Acesso em: 25 abr. 2023.

PINTO, T. **Ferrovias e o café no Império de D. Pedro II.** 2020. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/historia-do-brasil/ferrovias-cafe-no-imperio-d-pedro-ii.htm#:~:text=O%20objetivo%20de%20constru%C3%A7%C3%A3o%20das,ao%20crescimento%20econ%C3%B4mico%20do%20pa%C3%ADs>. Acesso em: 25 abr. 2023.

REVISTAOE. **Duplicação Ferrovia dos Carajás.** RevistaOE, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://revistaoe.com.br/duplicacao-ferrovia-dos-carajas/>. Acesso em: 16 abr. 2023.

SANTANA JR., H. **Transporte Ferroviário no Desenvolvimento do Brasil: os corredores ferroviários bioceânicos.** 2013. Especialização – Programa de Pós-Graduação em Relações Internacionais, Universidade de Brasília – UnB. Brasília, 2013. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/8198/1/2013_HumbertoSantanaJunior.pdf. Acesso em: 29 abr. 2023.

SEGPLAN. **Ferrovia Norte-Sul: o caminho da integração.** Revista Economia e Desenvolvimento. Conjuntura Socioeconômica de Goiás, Goiânia: Segplan, n. 28, 2011. Disponível em: https://www.administracao.go.gov.br/?option=com_content&view=article&id=1343. Acesso em: 16 abr. 2023.

SILVA, C.; AZEVEDO, R. **Recursos minerais do Brasil: diretrizes para o setor mineral.** Terrae Didática, v. 17, p. e021020-e021020, 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8661199/26699>. Acesso em 15 abr. 2023.

SILVA, G.; GUIMARÃES, N. **Termodinâmica e Revolução Industrial: Uma abordagem por meio da História Cultural da Ciência.** História da Ciência e Ensino, v. 19, p. 71-97. DOI. 2019. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/41758/29297>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SOUZA, C. **Mineração na Amazônia e o crescimento urbano: O caso da cidade de Juruti-PA.** 2018. Disponível em: <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/bitstream/riuea/815/1/Minera%c3%a7%c3%a3o%20na%20Amaz%c3%b4nia%20e%20o%20crescimento%20urbano%20O%20caso%20da%20cidade%20de%20Juruti-PA.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2023.

SOUZA, J. S. **Desenvolvimento sustentável: um plano econômico para combater a destruição ambiental.** 2020. Monografia (Graduação) – Escola Superior de Administração e Gestão, STRONG ESAGS. Santo André - SP, 2020. Disponível em: <https://repositoriodigital.esags.edu.br/bitstream/handle/123456789/257/Desenvolvimento%20sustentavel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 abr. 2023.

SOUZA, L. *et al.* **Análise dos dados históricos da produção mineral brasileira entre os anos de 1997 a 2020.** 2020. Disponível em: https://schenautomacao.com.br/cbge2022/envio/files/trabalho1_86.pdf. Acesso em: 17 abr. 2023.

TODA MATÉRIA. **Transporte ferroviário.** 2015. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/transporte-ferroviario/>. Acesso em: 03 jan. 2023.

TOLLER, E. **Manual ABNT: Regras Gerais de Estilo e Formatação de Trabalhos Acadêmicos.** FECAP, 5ª edição, Revisão Ampliada, São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.fecap.br/wp-content/uploads/2021/04/Manual-ABNT-2021-1.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2023.

TORRES, P. M. **Máquina a vapor.** 2019. Disponível em: <https://www.coladaweb.com/fisica/mecanica/maquina-a-vapor>. Acesso em: 03 jan. 2023.

TORTAMANO, C. **Riqueza e influência:** conheça o poderoso império dos Rockefeller. AH, 2020. Disponível em: <https://aventurasnahistoria.uol.com.br/noticias/reportagem/quem-foram-os-rockefeller-famosa-familia-estados-unidos.phtml>. Acesso em: 09 jan. 2023.

VALADARES, E. C. **Máquina a vapor.** Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFURGS, 2015. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~leila/vapor.htm>. Acesso em: 03 jan. 2023.

VALEC. 2013c. Disponível em: http://valec.gov.br/acoes_projetos/. Acesso em: 09 jan. 2023.

VALEC. **Ferrovia Norte-Sul:** trecho Ouro Verde (GO) - Estrela D'Oeste (SP). 2013b. Disponível em: <http://www.valec.gov.br/FerroviasFNSOuroVerde.php>. Acesso em: 09 jan. 2023.

VALEC. **Ferrovia Norte-Sul:** trecho Palmas (TO) – Anápolis (GO). 2013a. Disponível em: <http://www.valec.gov.br/FerroviasFNSPalmas.php>. Acesso em: 09 jan. 2023.

VIEIRA, J. D. *et al.* **Uma breve história sobre o surgimento e o desenvolvimento do capitalismo.** Cadernos de Graduação - Ciências Humanas e Sociais - Unit, v. 2, n. 3, p. 125-137, 2015. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernohumanas/article/view/1950/1210>. Acesso em: 01 abr. 2023.

VILAS BOAS, V. **Drenos de ferro:** A expansão cafeicultora e ferroviária no Sul de Minas. 14ª Jornada científica e tecnológica e 11º Simpósio de pós-graduação do IFSULDEMINAS, v. 14, n. 2, 2022. Disponível em: <https://josif.ifsuldeminas.edu.br/ojs/index.php/anais/article/download/157/445/4341>. Acesso em: 02 abr. 2023.